

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№3 2021 (МАРТ)

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>

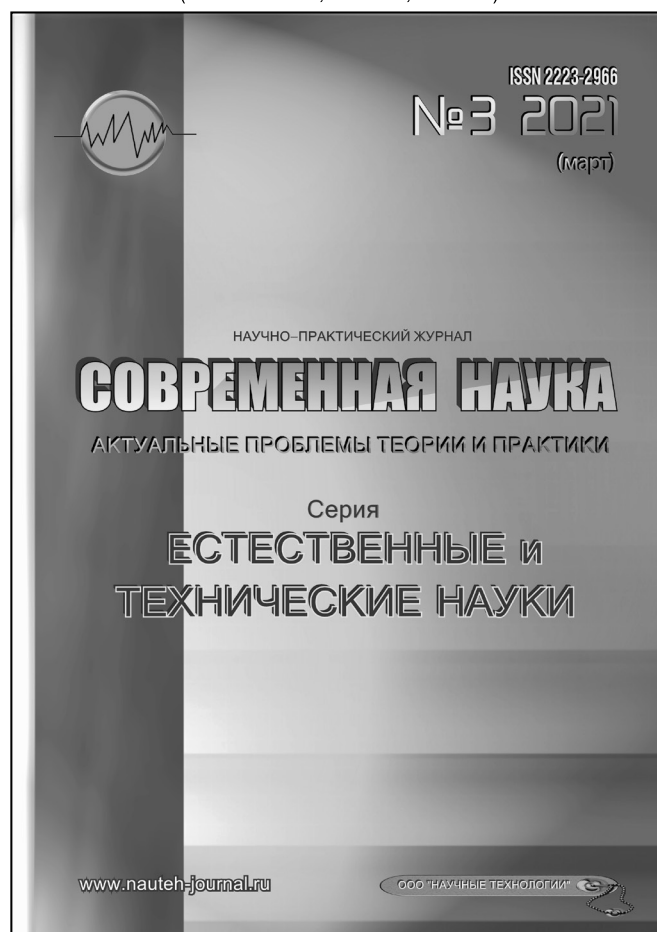
Журнал зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере массовых коммуникаций,
связи и охраны культурного наследия.

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»:
Актuality проблемы теории и практики» обязательна.

Журнал отпечатан в типографии
ООО «КОПИ-ПРИНТ» тел./факс: (495) 973-8296
Подписано в печать 25.03.2021 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 Мурадovich — 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 Ильясovich — 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

Бугеро Н.В., Ильина Н.А. — Персистирующая пластичность микроорганизмов как стратегия их выживаемости в организме человека
Bugero N., Ilyina N. — Persistent plasticity of microorganisms as a strategy of their survival in the human body7

Бутковский А., Шерман Н.А. — Удаление пестицидов в искусственных водно-болотных угодьях с гравийным основанием
Butkovskiy A., Sherman N. — Pesticides removal in wetlands with a gravel base14

Горбунова В.Ю., Новокович Ю.С., Воробьева Е.В. — Обзор генетических основ формирования девиантного поведения
Gorbunova V., Novokovich Yu., Vorobiova E. — Review of the genetic basis for the formation of deviant behavior.....20

Дорошенко Н.И., Белов Д.М., Тарасенко О.А. — Современные аспекты использования природных аналогов с целью самовосстановления береговой зоны
Doroshenko N., Belov D., Tarasenko O. — Modern aspects of natural analogues using with the aim of self-restoration of the coastal zone28

Дюков П.Д. — Электромагнитное излучение как значимый экологический аспект в сэм на подземном рельсовом транспорте
Dyukov P. — Electromagnetic radiation as a significant environmental aspect in ems on underground rail transport34

Комусова О.И., Шубина О.С., Кирдяшкина О.В. — Изменения содержания p53- и bcl-2-позитивных нейронов в сенсомоторной коре головного мозга белых крыс
Komusova O., Shubina O., Kirdyashkina O. — Changes in the content of p53-and bcl2-positive neurons in the Sensorimotor cortex of white rats41

Корляков К.А. — Фауна и флора горизонтальных микроэкоотон в водных и наземных экосистемах
Korlyakov K. — Fauna and flora horizontal microeconom in aquatic and terrestrial ecosystems45

Перебора Е.А. — Экология и биология видов рода orchis l. на Северо-Западном Кавказе
Perebora E. — Ecology and biology of the species of the genus orchis l. in the North-West Caucasus53

Яценко Е.С., Казиров Б.Н., Затонская Л.В., Смородина А.В. — Оценка безопасности воды Склюихинского водохранилища по микробиологическим и гидрохимическим показателям
Yatsenko E., Kagirov B., Zatonskaya L., Smorodina A. — Safety assessment of Sluicing water reservoir for microbiological and hydrochemical indicators65

Информатика, вычислительная техника и управление

Ахметов В.К. — Влияние закрутки на устойчивость течений в каналах
Akhmetov V. — Influens of swirling on flow stability in channels.69

Березовский А.Д., Романенков А.М. — Программный анализ типичных атак на алгоритм DES
Berezovsky A., Romanenkov A. — Program analysis of typical attacks on the DES algorithm73

Здор Д.В., Савельева Е. В. — Создание многооконных приложений SDI стиля в среде программирования Delphi
Zdor D., Savelyeva E. — Creating multi-window SDI style applications in the Delphi86

Зиновьев В.И., Ромашкова О.Н. — Методы анализа и предотвращения FRAUD-операций в системах дистанционного банковского обслуживания
Zinovev V., Romashkova O. — Methods of analysis and prevention of FRAUD operations in remote banking systems92

Зиновьев В.И., Ромашкова О.Н. — Интеграция Ансамблевых методов машинного обучения в системы поддержки принятия решений <i>Zinovev V., Romashkova O.</i> — Integration of Ensemble machine learning methods into decision support systems.....101	Таран В.В. — Корректировка аудиосигнала при монтаже аудиозаписей в программной среде Audacity®, используя мультифункциональные возможности языка программирования Nyquist <i>Taran V.</i> — Audio signal adjustment when editing audio recordings in the Audacity® software environment, using Nyquist programming language multifunctionalities .....155
Капусткин М.В. — Направления и потенциал автоматизации процессов в омниканальном контакт-центре провайдера телеком-услуг <i>Kapustkin M.</i> — Fields and prospects of process automation in a telecom provider's omni-channel contact centre.....116	Федоров А.В., Алешков А.М., Колесникова Е.Г. — Автоматизированная система противопожарной защиты потенциально опасных объектов с беспроводным интерфейсом <i>Fedorov A., Aleshkov A., Kolesnikova E.</i> — Automated fire protection system protection of potentially dangerous objects with a wireless interface.....203
Куценко И.Л. — Оптимизация запросов в реляционных базах данных <i>Kutsenko I.</i> — Optimization of query in relational databases.....129	Филонов И.В., Ноткин Б.С., Змеу К.В. — Система триангуляционных лазерных дальномеров для роботизированной обработки с использованием методов технического зрения <i>Filonov I., Notkin B., Zmeu K.</i> — Triangulation laser rangefinder system for robotic processing using machine vision methods .....210
Литвинов Ю.Г., Керibaева Т.Б. — Анализ видов и методов управления беспилотных летательных аппаратов <i>Litvinov Yu., Keribayeva T.</i> — Analysis of types and methods of control of unmanned aerial vehicles... 135	Храмцов И.А. — Мобильные сети 5G, критерии выбора сети и их построение на основе метода комплексного критерия <i>Khramtsov I.</i> — 5G mobile networks, network selection criteria and their construction based on the complex criterion method .....218
Пономарев А.А., Нестеренко М.Ю., Пономарева Г.А. — Разработка программно-аппаратного комплекса мониторинга параметров гидравлического разрыва пласта при эксплуатации месторождений нефти и газа микросейсмическими методами. <i>Ponomarev A., Nesterenko M., Ponomareva G.</i> — Development of a software and hardware complex for monitoring hydraulic fracturing parameters during the operation of oil and gas fields by microseismic methods .....139	Чжун Жуйюй — Обзор методов глубокого обучения для нейронного машинного перевода <i>Chzhun Zhujuyuj</i> — Overview of deep learning methods for neural machine translation .....223
Соловьев С.В. — Принципы построения интеллектуализированной системы контроля наземного комплекса управления космическим полетом <i>Soloviev S.</i> — Principles of constructing algorithmic support for an intellectualized control system for space flight control .....144	Шурховецкий Г.Н. — Защита информации в облачных технологиях методом рассеяния-разнесения <i>Shurkhovetsky G.</i> — Protection of information in cloud technologies the dissecction-separation method.....231
Сунь Силун — Нейросетевое моделирование интуиции <i>Sun Xilong</i> — Neural network modeling of intuition ...150	Юдин И.А., Жигалов И.Е. — Возможность использования решений SAS в системах поддержки принятия решений <i>Yudin I., Zhigalov I.</i> — Ability to use SAS solutions in decision support systems.....237

Клиническая медицина

Аксёнов Д.И., Майборода Ю.Н., Аксёнов И.Н. — Алгоритм конструирования искусственных зубных рядов при прогеническом и прогнатическом соотношении фронтальных сегментов беззубых челюстей

Aksyonov D., Mayboroda Yu., Aksenov I. — Constructing algorithm for of artificial dental rows in progenic and prognatic ratio of frontal segments of edtlless jaws241

Багдасаров В.В., Багдасарова Е.А., Елеев А.А. — Влияние транстуморальной декомпрессии на центральную гемодинамику и внутрибрюшное давление у больных с острой обтурационной толстокишечной непроходимостью

Bagdasarov V., Bagdasarova E., Eleev A. — Central hemodynamics and intra-abdominal pressure in patients with acute obstructive colonic obstruction.....249

Багдасарова Е.А., Елеев А.А., Багдасаров В.В. — Коррекция интраабдоминальной гипертензии и выбор способа завершения операции при распространенном перитоните

Bagdasarova E., Eleev A., Bagdasarov V. — Correction of intra-abdominal hypertension and the choice of the method of completion operations for advanced peritonitis.....256

Бурцев К.Ю. — Обзор исследований прогрессии фиброза печёночной ткани после трансплантации печени

Burtsev K. — Review of studies on the progression of hepatic fibrosis after liver transplantation262

Волков Д.Ю., Винник Ю.С., Волков Ю.М., Сакович В.А. — Оценка эффективности лечения хирургических больных с учетом применения малоинвазивных технологий

Volkov D., Vinnik Yu., Volkov Yu., Sakovich V. — Evaluation of the effectiveness of treatment of surgical patients taking into account the use of minimally invasive technologies265

Кабартиева Ю.А., Моллаева А.М. — Обзор литературы: Иммунопатогенез синдрома длительного сдавления

Kabartieva Yu., Mollaeva A. — Literature review: Immunopathogenesis of long-term compression syndrome.....270

Корягина Н.А., Спасенков Г.Н., Авдеев А.В., Шулькина С.Г., Корягин В.С., Мелехова О.Б., Прохоров К.В. — Мониторинг пациентов, страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями

Koriagina N., Spasenkov G., Avdeev A., Shulkina S., Koryagin V., Melekhova O., Prokhorov K. — Monitoring of patients with cardiovascular diseases273

Кукушкин Е.П., Мидленко В.И., Мидленко О.В. — Предотвращение развития начальных признаков венозной недостаточности, связанной с интраоперационным повреждением большой подкожной вены при оперативном лечении переломов лодыжек и голени

Kukushkin E., Midlenko V., Midlenko O. — Prevention of the development of initial signs of venous insufficiency associated with intraoperative damage to the large saphenous vein in the surgical treatment of ankle and lower leg fractures284

Макарчук О.А., Громова С.Н. — Изменение твёрдых тканей зубов у детей до 3 лет, перенесших гипоксию плода внутриутробно

Makarchuk O., Gromova S. — Changes in hard tissues of teeth in children under 3 years of age who have undergone fetal hypoxia in utero.....290

Рожкова М.Г., Лепилин А.В., Кондратюк А.А., Фищев С.Б., Павлова С.Г., Севастьянов А.В. — Морфологические особенности различных физиологических вариантов окклюзионных взаимоотношений

Rozhkova M., Lepilin A., Kondratyuk A., Fishchev S., Pavlova S., Sevastyanov A. — Morphological features of various physiological variants of occlusive relationships293

Сафонов Н.В., Владислав Ю.Б., Файбушевич А.Г. — Изоляция устьев легочных вен одномоментно с аблацией каватрикуспидального перешейка без использования рентгеноскопии

Safonov N., Baranovich V., Faibushevich A. — Pulmonary vein isolation simultaneous with cavatricuspid isthmus ablation: zero fluoro approach299

Солтанов А.Д. — Применение пневмоборомашины при остеосинтезах у больных с переломами нижней челюсти
Soltanov A. — The use of pneumoboromachine in osteosynthesis in patients with fractures of the lower jaw306

Шубитидзе Н.Г., Густоварова Т.А., Тaborидзе И. — Пролонгация беременности до 14 дней и более 14 при преждевременном излитии околоплодных вод
Shubitidze N., Gustovarov T., Taboridze I. — Prolongation of pregnancy to 14 days and ≥ 14 . in case of premature discharge of amniotic fluid311

Эртесян А.Р. — Изменение уровня pH слюны при протезировании беззубых челюстей различными базисными пластмассами
Ertesyan A. — Changes in the pH level of saliva when prosthetics of edtless jaws with various base plastics ... 319

Информация

Наши авторы. Our Authors322

Требования к оформлению рукописей и статей для публикации в журнале326

ПЕРСИСТИРУЮЩАЯ ПЛАСТИЧНОСТЬ МИКРООРГАНИЗМОВ КАК СТРАТЕГИЯ ИХ ВЫЖИВАЕМОСТИ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА

PERSISTENT PLASTICITY OF MICROORGANISMS AS A STRATEGY OF THEIR SURVIVAL IN THE HUMAN BODY

**N. Bugero
N. Ilyina**

Summary. This paper presents the results of a study that register high rates of invasion by data of the simplest foundry workers, characterized by hazardous working conditions of both physical and chemical nature. The article presents the characteristics of the persistent potential of the protozoan *Blastocystis* spp. Inhabiting the human intestine. The complex of persistence factors (ALA, ALFA and AGA) of the protozoa *Blastocystis* spp. Was studied. A direct correlation was found between the persistent activity of blastocysts and the depth of disturbances in the intestinal microbiocenosis. The effect of destabilizing factors of production has been established, which lead to the restructuring of the intestinal biome, contribute to a decrease in the indigenous group of microorganisms and an increase in conditionally pathogenic flora. These materials make it possible to use the most important biological properties of the survival of microorganisms to study the mechanisms of formation of microsymbiocenoses in the biotope of the large intestine and are a theoretical prerequisite for the development of a method for screening diagnostics of intestinal dysbiosis based on the determination of ALA, ALpha and AGA of clinical blastocyst isolates.

Keywords: microbiocenosis, parasitocenosis, dysbiotic disorders, antilysozyme, antilactoferrin, antihistone activity, *Blastocystis* spp.

Бугеро Нина Владимировна

Д.б.н., профессор, ФГБОУ ВО «Псковский
государственный университет»
bugero@mail.ru

Ильина Наталья Анатольевна

Д.б.н., профессор, ФГБОУ ВО «Псковский
государственный университет»
ilina@mail.ru

Аннотация. В настоящей работе представлены результаты исследования, регистрирующие высокие показатели инвазивности данными простейшими рабочих литейного производства, характеризующиеся опасными условиями труда как физической, так и химической природы. В статью представлена характеристика персистентного потенциала простейшего *Blastocystis* spp., населяющего кишечник человека. Изучен комплекс факторов персистенции (АЛА, АЛФА и АГА) простейших *Blastocystis* spp. Обнаружена прямая корреляционная зависимость между персистентной активностью бластоцист и глубиной нарушений микробиоценоза кишечника. Установлено действие дестабилизирующих факторов производства, которые ведут к перестройке кишечного биома, способствуют уменьшению индигенной группы микроорганизмов и увеличению условно-патогенной флоры. Эти материалы позволяют использовать важнейшие биологические свойства выживания микроорганизмов для исследования механизмов формирования микросимбиоценозов в биотопе толстого кишечника и являются теоретической предпосылкой для разработки способа скрининговой диагностики кишечного дисбиоза, основанного на определении АЛА, АЛФА и АГА клинических изолятов бластоцист.

Ключевые слова: микробиоценоз, паразитоценоз, дисбиотические нарушения, антилизоцимная, антилактоферриновая, антигистонозная активности, *Blastocystis* spp.

Введение

Всеобщая трансформация влияния условий окружающей среды в современном обществе является очевидной. На здоровье человека оказывают воздействия множество абиотических и биотических факторов, включая и антропогенные [1]. Не следует оставлять без внимания и воздействие факторов производственной среды на организм. Можно выделить производства, характеризующиеся опасными условиями труда. Это в полной мере относится и к литейному производству [2]. К физическим факторам относятся вибрация, шум, высокая температура, ультразвук, ионизирующее излучение, к химическим — влияние изоцианатов, формальдегида, третичных аминов и др. Установлено, что все

вышеперечисленные факторы создают благоприятные условия для возникновения различных заболеваний [3].

Воздействие вибрации на организм человека ведет к изменению сердечной деятельности, нервной системы, спазмам сосудов, изменениям в суставах, приводящих к ограничению их подвижности [4]. Исследования влияния шума на организм человека также показали изменения в работе нервной и сердечно-сосудистой систем [5]. Также у людей, постоянно контактирующих с шумами различной степени и продолжительности, были выявлены нарушения процессов терморегуляции, повышения уровня пульса [6]. Действие химических факторов угнетают кроветворение, нарушают метаболизм, вызывают изменения нервной системы [7].

Известно, что кишечная флора служит индикатором состояния макроорганизма и при воздействии дестабилизирующих факторов среды происходят ее качественные и количественные изменения, заключающиеся в уменьшении представителей индигенной флоры и увеличения условно-патогенной группы [8]. Среди паразитарных микроорганизмов широкое распространение имеет *Blastocystis* spp. [9, 10] Согласно классификации микроорганизмов, это простейшее относится к царству Stramenopiles, подцарство Chromobiota, подтипу Opalinata, классу Blastocystea, отряду Blastocystida, семейству Blastocystidae, роду Blastocysts [11].

Рост интереса ученых и практических паразитологов к этому простейшему объясняется его распространением в мире. Он обнаруживается у 30–50% жителей развивающихся стран и у 1,5–10% развитых [12, 13, 14]. Например, по данным Horiki и соавторов (1999), при обследовании практически здорового населения Токио (Япония) бластоцисты обнаруживались в 7,4% случаев [15], а при аналогичных исследованиях в Перми, проведенных Н.М. Коза и соавторами в 1997–2001 гг., бластоцистная инвазия выявлена в 13,1% случаев [16]. В Омске, по результатам обследований населения в 1999–2001 гг. частота обнаружения *Blastocystis hominis* у здоровых составляла от 0,9 до 2,3% [17]. Экспериментальные данные подтверждают высокую частоту выявляемости бластоцист у лиц с заболеваниями печени, язвой желудка, дерматозами [18, 19].

Нормофлора человека обеспечивает неспецифическую резистентность макроорганизма [20]. Микроорганизмы, колонизирующие кишечник, препятствуют контаминации слизистых оболочек пищеварительного тракта условно-патогенными микроорганизмами, используя в качестве защиты от возбудителя широко представленную группу секретируемых бактериальных субстанций [21, 22]. В связи с этим при определении этиологической значимости условно-патогенной флоры, к которой в полной мере можно отнести и группу паразитических простейших *Blastocystis* spp.

Цель исследования — сравнительная характеристика персистентного потенциала паразитоценоза кишечника человека, в условиях воздействия комплекса неблагоприятных факторов производственной среды.

Для реализации цели работы были поставлены **задачи**: 1) Изучить особенности микробиоценоза толстого отдела кишечника человека в условиях воздействия комплекса дестабилизирующих факторов производственной среды. 2) Определить частоту встречаемости в кишечнике рабочих простейших *Blastocystis* spp. в норме и при дисбиозе. 3) Изучить биологические свойства бластоцист на примере анти-

лизоцимной, антилактоферриновой и антигистоновой активностей.

Материал и методы исследования

В период с 2013 по 2017 г. на базе поликлиники ОАО «Арматурный завод», лаборатории «Helix» и научно-исследовательской лаборатории «Диагностика» г. Санкт-Петербург проведена серия исследований по изучению микробиоценоза кишечника лиц, работающих в литейном цехе Арматурного завода.

Инкубация посевов на плотных средах для выделения лакто- и бифидумбактерий осуществлялась в анаэроштатах АЭ-01 и ОХОИД с использованием газогенерирующих пакетов «Анаэрогаз». Идентификацию анаэробных микроорганизмов осуществляли с помощью ANAEROTEST 23.

Для обнаружения простейших, в том числе бластоцист, были использованы как методы традиционной паразитологической диагностики, так и молекулярно-биологические методы (ПЦР). Для получения культур простейших *Blastocystis* spp. использовали среды Павловой, Zierdt. Изучение факторов персистенции микроорганизмов проводили в 2015–2017 годах на базе Института клеточного и внутриклеточного симбиоза УрО РАН, г. Оренбург.

Изучение факторов персистенции микроорганизмов проводили с использованием методов исследования, предложенных О.В. Бухариным. Для изучения антилизоцимной активности (АЛА) микроорганизмов использовали фотометрический метод [23].

Исследуемую культуру *Blastocystis* spp. выращивали в жидкой питательной среде, отделяли супернатант и смешивали его с лизоцимом, параллельно готовя контроль, опытную пробу и контроль смешивали с суспензией тест-культуры *Micrococcus Lysodeikticus* и определяли антилизоцимную активность по оптической плотности полученных смесей, отличающихся тем, что в качестве контроля использовали смесь питательного бульона с лизоцимом, осуществляли инкубирование супернатанта с лизоцимом, вводя инкубированную смесь в предварительно обработанную трилоном Б тест-культуру и проводя измерение оптической плотности опытной пробы и контроля через 30 и 150 с.

Антилактоферриновую активность (АЛФА) микроорганизмов изучали по описанной методике О.В. Бухарина с соавт. [24]. Количество лактоферрина определяли методом твердофазного иммуноферментного анализа с использованием наборов «Лактоферрин — стрип», ЗАО «Вектор — Бест». Антигистоновую активность ис-

Таблица 1. Показатели дисбиотических нарушений толстого отдела кишечника рабочих, инвазированных *Blastocystis* spp.

Степень дисбиоза кишечника	Число обследуемых (n)	Частота встречаемости дисбиоза кишечника (%)	Число штаммов <i>Blastocystis</i> spp.
I	24	30,00±2,2%	18
II	38	47,50±1,7%	28
III	11	13,75±1,3%	9
IV	7	8,75±3,2%	7
Всего	80	100	62

следуемых микроорганизмов определяли фотометрическим методом [25]. Для осуществления способа использовали препарат гистонов из коровьего тимуса производства фирмы «Sigma» (США).

Для определения антилизоцимной активности микроорганизмов в качестве тест-штамма использовали суточную агаровую культуру *Micrococcus luteus* (ГИСК № 2665), при изучении антигистоновой активности — тест-культуру *Micrococcus luteus* (ГИСК № 211001).

Результаты исследования и их обсуждение

Обследовано 129 рабочих предприятия в возрасте от 25 до 55 лет. Контрольную группу составили 50 практически здоровых лиц. Анализ амбулаторных карт за период с 2013 по 2017 гг., показал наличие в исследуемой группе ряда заболеваний. При этом у работающих на первом месте (78,30±2,7%) регистрировались заболевания вибрационной болезнью, заболевания органов слуха в 43,20±3,2%, заболевания нервной и сердечно-сосудистой систем составляли 32,40±3,4% и 28,6±1,3% соответственно, острые респираторные инфекции занимали в среднем 19,20±1,8%, болезни костно-мышечной системы — 8,40±1,7%, последующие места в разной последовательности занимали грипп, заболевания органов дыхания, заболевания кожи. Высокий процент заболеваний и органов пищеварения, их показатель составил 62,30±3,6% (80 человек).

Обследуемые лица, с заболеваниями желудочно-кишечного тракта (80 человек) были разделены на 3 группы, в зависимости от продолжительности контакта с дестабилизирующими факторами производства. Первую группу составили работающие на предприятии от 1 до 5 лет года — 26 человек (32,5±2,7%, $p < 0,03$), вторую от 5 до 10 лет — 32 человека (40,0±3,9%, $p < 0,05$), 3 группы — 10–15 лет и более — 22 человека (27,5±1,4%, $p < 0,03$).

Диагностика качественного и количественного состава микробиоценоза кишечника обследуемых показала нарушения со стороны нормофлоры. Кроме того, показано снижение частоты встречаемости представителей облигатной микрофлоры: бифидобактерий и пропионо-бактерий до 85,4±3,4%, 81,3±3,1% соответственно ($p < 0,05$), лактобактерий до 77,4±4,3 ($p < 0,03$), бактериоидов до 87,5±3,9%, ($p < 0,05$), негемолитической кишечной палочки до 68,3±2,9%, ($p < 0,05$). У людей контрольной группы эти показатели находились в пределах 98–100% ($p < 0,03$). На фоне снижения частоты встречаемости наблюдалось уменьшение плотности колонизации в этих группах микроорганизмов.

В зависимости от продолжительности работы в литейном цехе частота встречаемости и плотность колонизации представителей облигатной эндофлоры изменялась у рабочих 2-й группы, достигнув максимальных отклонений от нормоценоза у обследуемых 3-й группы. Наиболее видимые нарушения в составе облигатной группы микробов отмечены у рабочих со стажем работы более 10 лет. Показатели обсемененности в отношении группы бифидобактерий составили $Ig 5,3 \pm 0,2$ КОЕ/г, для лактобацилл $Ig 6,2 \pm 0,1$ КОЕ/г, что значительно ниже в группе сравнения. В контрольной группе обсемененность для бифидобактерий и лактобацилл составила $Ig 10,5 \pm 0,3$ КОЕ/г и $Ig 9,9 \pm 0,4$ КОЕ/г, соответственно ($p < 0,05$).

Частота встречаемости условно-патогенной флоры возрастала в зависимости от продолжительности действия техногенных факторов производственной среды. Высокая плотность колонизации была отмечена для бактерий рода *Enterococcus* spp., *Proteus* spp., *Staphylococcus* spp., и грибов рода *Candida* spp. Показатели обсемененности их значительно увеличены по сравнению с контрольной группой. Отмечено, что частота встречаемости и плотность колонизации условно-патогенных микробов находились в прямой зависимости от стажа работы на предприятии.

Таблица 2. Показатели антилизозимной активности (АЛА) у *Blastocystis* spp.

Группы	Кол-во штаммов с АЛА (абс.)	Частота встречаемости (%)
1 гр. (низкие значения АЛФА)	19	33,92±2,3
2 гр. (средние значения АЛФА)	28	50,01±4,6
3 гр. (высокие значения АЛФА)	9	16,07±1,7
Всего	56	100

Таблица 3. Связь степени дисбиоза кишечника с выраженностью антилизозимной активности *Blastocystis* spp.

Степень дисбиоза кишечника	Количество штаммов с АЛА (абс.)	Низкий уровень АЛА (мг/мл)	Средний уровень АЛА (мг/мл)	Высокий уровень АЛА (мг/мл)
		2,1±0,02	2,3±0,02	2,7±0,05
I	10	7	3	-
II	26	10	9	7
III	11	-	6	5
IV	9	-	2	7
Всего	56	17	20	19
%	100	30,36±2,8%	35,71±4,2%	33,93±5,6%

В настоящее время большое внимание уделяется вопросу о значении толстокишечного дисбиоза при паразитозах. В связи с этим, наряду с представителями бактериальной флоры, была произведена оценка паразитоценоза кишечника обследуемых. Среди паразитов доминирующее положение по частоте встречаемости занимали простейшие *Blastocystis* spp. (62,00±5,4%), *Lambliа intestinalis* (36,72±3,2%) и *Entamoeba coli* (16,34±1,3%). Проведенные исследования показали, что в зависимости от продолжительности работы в литейном цехе обнаружение бластоцист в фекалиях рабочих возрастает с 56,30±4,6% в группе 1, до 85,63±7,8% у обследованных группы 3.

В качестве материала для исследования биологических свойств *Blastocystis* spp. отобраны штаммы бластоцист, выделенные из кишечника рабочих литейного цеха. Предварительно все обследуемые были разделены на 4 группы в зависимости от степени тяжести дисбиотических нарушений (табл. 1).

Наибольшее число простейших *Blastocystis* spp. обнаруживали в фекалиях лиц с дисбиотическими изменениями II степени тяжести — 28 штаммов (47,50±1,7%, $p < 0,03$). Контрольную группу (50 человек) составили лица, находящиеся на амбулаторном лечении и не контактирующие с вредными факторами производственной среды. У обследованных этой группы дисбиоз различной степени тяжести наблюдался у 4,0±0,7%, $p < 0,03$, инвазированность бластоцистами составила 12,0±0,2%, $p < 0,03$ (6 человек).

Изучение биологических свойств проводили на примере АЛА, АлФА и АГА активностей, которые достаточно широко представлены в группе условно-патогенных бактерий. Из 62 изученных штаммов бластоцист 56 (89,28±5,7%) обладали изучаемым признаком. Для анализа персистентных характеристик *Blastocystis* spp. были выделены 3 группы простейших: первая включала штаммы с низким уровнем АЛА — до 2 мкг/мл включительно, вторая со средним — 3–4 мкг/мл и третья с высоким — 5 мкг/мл и более. Доля штаммов с низкими значениями АЛА составила 33,92±2,3%, со средними — 50,01±4,6% (28 штаммов) и 16,07,23±1,7% (9 штаммов) с высокими значениями АЛА (табл. 2).

Проведенные исследования позволили обнаружить прямую зависимость выраженности АЛА бластоцист от степени тяжести дисбиотических изменений (таблица 3).

Так, бластоцисты выделенные у лиц с дисбиозом I степени, характеризовались в большей степени низким уровнем АЛА, которая составила 2,1±0,02 мг/мл, в то время у штаммов простейших с III и IV степенью дисбиоза полностью отсутствовали низкие значения изучаемого признака. Среди 9 штаммов простейших, выделенных при дисбиозе IV степени тяжести, 2 штамма характеризовались средним (2,3±0,02 мг/мл) и 7 штаммов (2,7±0,05 мг/мл) высоким уровнем изучаемого свойства.

Далее изучена антилактоферриновая активность (АЛФА) простейших. Данные о распространенности

Таблица 4. Показатели антилактоферриновой активности (АЛФА) у *Blastocystis spp*

Группы	Кол-во штаммов с АЛФА (абс.)	Частота встречаемости (%)
1 гр. (низкие значения АЛФА)	9	20,93±3,7
2 гр. (средние значения АЛФА)	20	45,51±2,3
3 гр. (высокие значения АЛФА)	14	32,56±2,7
Всего	43	100

Таблица 5. Связь степени дисбиоза кишечника с выраженностью антилактоферриновой активности *Blastocystis spp.*

Степень дисбиоза кишечника	Количество штаммов с АЛФА (абс.)	Низкий уровень АЛФА (нг/мл)	Средний уровень АЛФА (нг/мл)	Высокий уровень АЛФА (нг/мл)
		65–161±22,2	162–223±30,7	224–289±49,3
I	-	1	-	-
II	19	9	2	7
III	13	-	6	7
IV	11	-	-	11
Всего	43	10	8	25
%	100	23,25±2,4	18,60±3,6	58,15±5,3

Таблица 6. Показатели антигистоноидной активности (АГА) у *Blastocystis spp.*

Группы	Кол-во штаммов с АГА(абс.)	Частота встречаемости (%)
1 гр. (низкие значения АЛФА)	20	62,50±2,1
2 гр. (средние значения АЛФА)	8	25,00±1,2
3 гр. (высокие значения АЛФА)	4	12,50±3,7
Всего	32	100

Таблица 7. Связь степени дисбиоза кишечника с выраженностью антигистоноидной активности *Blastocystis spp.*

Степень дисбиоза кишечника	Количество штаммов с АГА (абс.)	Низкий уровень АГА (нг/мл)	Средний уровень АГА (нг/мл)	Высокий уровень АГА (нг/мл)
		1,3–5,3±0,9	5,7–9,1±4,3	9,2–12,8±4,6
I	15	12	3	-
II	9	-	9	-
III	4	-	3	1
VI	4	-	-	4
Всего	32	12	15	5
%	100	37,50±5,3	46,88±2,7	15,63±1,3

и выраженности АЛФА у *Blastocystis spp.*, выделенные у рабочих литейного производства свидетельствуют о том, что способность к инактивации лактоферрина широко представлена у изучаемых простейших. АЛФА обнаруживалась с частотой 69,35±3,7% (43 штамма). Выраженность АЛФА *Blastocystis spp.* составила от 65 до 289 нг/мл (таблица 4).

В зависимости от показателей изучаемого свойства все исследуемые штаммы были разделены на 3 группы.

Первая группа культур бластоцист имела низкие значения изучаемого признака, которые находились в пределах 65–161±22,2 нг/мл, вторая — средние — 162–223±30,7 нг/мл и третья высокие — 224–289±49,3

нг/мл. Анализ количественных отношений изучаемой характеристики, показал, что почти половина штаммов бластоцист характеризовались средней величиной АЛФА ($45,51 \pm 2,3\%$). Высокие и низкие значения АЛФА проявляло $32,56 \pm 2,7\%$ и $20,93 \pm 3,7\%$ исследуемых штаммов соответственно.

Как показали проведенные исследования при дисбиозе I и II степени тяжести количество штаммов бластоцист, обладающих высокими показателями персистентных свойств имели низкий процент встречаемости или полностью отсутствовали (таблица 5).

При III степени дисбиоза кишечника наблюдалось приблизительно одинаковое количество штаммов как со средними, так и с низкими значениями признака. Следует отметить, что при грубых нарушениях качественного и количественного составов микрофлоры кишечника, характеризующиеся IV степенью дисбиоза в эксперименте получены только штаммы бластоцист, инактивирующие лактоферрин в высоких концентрациях изучаемого персистентного свойства в количестве 11 изолятов.

Значения антигистоновой активности колебались в диапазоне 1,3–12,8 нг/мл и составили в среднем $9,1 \pm 1,6$ нг/мл. Полученные в ходе эксперимента результаты позволили все исследуемые штаммы бластоцист разделить на 3 группы (табл. 6).

Определение уровня АГА выявило у подавляющего большинства простейших низкие ($1,3-5,3 \pm 0,9$) и средние ($5,7-9,1 \pm 4,3$ нг/мл) значения изучаемого признака. На долю таких культур приходилось $89,28 \pm 3,9\%$ исследованных штаммов бластоцист. Третью группу составили штаммы бластоцист с высокими значениями ($9,2-12,8 \pm 4,6$ нг/мл) АГА (таблица 7).

Ведущим персистентным признаком, определяющим формирование микробиоценоза кишечника данного биотопа, является антилизоцимный признак. Он регистрировался с частотой $89,28 \pm 5,7\%$. Выделенные штаммы *Blastocystis spp.* обладают высокими значениями изучаемых персистентных характеристик, характеризующие их персистирующую активность.

Изучение вопроса о взаимосвязи степени тяжести дисбиотических изменений с персистентными характеристиками позволило установить увеличение персистентных характеристик бластоцист с нарастанием глубины микробиоценологических нарушений в кишечнике. Обнаруженная связь между персистентными признаками простейших и глубиной нарушений в микробиоценозе кишечника позволила рассматривать факторы

персистенции в качестве маркеров дисбиотического процесса.

Заключение

Изучение микробиома кишечника лиц, работающих в условиях литейного производства, характеризующееся комплексным воздействием на организм обследуемых факторов физической и химической природы позволили обнаружить качественные и количественные изменения в составе нормофлоры толстого отдела кишечника. Показано снижение частоты встречаемости представителей облигатной микрофлоры и увеличение условно-патогенной группы. Экспериментальные данные показали у лиц обследуемой группы наличие четырех степеней тяжести дисбиотических нарушений, которые находились в прямой зависимости от стажа работы на предприятии. У лиц со стажем работы на предприятии 10–15 лет и более в $73,56 \pm 2,3\%$ ($p < 0,05$) случаев проявлялись изменения дисбиоза кишечника IV степени тяжести. У лиц контрольной группы видимых изменений в составе облитных представителей отмечено не было ($p < 0,05$).

Изучение паразитоценоза кишечника обследуемого биотопа показало доминирование группы простейших *Blastocystis spp.* ($62,00 \pm 5,4\%$). Проведенные исследования показали, что в зависимости от продолжительности работы в литейном цехе обнаружение бластоцист в фекалиях рабочих возрастает с $56,30 \pm 4,6\%$ в первой группе, где продолжительность работы составила от 1 года до 5 лет, до $85,63 \pm 7,8\%$ у обследованных, со стажем работы 10–15 лет и более.

Наибольшее число простейших *Blastocystis spp.* обнаруживали в фекалиях лиц с дисбиотическими изменениями II степени тяжести — 28 штаммов ($47,50 \pm 1,7\%$, $p < 0,03$). В работе получены данные о высоком уровне выраженности персистентных свойств штаммов *Blastocystis spp.* на примере АЛА, АЛФА и АГА. Результаты исследования позволили их не только обнаружить, но и ранжировать по степени их информативности. Ведущим персистентным признаком, определяющим формирование микробиоценоза кишечника данного биотопа, является их антилизоцимный признак.

Установлено увеличение персистентных характеристик бластоцист с нарастанием глубины микробиоценологических нарушений в кишечнике. Обнаруженная связь между персистентными признаками простейших и глубиной нарушений в микробиоценозе кишечника позволила рассматривать факторы персистенции в качестве маркеров дисбиотического процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шарапов Р.В. Переход от технических к природно-техническим системам // *Машиностроение и безопасность жизнедеятельности*. 2012. № 2. С. 43–46.
2. Соловьев Л.П. Состояние системы мониторинга эколого-экономических систем // *Машиностроение и безопасность жизнедеятельности*. 2013. № 1. С. 15–19.
3. Лазаренков А.М., Хорева С.А. Анализ производственных факторов литейных цехов // *Литейное производство и металлургия* 2016. Беларусь: труды 24-й Международной научно-технической конференции. Минск, 2016. С. 117–120.
4. Организация производства и управление предприятием: Учебник / Под ред. О.Г. Туровца — 3-е изд. — О.Г. Туровец, В.Б. Родионов и др.; М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. — 506 с.
5. Афанасова О.Е. Влияние условий труда на формирование артериальной гипертензии у работающих в условиях высокого профессионального риска // *Медицина труда и промышленная экология*. 2010. № 8. С. 19–22.
6. Профессиональный риск для здоровья работников. Рук-во. Под ред. Н.Ф. Измерова, Э.И. Денисова. М.: Тривант. 2003. 430 с.
7. Денисов Э.И. Методические вопросы выявления и профилактики заболеваний, связанных с работой. Сб. трудов Всеросс. науч.-практ. Конф.: «Современные проблемы гигиенической науки и медицины труда». Уфа. 2010.
8. Куваева И.Б. Ладодо К.С. Микроэкологические и иммунные нарушения у детей. М.: Медицина, 1991. 240 с.
9. Abe N. Molecular and phylogenetic analysis of Blastocysts isolates from various hosts / N. Abe // *Vet Parasitol.* — 2004 Mar 25. № 120(3). — P. 235–242.
10. Dogruman A. The role of protozoan parasites in etiology of urticarial / A. Dogruman [et. al.] // *Turkiye Parazitoloj Derg.* — 2009. — № 33(2). — P. 136–139.
11. Hameed D.M. Association of Blastocystis hominis genetic subtypes with urticarial / D.M. Hameed, O.M. Hassanin, N.M. Zuel-Fakkar // *Parasitol Res.* — 2011 Mar. — № 108(3). — P. 553–560.
12. Iguchi A. Infectivity of different genotypes of human Blastocystis hominis isolates in chickens and rats / A. Iguchi // *Parasitol. Int.* — 2007 Jun. — № 56(2). — P. 107–112.
13. Jones M.S. Association of Blastocystis subtype 3 and 1 with patients from an Oregon community presenting with chronic gastrointestinal illness / M.S. Jones [et al.] // *Parasitol. Res.* — 2009 Jan. — № 104(2). — P. 341–345.
14. Meloni D. Molecular subtyping of Blastocystis sp. isolates from symptomatic patients in Italy / D. Meloni [et. al.] // *Parasitol. Res.* — 2011. — Feb 22.
15. Horiki N. Intestinal blockage by carcinoma and Blastocystis hominis infection / N. Horiki [et. al.] // *Am.J. Trop. Med. Hyg.* — 1999. — V. 60, № 3. — P. 400–402.
16. Коза Н.М. Распространение кишечных протозоозов среди населения крупного города / Н.М. Коза, В.И. Сергеев, Л.Я. Горбань // *Материалы VIII Всероссийского съезда эпидемиологов, микробиологов и паразитологов.* — М.: ООО «Росинекс», 2002. — Т. 1. — С. 339–340.
17. Старостина О.Ю. Распространенность паразитических инвазий у городских жителей / О.Ю. Старостина, С.П. Запарий, А.М. Толмачева // *Материалы VIII Всероссийского съезда эпидемиологов, микробиологов и паразитологов.* — М.: ООО «Росинекс», 2002. — Т. 1. — С. 403–404.
18. Красноперова Ю.Ю. Характеристика изменений патогенного потенциала микроорганизмов-симбионтов в протозойно-бактериальных ассоциациях: автореф. дис. ... докт. биол. наук. Оренбург, 2009. 40 с.
19. Потатуркина-Нестерова Н.И., Квасова Н.А., Нестеров А.С. Блостоцистная инвазия и дисбактериоз кишечника // г. Ульяновск: УлГУ, 2003. 211 с.
20. Циммерман Я.С., Классификация гастроэнтерологических заболеваний и клинических синдромов. 4 е изд. Пермь, 2014.
21. Blaser M.J. Falkow S. Исчезающая микробиота. Клиническая фармакология и терапия. 2014; 23 (4): 7–15.
22. Кучумова С.Ю. Физиологическое значение кишечной микрофлоры. Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии и колопроктологии. 2011; 5: 17–27.
23. Бухарин О.В., Чернова О.Л., Матюшина С.Б. Способ определения антикарнозиновой активности микроорганизмов // Патент РФ № 2132879. Патентообладатель Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза Уральского отделения РАН. 1999, Бюл. № 19.
24. Бухарин О.В. Метод определения антилизосимной активности микроорганизмов // *Журнал микробиология*. 1984. № 2. С. 27–39.
25. Бухарин О.В., Немцева Н.В., Яценко-Степанова Т.Н. Оценка взаимоотношений симбионтов фитопланктонного сообщества // *Экология*. 2010. № 1. С. 17–21.

© Бугеро Нина Владимировна (bugero@mail.ru), Ильина Наталья Анатольевна (ilina@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

УДАЛЕНИЕ ПЕСТИЦИДОВ В ИСКУССТВЕННЫХ ВОДНО-БОЛОТНЫХ УГОДЬЯХ С ГРАВИЙНЫМ ОСНОВАНИЕ

PESTICIDES REMOVAL IN WETLANDS WITH A GRAVEL BASE

**A. Butkovskiy
N. Sherman**

Summary. Pesticides are widely used in agriculture and forestry. As a result, from circulation, they are present in all components of the natural environment and can negatively affect them. In this paper, a biotechnological method of purifying natural surface water from pesticides is considered, some results of studies of the cleansing ability of an artificially created wetland are presented. The experimental part was carried out at the Center for Environmental Research. Helmholtz in the framework of the DBU program.

Keywords: pesticides, water, treatment, wetlands, treatment facility.

Бутковский Андрей

*Н.с., Центр экологических исследований
им. Гельмгольца, Лейпциг, Германия*

Шерман Никита Алексеевич

*Аспирант, ФГБОУ ВО «Калининградский
государственный технический университет»,*

Калининград

nik172008@mail.ru

Аннотация. Пестициды широко используют в сельском и лесном хозяйствах. В результате из циркуляции они присутствуют во всех компонентах природной среды, могут негативно на них влиять. В данной работе рассматривается биотехнологический метод очистки поверхностной природной воды от пестицидов, представлены некоторые результаты исследований очищающей способности искусственно созданного водно-болотного угодья. Экспериментальная часть проводилась в Центре экологических исследований им. Гельмгольца в рамках программы DBU.

Ключевые слова: пестициды, вода, очистка, водно-болотные угодья, очистное сооружение.

Введение

В Калининградской области очень хорошо развита гидрографическая сеть, которая включает в себя более 4610 водных объектов, на которых расположены около 1100 населенных пунктов. Не более 100 из этих населенных пунктов имеют очистные сооружения, в основном это крупные города. Более 1000 населенных пунктов не имеют очистных сооружений и сбрасывают бытовые сточные воды на рельеф или в мелиорационные каналы и реки бассейна Балтийского моря. Кроме того, Калининградская область является пolderной зоной России, и существует проблема вымывания удобрений, пестицидов и других загрязнителей через закрытые и открытые дренажные системы в региональные водные объекты.

Вода, загрязненная этими веществами, может очищаться на очистных сооружениях. Сегодня существует много типов очистных сооружений, но для данного исследования были выбраны водно-болотные угодья. Водно-болотные угодья — это искусственные сооружения для очистки муниципальных или промышленных сточных вод, сельскохозяйственных или дождевых вод.

Водно-болотные угодья — это технические системы, которые используют природные функции раститель-

ности, почвы и микроорганизмов для очистки сточных вод. В зависимости от типа сточных вод, дизайн водно-болотного угодья должен быть соответствующим образом адаптирован. Водно-болотные угодья используются для очистки как бытовых, так и промышленных сточных вод.

Эти установки имеют определенные преимущества по сравнению с механической и химической обработкой, а также аэрированными биореакторами (или так называемым процессом с активным илом), а именно полное отсутствие химических реагентов, низкое или нулевое потребление энергии, отсутствие потребления невозобновляемой энергии, относительно низкие затраты на строительство и эксплуатацию, улучшенная рекреационная привлекательность района использования.

В сельском хозяйстве Калининградской области интенсивно применяются удобрения и пестициды, что приводит к поступлению в биосферу различных химических веществ, которые могут негативно влиять на окружающую среду (рис. 1). Пестициды могут быть опасными даже при низких концентрациях, так как считается, что эти соединения убивают растения (гербициды), беспозвоночных (инсектициды) или грибки (фунгициды).

Таблица 1. Перечень пестицидов, используемых в опыте

Пестицид	Тип
МСРА	Г
Бентазон (Bentazone)	Г
Металаксил (Metalaxyl)	Ф
Пропиконазол (Propiconazole)	Ф
Имидаклоприд (Imidacloprid)	И

МСРА (2-метил-4-хлорфеноксисукусная кислота) является эффективным, широко используемым гербицидом [3–4];
 Бентазон — контактный гербицид для борьбы с сорными растениями после всходов сорняков [5];
 Металаксил — системный фунгицид защитного и искореняющего действия для борьбы с болезнями [6];
 Пропиконазол — используется методом опрыскивания в качестве системного фунгицида с широким спектром действия на посевах зерновых [7];
 Имидаклоприд — системный инсектицид для борьбы с сосущими насекомыми, включая резистентные виды, с почвенными вредителями [8].



Рис. 1. Циркуляция пестицидов во внешней среде

В большинстве случаев пестициды попадают в воду при неправильной технологии опрыскивания растений, в результате вымывания из почвы, с талыми и дождевыми водами при смыве с почвенного покрова и растений.

Существует ряд методов и технологий в области природоохранных мероприятий, позволяющих удалить или снизить уровень пестицидов в воде. Авторы статьи считают, что наиболее перспективным является биотехнологический подход — применение для очистки вод искусственно созданных водно-болотных угодий — это

технические системы, которые используют природные функции растительности, почвы и организмов [2].

В 2018–2019 гг. в Центре экологических исследований им. Гельмгольца были проведены эксперименты по определению очищающей способности водно-болотной растительности от пестицидов.

Для определения степени очистки, загрязнённой пестицидами воды (табл. 1), была создана экспериментальная установка (рис. 2), состоящая из двух параллельных горизонтальных водно-болотных угодий под-

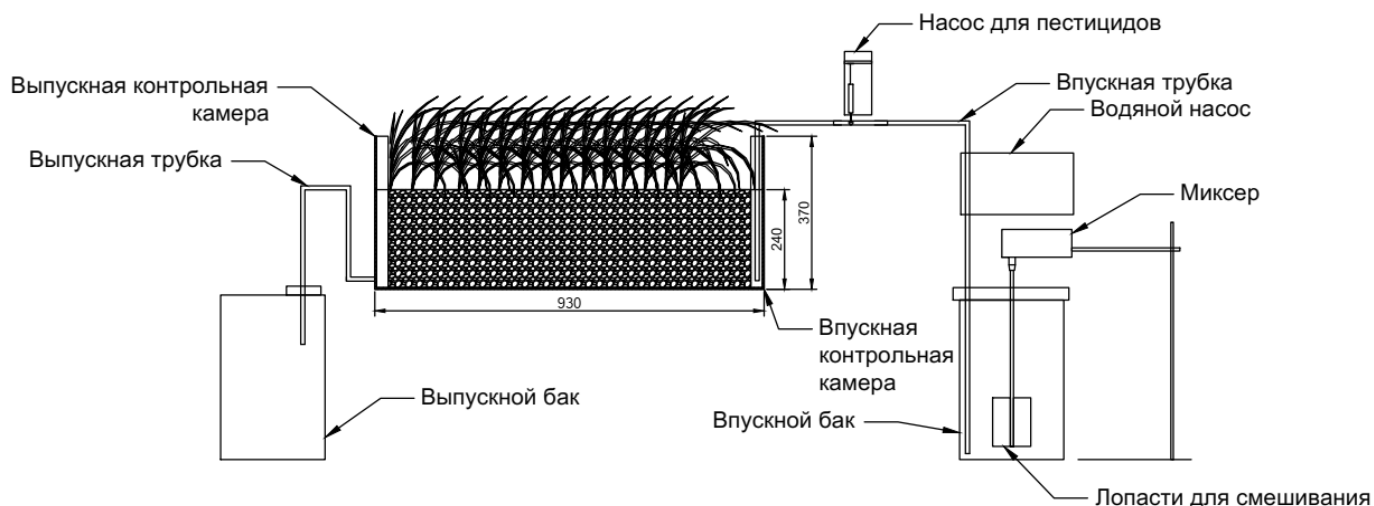


Рис. 2. Схема экспериментальной установки



Рис. 3. Экспериментальная установка

поверхностного потока, которые используют твердые грунты, засаженные водно-болотной растительностью.

1. Материалы и методы

1.1. Исследовательская установка

Экспериментальная установка состоит из 2 параллельных горизонтальных водно-болотных угодий, в которых создается неподвижное ложе с растительностью

водно-болотных угодий. Наиболее важные параметры конструкции перечислены в таблице 2. Вода вытекает из впускного бака с помощью водяного насоса. Контрольные камеры устанавливаются в начале и в конце сооружений. В этих камерах можно измерять различные параметры и отбирать пробы для измерений загрязняющих веществ. Уровень твердой среды на заболоченном участке составляет 24 см. Вода удерживается под поверхностью и течет горизонтально от входа до выхода. После прохождения через заболоченную

Таблица 2. Гидравлический баланс

Обозначение установки	Потери воды, л / м ² * сут	
	05.10.2018	29.01.2019
C	-	2,56
F	2,29	10,75

Таблица 3. Значения номинального гидравлического времени удержания

Обозначение установки	Среднее HRT, дни
C	7,6
F	12,8

территорию очищенная вода собирается в выходном бассейне. Установка была расположена в лаборатории водно-болотных угодий в Центре экологических исследований им. Гельмгольца — UFZ в условиях контролируемой температуры и освещения.

Установка имеет следующие параметры:

- ◆ Объем (полный/рабочий) — 50/33,5 л;
- ◆ Площадь водно-болотного угодья — 0,1395 м²;
- ◆ Объем первичного и конечного бака — 20 л;
- ◆ Расход — 2,39 л/сут.

Принцип работы установки. Вода поступает из бака в «водно-болотное угодье» с помощью водяного насоса, уровень грунтов внутри «водно-болотного угодья» составляет 0,24 м. После прохождения заболоченного участка, вода собирается в выпускном баке. В впускном и выпускном баках имеются контрольные камеры, в которых можно наблюдать за состоянием воды и отбирать пробы.

Эксперименты проводились в двух лотках с грузкой гравием. Предварительно определялись их фильтрационные свойства:

В данном исследовании в качестве фиторемицианта использовался канареечник тростниковидный *Phalaris arundinacea*. Данное растение стабильно произрастает в широком диапазоне климатических условий и обладает высокой способностью удалять загрязняющие вещества в своей ризосфере.

Пестициды добавляли в лоток с 27 января по 24 февраля 2019 года с использованием перфузионного насоса 0,5 мг / л. Эта концентрация была выбрана из-за ограниченности анализаторов. Тем не менее, такие высокие концентрации могут также возникнуть в сельскохозяйственном стоке, если пестициды используются чрезмерно.

2.2. Аналитические измерения

Пестициды анализировали методом жидкостной хроматографии, масс-спектрометрии (ЖХ–МС) в Норвежском институте биоэкономических исследований. Образцы для анализа пестицидов фильтровали через фильтр 0,45 мкм и хранили в 20% метаноле при –20 °С до анализа.

2.3. Расчеты

Номинальное гидравлическое время удержания (HRT) определяется как отношение полезного объема водно-болотных угодий к средней скорости потока.

$$t = (V_w) * \epsilon / Q_{ave} \quad 2.1$$

Где Q_{ave} — средняя скорость потока, V_w — объем водно-болотных угодий, ϵ — пористость водно-болотных угодий.

$$Q_{ave} = \frac{Q_o + Q_e}{2}$$

Где Q_o — Подводящая скорость, Q_e — Отводящая скорость.

Коэффициент суммарного испарения рассчитывали, как отношение объема сточных вод к объему подаваемой воды.

3. Результаты

3.1. Ввод реактора в эксплуатацию

С сентября по декабрь был обеспечен рост растений для создания стационарных условий.

В этой таблице показаны потери воды 5 октября 2018 года и 29 января 2019 года. Для установки C от-

Таблица 8. Данные о состоянии установок с 1 по 4 недели

Удаление за 1 неделю (% от средней концентрации притока)					
Обозначение установки	Пестицид				
	МСРА	Бентазон	Металаксил	Пропиконазол	Имидаклоприд
С	-	-	-	-	-
F	-	-	-	-	-
Удаление за 2 неделю (% от средней концентрации притока)					
Обозначение установки	Пестицид				
	МСРА		МСРА		МСРА
С	-22	С	-22	С	-22
F	1	F	1	F	1
Удаление за 3 неделю (% от средней концентрации притока)					
Обозначение установки	Пестицид				
	МСРА	Бентазон	Металаксил	Пропиконазол	Имидаклоприд
С	12	17	21	98	16
F	23	-22	70	100	43
Удаление за 4 неделю (% от средней концентрации притока)					
Обозначение установки	Пестицид				
	МСРА	Бентазон	Металаксил	Пропиконазол	Имидаклоприд
С	44	43	42	100	40
F	42	2	66	100	63

сутствуют данные в первой половине октября, поскольку установка была повреждена. Понятно, что с ростом растений суммарное испарение воды увеличивается.

Значения HRT (таблица 3) рассчитываются как средние значения за период с 27.12.2018 по 11.02.2019. Это уравнение обычно используется для определения количества сырья, используемого в данном объеме реактора. HRT является важным параметром в очистке сточных вод, напрямую влияющим на требования к проектированию, эксплуатации / инвестициям и энергии. В целом, более высокие HRT приведут к более высоким инвестиционным затратам и пространственным требованиям, но в то же время предложат более высокую эффективность разделения. Следовательно, другое значение HRT также оказывает значительное влияние на эффективность очистки сточных вод водно-болотных угодий.

3.2. Удаление пестицидов

Забор воды производился раз в неделю.

Данные за первую неделю отсутствуют, так как пробы для анализов были отобраны спустя 3 дня после начала добавления пестицидов и в выпускной контрольной камере они отсутствуют.

По вышеприведенным данным можно видеть, что на первой, второй и третьей неделях имеются отрицательные значения удаления пестицидов. Это значит, что кон-

центрация пестицидов в выпускной контрольной камере выше, чем во впускной контрольной камере. Это может происходить вследствие того, что система еще не стабилизировалась и не произошло равномерного распределения загрязнителей по очистной установке. По данным удаления пестицидов за 4 неделю можно сделать вывод, что к этому времени система начала стабилизироваться и концентрация всех загрязнителей снизилась.

По данным удаления металаксил из установки F на второй, третьей и четвертой неделях можно сделать вывод, что система достигла своего оптимального уровня удаления данного загрязнителя в диапазоне от 66 до 73% от общей концентрации.

Данные об удалении пропиконазола в установках С и F так велики, поскольку наблюдалась низкая концентрация притока пропиконазола, так как сорбция этого гидрофобного соединения уже произошла в резиновой трубке подачи.

Заключение

Проведенный опыт показал, что «водно-болотные угодья» достаточно просты в установке, обслуживании и эксплуатации. Они не требуют постоянного наблюдения, добавления различных реагентов, подключения к системе электроснабжения. Более того, они справляются с различными видами загрязнителей, включая пестициды. Их недостатком можно назвать то, что в рамках проведенного эксперимента они не обеспе-

чили степень очистки, соответствующую требованиям нормативных документов в этой области. Так как эксперимент завершился на четвертой неделе, можно предположить, что с течением времени степень очистки различных пестицидов могла увеличиться. Но тем не менее, по данным за четвертую неделю можно сделать вывод, что очистная установка показала положи-

тельную степень удаления всех пяти наименований пестицидов. На основании этого можно сделать вывод, что хоть система не обеспечивает достаточную степень очистки, их использование в районах активного ведения сельского хозяйства может значительно снизить количество загрязнителей, попадающих как в прилегающие реки и водоемы, так и в грунтовые воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Stottmeister U., Wießner A., Kusch P., Kappelmeyer U., Kästner M., Bederski O., Müller R.A., 2003. Effects of plants and microorganisms in constructed wetlands for wastewater treatment. *Biotechnology Advances* 22, 93–117.
2. Wagner S., Fantke P., Theloke J., Friedrich R., 2010. Quantification of pesticides used in agriculture in the EU-27. *Geophysical Research Abstracts* Vol. 12, EGU2010–12273, EGU General Assembly.
3. 2М-4Х, МСРА. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cnshb.ru/akdil/0034/base/2/000126.shtm> (Дата обращения 15.07.2019 г.).
4. 4-Chloro-2-methylphenoxy. [Электронный ресурс]. URL: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/mcra> (Дата обращения 15.07.2019 г.).
5. Бентазон. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cnshb.ru/akdil/0034/base/RB/000021.shtm> (Дата обращения 15.07.2019 г.).
6. МЕТАЛАКСИЛ (алацид, апрон, ридомил). [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cnshb.ru/akdil/0034/base/RM/000362.shtm> (Дата обращения 15.07.2019 г.).
7. ПРОПИКОНАЗОЛ (десмел, низонит, практик, радар, тилт, трифон). [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cnshb.ru/akdil/0034/base/RP/000393.shtm> (Дата обращения 15.07.2019 г.).
8. ИМИДАКЛОПРИД (адмир, гаучо, копфидор, премьер). [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cnshb.ru/akdil/0034/base/RI/000545.shtm> (Дата обращения 15.07.2019 г.).
9. *Phalaris arundinacea* L. [Электронный ресурс]. URL: https://www.eddmaps.org/ipane/ipanespecies/grass/phalaris_arundinacea.htm (Дата обращения 15.07.2019 г.).
10. Жуков Б.Д. Экологическое домостроение. Устройства и технологии децентрализованной очистки бытовых сточных вод: Аналит. обзор / СО РАН. ГП-НТБ. — Новосибирск, 1999. — 113 с.

ОБЗОР ГЕНЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ ФОРМИРОВАНИЯ ДЕВИАНТНОГО ПОВЕДЕНИЯ

REVIEW OF THE GENETIC BASIS FOR THE FORMATION OF DEVIANT BEHAVIOR

**V. Gorbunova
Yu. Novokovich
E. Vorobiova**

Summary. The current state of knowledge of the pathogenesis of deviant personality behavior is interdisciplinary and debatable, understanding the predictors and mechanisms of this deviation requires integrative analysis and in-depth comprehensive research. Based on the study of scientific literature, the foundations of the formation of deviant personality behavior from the point of view of the genetic approach are disclosed, the role of neurotransmitters in the development of behavioral deviations is considered, and genes whose polymorphism and alleles are responsible for the multilevel structure of impaired neurotransmitter production, which is a predictor of various forms of deviant behavior.

Keywords: deviant behavior, deviant behavior, genetic approach, genes, dopamine, serotonin, neurotransmitter.

Горбунова Валентина Юрьевна

Д.б.н., профессор, ФГБОУ ВО «Башкирский
государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы», г. Уфа
valentina2075034@mail.ru

Новокович Юлия Сергеевна

Аспирант, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный
педагогический университет им. М. Акмуллы», г. Уфа
novokovich@inbox.ru

Воробьева Елена Владимировна

К.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Башкирский
государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы», г. Уфа
vorobeva.e.v@bbspu.ru

Аннотация. Современное состояние изученности патогенеза девиантного поведения личности носит междисциплинарный и дискуссионный характер, понимание предикторов и механизмов данного отклонения требует интегративного анализа и углубленного комплексного исследования. В статье на основе изучения научной литературы раскрыты основы формирования девиантного поведения личности с точки зрения генетического подхода, рассмотрена роль нейромедиаторов в процессе развития отклонений в поведении, а также выделены гены, полиморфизм и аллели которых отвечают за многоуровневую структуру нарушения продукции нейромедиаторов, что является предиктором различных форм девиантного поведения. Особую роль в формировании девиации авторы статьи отводят гипоксии мозга.

Ключевые слова: отклоняющееся (девиантное) и поведение, девиантное поведение, генетический подход, гены, дофамин, серотонин, нейромедиатор.

Введение

Поведением называется активность живых организмов, которая обеспечивает их приспособление к окружающей среде и удовлетворение жизненных потребностей. Поведение человека, в отличие от животных, всегда социально обусловлено и имеет сознательный, целенаправленный характер. Человек направляет свои действия не только на удовлетворение потребностей, но и на организацию взаимоотношений с другими людьми в общественно принятых нормах морали и права. Девиантным поведением являются действия человека, которые нарушают официально установленные в обществе или неофициально признанные в определенной социальной группе моральные и правовые нормы. К основным видам девиантного поведе-

ния относят преступность, аддиктивную (алкогольную, никотиновую и др.) зависимость, самоубийство и сексуальные извращения [1]. Подростки в возрасте 14–18 лет, воспитанные в неблагоприятных социальных условиях, имеющие наследственное бремя психических расстройств, токсикомании, наркомании и алкоголизма, наиболее подвержены поведенческим отклонениям [2].

Девиантное поведение интенсивно исследуется широким кругом различных отраслей науки — социологией, криминологией, медициной, генетикой, педагогикой. Развитие исследований по генетике девиантного поведения приходится на 90-е годы прошлого века. Особенно активизировались они с началом XXI в., когда для широкого круга генетиков стали доступными современные технологии молекулярной биологии —

определение последовательностей ДНК (секвенирование) и выявление общегеномных ассоциаций.

Цель статьи

Заключается в теоретическом анализе современных представлений о генетических механизмах наиболее распространенных видов девиантного поведения.

Изложение основного материала

Развитие индивида имеет вероятностный характер. Существует врожденная склонность к девиациям, и она проявляется при попадании в социально неблагоприятные условия. Так, например, у геймеров часто встречается синдром дефицита внимания, который связан с нарушениями метаболизма дофамина. В основе физической наркоманийной зависимости лежат, вероятно, устойчивые биохимические изменения в организме, развивающиеся в результате регулярного и достаточно длительного употребления наркотического вещества. Химические аддикции коррелируют с повышенной активностью правого полушария, что приводит к эндогенным психическим расстройствам (шизофрения, аффективные психозы). Употребление психоактивных веществ или определенный тип поведения, по сути имеет «лечебную» причину, то есть реципрокно улучшает функцию левого полушария, что имеет кратковременный эффект «улучшения» в эмоциональной сфере, впоследствии токсическое действие психоактивных веществ приводит к угнетению обоих полушарий. Вышеупомянутые нейрохимические изменения в норме связаны с мотивацией деятельности, вознаграждения или наказания в зависимости от результата деятельности и т.д. При девиантном (например, аддиктивном) поведении эти изменения приобретают сверхценное значение и впоследствии «нормальный гомеостаз» ЦНС подменяется на «девиантный».

Так, согласно данным многочисленных исследований, проведенных в последние годы, среди генетических факторов наркомании выявлено снижение экспрессии генов определенных нейротрансмиттеров. Одни из этих гормонов (эндорфины, энкефалины), блокируя соответствующие рецепторы, вызывают нормальное настроение, другие (серотонин) — обеспечивают нормальную воображение, наличие в сознании необходимых ценностей, радостных событий в жизни и вообще смысла жизни. Если таких гормонов вырабатывается недостаточно вследствие мутаций или снижения экспрессии соответствующих генов, это вызывает психический и физический дискомфорт, поиск средств и веществ, которые бы могли его устранить [3].

При этом мозг является аэробным органом, требует около 20% от общего потребления кислорода

у человека. В особо чувствительных структурах мозга, например, в коре больших полушарий, вследствие воздействия гипоксии изменяется нормальный баланс нейромедиаторов (глутамата, дофамина, серотонина, ацетилхолина и др.) и продуктов их обмена. Реакции организма человека на различные виды гипоксии широко варьируют и запускаются независимыми внутриклеточными молекулярными механизмами [4]. За период 1977–2019 годов исследователи провели большую работу по изучению механизмов адаптации к гипоксии, ее повреждающим эффектам и генетическим предикторами развития осложнений гипоксии. Лауреаты Нобелевской премии 2019 года по медицине Уильям Ээлин, Грегг Семензе и Питер Рэтклифф обнаружили генетический механизм, который позволяет организму регулировать уровни кислорода в разных частях тела и управлять ими [5].

Исследования подчеркивают роль индуцибельного фактора гипоксии-1 α (HIF-1 α) в регуляции гипоксического ответа как в нейронах, так и в глиальных клетках [6]. Однако регуляция центральных нейромедиаторных систем недостаточно изучена в условиях гипоксии, хотя их неадекватная адаптация может способствовать развитию аномальных поведенческих паттернов у пациентов, страдающих церебральной гипоксией. Разнообразные физиологические функции серотонина опосредованы большим числом рецепторов 5-HT, которые кодируются различными генами. Есть не менее 15 подтипов рецепторов, принадлежащих к четырем классам рецепторов: 5-HT_{1/5}, 5-HT₂ (A, B, C), 5-HT₃ и 5-HT_{4/6/7}. 5-HT был вовлечен в этиологию многих заболеваний, в том числе депрессия, тревога, социальная фобия, шизофрения, невроз навязчивых состояний и паническое расстройство. За синтез этого гормона отвечают многочисленные нейроны, локализующиеся в промежуточном и большом мозге. В числе прочих функций серотонин принимает участие в обеспечении регуляции общего фона настроения и беспокойства, формировании стереотипов полового и агрессивного поведения. Дефицит выработки серотонина приводит к насилию, истерии, психозам, суицидальному поведению и прочим девиантным проявлениям [7].

Исследование роли серотонинэргической системы в регуляции поведения было проведено большим числом исследователей, и в обзоре Е.М. Ковш [8] подробно описаны этапы открытий в данной области. Важными вехами явилось обнаружение влияния гена фермента биосинтеза 5-HT-триптофангидроксилазы-2 в регуляции враждебного поведения, выявление роли 5-HT_{1A} рецепторов в подавлении агрессии, вызванной страхом, и агрессии нападения [9;10]; определение роли генов, ответственных в синтезе серотонина (5HTD4) и дофамина (COMT), роли серотонинэргической системы

в расстройствах настроения и в предрасположенности к суицидальному поведению [11]. В работах авторов отмечено, что морфологические нарушения промотора гена *BS6D4* отражаются в изменении его функциональности и ведут к изменению уровня синтеза кодируемого белка, что отражается на возникновении девиаций.

В настоящее время идентифицировано по крайней мере до 1500 генов, мутации которых могут вызвать склонность к наркомании. Это гены, которые определяют функции рецепторов, транспортеров или метаболических ферментов нейротрансмиттерных систем. В исследовании Е.В. Черепковой с коллегами среди 93 молодых людей, употребляющих наркотики, было выявлено, что частота полиморфизма 4/4 гена дофаминового рецептора 4-подтипа (*DRD4*) составила 80,0%. В обычной популяции распространенность этого полиморфизма составляет — 57,9%. Также отмечено, что полиморфизм 4/3 не встречался только у лиц без наркотической зависимости. Ген дофаминового транспортера (*DAT*), картированный на коротком плече хромосомы 5 (5p15.3), может рассматриваться как один из генов предрасположенности к развитию наркоманий и психических заболеваний [12].

Ген D2-рецептора дофамина (*DRD2*) локализуется в длинном плече хромосомы 11 в области q22.3–23.1 (11q23.2). замена аллелей С на Т приводит к нарушению регуляции экспрессии гена *NF-κB* и опосредованное им снижение плотности D2 рецепторов в головном мозге. У носителей А1-аллеля наблюдается 30-% снижение плотности дофаминовых рецепторов D2 во всех участках полосатого тела и узлов, входящих в экстрапирамидную систему головного мозга [13]. Мутация гена *DRD2* (11q23.2) может вызвать зависимость от кокаина, героина и злоупотребление психостимуляторами; мутация гена *DAT1* (*SLC6A3*) (5p15.3) способна вызвать зависимость от кокаина; мутация гена *COMT* (22q11.21) — зависимость от метамфетамина, кокаина и героина; *OPRM1* (6q24–q25) — зависимость от опиатов и героина. Ген фермента дофамин-β-гидроксилазы (*DBH*) кодирует дофамин-β-гидроксилазу — фермент, катализирующий реакцию синтеза норадреналина из дофамина путем β-гидроксилирования. *DBH* является связующим звеном двух важнейших частей катехоламиновой системы организма — дофаминэргической и норадренэргической. 444 А/Г и 1021 С/Т полиморфизм гена обуславливают усложненное течение алкоголизма, склонность к наркомании [14].

Не существует какого-то одного гена, который бы определял зависимость от алкоголя. В настоящее время выявлено более 50 генов риска развития алкоголизма, проявление которых в разной степени зависит от факторов окружающей среды — ситуации в семье,

в кругу товарищей и обществе. Исследователи выявили две группы таких генов: гены, которые контролируют утилизацию алкоголя в организме, и гены, которые определяют нейropsychическим функции [15]. В утилизации алкоголя в организме участвуют ферменты алкоголь-дегидрогеназа и альдегид-дегидрогеназа. Первый из них кодируется группой генов Алкогольдегидрогеназы *ADH*, локализованной в 4-й хромосоме (4q21–q25), а второй — геном Алкогольдегидрогеназы *ALDH2*, локализованным в 12-й хромосоме (12q24.12). Среди генов, которые определяют нейropsychическим функции и связанные с риском алкоголизма, лучше всего изучены гены рецепторов нейротрансмиттеров — гормонов, которые принимают участие в передаче нервных импульсов между нервными клетками, — *DRD2* (11q23.2), *CHRM2* (7q33), *OPRM1* (6q24–q25), *NPY2R* (4q32.1), *NPY5R* (4q32.2) др. Определенные мутации этих генов могут спровоцировать развитие алкоголизма. Возможна ассоциация генотипа А2/А2 (ген (*DRD3*) с острым алкогольным психозом у русских мужчин и башкиров старше 35 лет [16].

Связь между геном рецептора дофамина D2 (*DRD2*) *Taq1A* (rs1800497) и расстройством, связанным с употреблением алкоголя, является устойчивой, однако являлась предметом давних противоречий. Y. Jung в исследовании трех групп населения (финская, коренная американская и афроамериканская), которые были генотипированы для 208–277 информативных однонуклеотидных полиморфизмов (SNP) по всему региону *DRD2*, показал ассоциации SNP rs1800497 в этом регионе с алкогольной зависимостью. Тем не менее, связь была обусловлена спонтанно низкими частотами аллелей в контроле в положительных исследованиях, что также объясняло некоторую гетерогенность между исследованиями [17].

Генов, которые причастны к развитию алкоголизма, много, но каждый из них в отдельности оказывает незначительное влияние. В полной мере неблагоприятная совокупность таких генов может проявиться при наличии провоцирующих факторов окружающей среды, одним из которых является неблагополучная семья. Там же, где ребенок окружен любовью и пониманием, и с воспитанием все в порядке, воздействие аномальных генов уменьшается, и их носители проявляют асоциальное поведение не чаще, чем носители нормальных генов.

Самым распространенным видом наркоманийной зависимости является вдыхание тлеющего дыма табака. К причинам популярности этой вредной привычки относятся также временная тонизирующее действие никотина, адаптация к нему организма и сила привычки. В наше время табакокурения практикует более 1,1 млрд.

человек, что составляет около трети взрослого населения мира [18]. Генетическое влияние на пристрастие к табакокурению варьирует в широких пределах, о чем свидетельствует значительная изменчивость коэффициента унаследования этой опасной привычки — 40–80%. Мужчины в большей степени склонны к развитию зависимости от курения по сравнению с женщинами. Кроме того, выявлены четкие генетические различия между яркими курильщиками и теми, кто легко избавляется от вредной страсти. В последнее время у заядлых курильщиков выявлена группа генов, локализованных в хромосоме 15 (15q24). Эти гены (CHRNA5, CHRNB4), а также ген CHRNB4, локализованный в хромосоме 20 (20q13.33), кодирующих протеины, входят в состав рецепторов нейротрансмиттера ацетилхолина. Никотин, как составляющая табачного дыма способен имитировать действие ацетилхолина, поэтому ацетилхолиновые рецепторы называются никотиновыми. Связывая молекулы никотина с рецепторами нервных клеток, эти протеины вызывают никотиновую зависимость. Кроме того, к развитию никотиновой зависимости причастны гены, кодирующие ферменты метаболизма других нейротрансмиттеров — DRD2 (11q23.2), DAT1(SLC6A3) (5p15.3), COMT (22q11.21), MAOA (Xp11.2) далее, а также ген фермента CYP2A6 (19q13.2), который принимает участие в нейтрализации ядовитых веществ. Исследования показали, что полиморфизм ADH2 имеет защитный фактор против алкоголизма, и что этот ген более распространен в некоторых этнических группах, чем в других [19].

Наиболее ответственными генами-кандидатами, для которых установлена связь с депрессивным и агрессивным поведением, являются гены транспортеров серотонина 5-НТТ, норадреналина NET, нейротропного фактора мозга BDNF, серотониновых рецепторов HTR1A, HTR2A, гены ферментов триптофан гидроксилазы TPH, катехол-О-метилтрансферазы COMT, метилентетрагидрафолатредуктазы MTHFR, гены провоспалительных медиаторов IL-6, IL-1beta, ФНО-а, СРБ, гены, участвующие в иммунном ответе PSMB4 и TBX21, редкие варианты гена NKPD1 и др. [20].

Ген COMT кодирует синтез фермент акатехол-О-метилтрансферазы, который разрушает дофамин и норадреналин. От работы энзима, в свою очередь, зависит, насколько хорошо человек адаптивен к стрессовым ситуациям. Полиморфизм rs4680 (Val158Met) часто именуют «воин». Обнаружен ряд взаимосвязей между медленно реагирующими полиморфными формами фермента COMT и болью. При полиморфном варианте AA, который отражает низкую активность гена, а следовательно, малые возможности в разрушении нейромодуляторов, наблюдается очень высокий уровень дофамина. Действие варианта GG — обратное. Поскольку COMT

разрушает важнейшие нейромедиаторы, обуславливающие эмоциональный фон, его активность, зависящая от полиморфности гена, оказывает непосредственное влияние на подавления или возбуждения эмоциональной сферы. От активности гена зависит выход или усиленное разрушение гормона удовлетворения и удовольствия — дофамина. Катализ норадреналина, ответственного за быстроту мыслительной деятельности и реакцию на стресс также обуславливает стрессоустойчивость [21]. Генотип AA отвечает за слабоактивный фермент COMT, вследствие чего его носитель проявляет неуравновешенность, склонность к паническим атакам, однако отличается выдающимися интеллектуальными способностями. Люди с генотипом AA обладают хорошо развитой мелкой моторикой, идейностью, но плохо переносят боль, склонны к потере контроля при стрессовых ситуациях, лучше думают, чем действуют, более рефлексивны, понимают и признают свои ошибки, обладают хорошей рабочей памятью и ключевыми когнитивными навыками. Генотип GG обуславливает более активную работу фермента, который быстрее катализирует дофамин в ответственной обработке информации и приятные ощущения лобной доле головного мозга. Активная мутация GG по полиморфизму rs4680 встречается у людей с «боевым складом характера». Носители полиморфизма GG демонстрируют лучшие показатели адаптации к стрессовым ситуациям, более открыты к общению, имеют отличную память. Однако, другая сторона медали обусловлена низким уровнем дофамина, вследствие чего они испытывают в меньшей степени чувство удовлетворения от занятий, более склонны к депрессии, демонстрируют более слабые нейромоторные функции. Большинство людей обладают гетерозиготным промежуточным вариантом GA гена COMT. Они способны принимать рациональные решения в стрессовых ситуациях, но это не мешает им получать от жизни удовольствие в перерывах между переживанием жизненных проблемами [22].

Ген D3-рецептора дофамина (DRD3) локализуется на длинном плече хромосомы 3 на 3q 13.3. Дофаминовый рецептор D3, кодируемый DRD3, локализован на лимбических участках мозга, которые связаны с когнитивными, эмоциональными и эндокринными функциями. В частности, в норме тиротропин-рилизинг-гормон в левых ядрах таламуса больше, у суицидентов симметрично; в норме норадренергическая активность мозга больше в правом полушарии, тогда как у суицидентов симметрично [23]. Кроме того, у суицидентов снижен уровень бета-эндорфинов в левой префронтальной коре и левом хвостом ядре, а также выше концентрация серотонина в таламических структурах чем в структурах среднего мозга. За метаболизм вышеупомянутых нейромедиаторов отвечают кроме DRD3 целые плеяды генов синтеза и генов регуляторов. Выявлено более 20

кандидатных генов, мутации которых могут провоцировать суицидальное поведение: SLC6A4 (17q11.1-q12), HTR2A (13q14-q21), MAOA (Xp11) [24].

Разными авторами были обнаружены ассоциации полиморфных вариантов TRH2 человека с клинической депрессией, биполярным аффективным расстройством, суицидом, тревожностью, стрессом, алкоголизмом [25;26]. Синдром дефицита внимания с гиперактивностью (СДВГ) является распространенным расстройством среди детского и подросткового населения. СДВГ является семейным расстройством, и генетические исследования оценивают наследственность в 80–90%. В исследовании T.W. Park с соавторами изучена связь между генетическим типом и аллелями гена TRH2 у корейских детей с СДВГ. Это исследование показало, что существует значительная корреляция между частотами rs11179027 аллелей TRH2 с симптомами СДВГ [27]. Так же Гумеровой О.В., Новокович Ю.С с соавторами был запатентован способ прогнозирования уровня тревожности, на основании генотипирования полиморфных локусов генов триптофангидроксилазы TRH1 (A218 C) и TRH2 (G 703 T). Сочетание генотипов TRH1 A/A и TRH2T/G определяет высокий уровень тревожности, а сочетание TRH1C/СиTRH2G/G-низкий уровень ситуативной тревожности. [28].

По результатам многочисленных исследований оказалось, что 50–70% случаев преступного поведения определяются генетическими факторами. Среди преступников вообще случается значительное число лиц с психопатиями и различными патологиями, одним из симптомов которых является агрессивность. Кроме того, доказано, что присущая преступникам выраженность признаков поиска новизны, экстраверсия, импульсивность, повышенная возбудимость и ослабление контроля над влечениями и побуждениями, жажда приключений, могут быть вызваны наличием C/T — «аллель 7» гена D4-рецептора дофамина (DRD4), который расположен в коротком плече 11-й хромосомы в области p15.5. Рецептор D4 присутствует в наибольших концентрациях в лимбической системе мозга, связанной с «центрами удовольствия», а также в передней коре мозга, отвечающей за функции мышления [29].

В некоторых случаях достаточно мутации одного гена, чтобы вызвать повышенную агрессивность. Ген MAOA некоторые исследователи считают связанным с отклонениями в поведении, поскольку определенные полиморфизмы гена способствуют возникновению патологической агрессии. Снижение активности гена моно-аминоксидазы А (MAOA), локализирующегося в X-хромосоме (Xp11.3) приводит к накоплению нейромедиатора (серотонина\дофамина). Влияние девиантной принадлежности сверстников было значительно

сильнее среди лиц с генотипом MAOA с высокой активностью, чем с генотипом с низкой активностью. Среди мужского пола отмечено большее количество людей с девиациями поведения, что некоторые авторы объясняют локализацией гена MAOA в X-хромосоме [30]. Полиморфизм MAOA rs909525 отвечает за повышение агрессии и риск суицидального поведения. Более высокая активность фермента снижает агрессивность и улучшает мышление, иногда способствует беспокоейству. Женщины и мужчины с T вариантом склонны к беспокоейству, а женщины с TT — аутоагрессии. Полиморфизм MAOB rs1799836 также отвечает за агрессию и злой характер. MAOA разрушает нейромедиаторы (включая серотонин, норадреналин и дофамин), которые, как известно, важны в регуляции импульсивного поведения и зависимости от вознаграждения. Мутантные аллели, унаследованные агрессивными и антисоциальными мужчинами, приводили к недостаточной продукции MAO — фермента, который в свою очередь приводит к большой концентрации нейромедиаторов в крови и неэффективности функционирования, что необходимо для правильного контроля импульсов и вознаграждения в головном мозге. [31]

Моноаминоксидазы А и В (MAOA и MAOB) являются митохондриальными внешними мембраносвязанными флавопротеинами, которые катализируют окислительное дезаминирование нейромедиаторов и биогенных аминов, их дисфункция может быть вовлечена в патогенез и влиять на клинические фенотипы нервно-психических расстройств [32]. В выборке детей мужского пола Новой Зеландии исследование функционального полиморфизма в гене MAO-A выявило, что жестокое обращение с детьми с генотипом, дающим высокий уровень экспрессии MAO-A, было менее вероятно для развития расстройств поведения в подростковом возрасте или участия в насильственных преступлениях во взрослом возрасте, чем жестокое обращение с детьми с генотипом, дающим низкий уровень экспрессии MAO-A [33]. Молекулярно-генетическое исследование Sadeh et al. (2010) обнаружили, что психопатические черты были связаны с двумя вариантами полиморфизма гена транспортера серотонина. Считается, что вариант полиморфизма гена изменяет серотониновую систему, хотя точный эффект о передаче серотонина в мозг до конца не ясен. В целом, это исследование показывает, что изменения серотонинергической функции могут создавать риск для асоциального поведения путем повышения уязвимости к экологическому стрессу [34].

Проведенный О.В. Гумеровой с коллегами анализ ассоциаций уровня интеллектуального развития человека показал тесную связь с полиморфными участками гена MAOA [35]. В результате исследования А.С. Крюч-

ковой с соавторами группы подростков и молодых людей выявлено, что среди полиморфизмов, которые определяют риск агрессивного и враждебного поведения, наибольшую роль играет низкоактивный вариант гена фермента MAOA [31]. В исследовании оппозиционно-вызывающего расстройства (поведенческое расстройство, которое в основном относится к повторяющимся моделям непослушного, вызывающего, негативистского и враждебного поведения по отношению к авторитетным фигурам), проведенном С.Н. Wang с коллегами в китайской популяции, была выявлена связь моноаминоксидазы А (MAOA) с поведенческими и психическими расстройствами. Результаты позволили предположить, что варианты генов 5-HTTLPR и MAOA-uVNTR могут способствовать восприимчивости к оппозиционно-вызывающему расстройству. Кроме того, полиморфизм гена MAOA-uVNTR может играть роль в восприимчивости к данной девиации только у детей мужского пола [36].

Дополнительные исследования с использованием генетически обоснованных данных близнецов из Национального лонгитюдного исследования здоровья подростков (Add Health) [37] показывают, что гены рецепторов дофамина (DRD2, DRD4), ген транспорта дофамина (DAT1), ген переноса серотонина (5HTT) и MAOA взаимодействуют с такими социальными условиями, как делинквентное поведение сверстников, материнская привязанность, родительская преступность, семейная вовлеченность, семейное положение, религиозность и даже характеристики соседей, предсказывающие преступность, насилие, членство в банде, нежелание, воздержание, и виктимизацию среди взрослых и юношей. Дофаминовые нейроны субстанции среднего мозга порождают дофаминовый путь, который необходим для моторного обучения и контроля. Показано, что потеря дофамина в этой системе ухудшает нейрональный выход из базальных ганглиев, дофамин влияет на ряд других функций мозга, включая вознаграждение, эмоции, когнитивные способности и память. Новое направление исследований в области генетики показывает, что некоторые люди более чувствительны к воздействию социальных вознаграждений и наказаний из-за генетических вариантов в том, как мозг обрабатывает эти факторы. В частности, лиц с генетическими вариантами, связанными с повышением дофамина (например, DRD2, DRD4) более чувствительны к воздействию награды, и, следовательно, гораздо более вероятно, будут продолжать свое социально-вознаграждаемое поведение по сравнению с лицами, которые не несут в себе эти генетические варианты. Это послужило бы усилению оперантной обусловленности для девиантного или не девиантного поведения индивида с таким генотипом, в зависимости от того, за какое поведение индивид получает социальное вознаграждение [38].

Тирозингидроксилаза (TH) является важнейшим ферментом биосинтеза катехоламинов, определяет активность нейрохимической системы и индуцируется гормонами стресса, ограничивает скорость ферментов, участвующих в синтезе катехоламинов [39]. В гене DRD2 тирозингидроксилазы (TH) имеются полиморфизмы -241A/G, -141C Ins/Del и Ser311Cys, полиморфизм Ser9Gly гена DRD3 и полиморфизмы Val81Met гена TH. В анализе японской популяции наблюдалась тенденция ассоциации между тревожностью и полиморфизмом DRD2-141C Ins/Del, а также между тревожностью и DRD2 Ser311Cys. В эпистатическом анализе наблюдалась тенденция к взаимодействию по показателям невротизма и тревожности признаков между полиморфизмами DRD2-141C Ins / Del и TH Val81Met. Однако эти различия были незначительными [40].

DiLalla L.F. & Bersted K. пришли к выводу, что дети с DRD4-7R были более склонны к негативному внешнему поведению (например, хулиганству, преступности, агрессии) в том случае, если они испытывали внешнее влияние, в то время как дети без аллеля DRD4-7R были менее склонны к негативному внешнему влиянию и девиантному поведению [41]. Эта вариация считается дифференциальной восприимчивостью, которая используется для описания того, когда люди с определенными генами «подвергаются риску» поведения, которое поощряет их окружающая среда.

В исследовании M. Vence с соавторами показано, что дофаминергические пути, которые влияют на настроение и поведение, сильно поражены при церебральной гипоксии. В экспериментах на мышах была изучена гипоксическая чувствительность ключевых дофаминергических генов, в результате чего было показано, что транскрипция постсинаптических дофаминовых рецепторов типа D3 и D4 (DRD3 и DRD4) индуцировалась в несколько раз при 2-дневной гипоксии клеточно-специфическим образом, тогда как ген фактора роста эндотелия сосудов активировался после 3-х дней инкубации при гипоксии. Уровни мРНК дофаминового рецептора типа 2, переносчика дофамина, его метаболических ферментов (моноаминоксидазы (MAO) и катехол-о-метилтрансферазы (COMT)) не изменились, в то время как факторы, регулирующие дофаминовый рецептор (DRRF) были снижены гипоксией. Примечательно, что 2-дневная гипоксия не приводила к повышению уровня DRD3 и DRD4, что позволило предположить, что медленно реагирующие чувствительные к гипоксии факторы транскрипции могут быть вовлечены в трансактивацию промоторов DRD3 и DRD4 при гипоксии [42].

Одним из видов девиантного поведения является гомосексуализм — половое влечение к людям своего

пола. Значительное влияние на формирование гомосексуального поведения имеют факторы окружающей среды, особенно у женщин, о чем свидетельствует средний коэффициент унаследования девиантного сексуальности (51% мужчин и 26% для женщин) [43]. Генов сексуальной ориентации у человека пока не обнаружено. Общегеномные секвенирования последних лет показали связь мужской гомосексуальности с локусами в хромосоме 7 (7q36), 8 (8p12), 10 (10q26) и X (Xq28) при условии, если 10-я хромосома, как и X, полученная от матери. Таким образом, оказалось, что, четко наследуется хотя бы один тип мужской гомосексуальности [44].

Заключение

Подавляющая часть случаев девиантного поведения определяется наследственной предрасположенностью, при которой в развитии расстройства принимают участие мутантные вариации генома. Кроме того, необходимо учитывать сложное взаимодействие между генами и окружающей средой. Генетические влияния при этом могут обостряться в результате определенных пережи-

ваний или воздействия определенных обстоятельств. Точно так же индивидуумы с разными генотипами могут по-разному реагировать на то же самое воздействие окружающей среды. Существует связь между функцией головного мозга и девиантным поведением. В частности, рассматривается связь между гипоксией и ее влиянием на структуры головного мозга, отвечающие за поведенческие реакции. Вследствие гипоксии возможны нарушения высшей нервной деятельности, которые проявляются снижением способности адекватно оценивать происходящие события, ощущениями боли и дискомфорта, тяжести в голове, нарушением координацией движений, затруднением логического мышления тяжелых случаях и другими проявлениями. При гипоксии механизмы нейротрансмиссии могут корректироваться и приводить к устойчивым изменениям, которые отражаются на нервных и эмоциональных реакциях и поведении индивидуума. Однако, такие механизмы исследованию поддаются с трудом, поскольку нуждаются в экспериментальных доказательствах. В связи с этим перспективным представляется изучение предрасположенности к формированию девиантного поведения по полиморфным вариантам ряда генов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hanimoğlu E Deviant Behavior in School Setting. *Journal of Education and Training Studies*. 2018;6(10).133–141.
2. Куприянова В.М. Девиантное поведение у подростков. Профилактические мероприятия в медицине. *Международный студенческий научный вестник*. 2018;(5): URL: <http://eduherald.ru/ru/article/view?id=19180> (дата обращения: 06.09.2020).
3. Duncan J.R. Current perspectives on the neurobiology of drug addiction: A focus on genetics and factors regulating gene expression. *ISRN Neurology*. 2012. 972607. 10.5402/2012/972607.
4. Ветош А.Н. Взаимодействие кислородчувствительных механизмов в клетке. *Ульяновский медико-биологический журнал*. 2019;(3):52–62.
5. Safronova O. Nobel PRIZE WINNERS in physiology or medicine-W. Kaelin, sir P. Ratcliffe, G.L. Semenza. 2019.12.
6. Аллилуев И.А. Транскрипционный фактор hif-1: механизмы регуляции при гипоксии и нормоксии. *Известия высших учебных заведений. Северокавказский регион. Естественные науки*. 2014;(5):56–58.
7. Pithadia A.B., Jain S.M. 5-Hydroxytryptamine Receptor Subtypes and their Modulators with Therapeutic Potentials. *J Clin Med Res*. 2009;1(2):72–80.
8. Ковш Е.М. Обзор современных исследований психогенетических факторов агрессивного поведения. *Российский психологический журнал*. 2014;11(4):91–101.
9. Vetulani J. Neurochemia impulsywności i agresji [Neurochemistry of impulsiveness and aggression]. *Psychiatria Polska*. 2013;47(1):103–115.
10. Шустикова М.В. Генетические и средовые детерминанты агрессивного поведения. *Вестник Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина. Серия: Биология*. 2005; 1–2(709):111–115.
11. Nordquist N., Orelund L. Serotonin, genetic variability, behaviour, and psychiatric disorders a review. *Ups J Med Sci*. 2010;115(1):2–10.
12. Черепкова Е.В. Исследование полиморфизмов ряда генов нейромедиаторной системы головного мозга и опиоидной рецепции у наркотизирующих. *Экспериментальные и клинические исследования. Бюллетень сибирской медицины*. 2009;3(2):49–54.
13. Gingrich J.A. & Caron M.G. Recent advances in the molecular biology of dopamine receptors. *Annual review of neuroscience* 1993. 16(1) 299–321.
14. Cubells J.F. Kranzler H.R. McCance-Katz E. et al. A haplotype at the DBH locus associated with low plasma dopamine p-hydroxylase activity also associates with cocaine-induced paranoia. *Mol. Psychiatry*. 2000;(5):56–63.
15. Samochowiec J., Samochowiec A., Puls I., Bienkowski P., & Schott BH Genetics of Alcohol Dependence: A Review of Clinical Studies. *Neuropsychobiology*, 2014;(70):77–94.
16. Горбунова Е.В. Исследование ассоциаций ряда генов-кандидатов с острым алкогольным психозом: Автореф. дис. ... канд. мед-биол. наук. Уфа. 2002.21.
17. Jung Y., Montel R.A., Shen P.H., Mash D.C., Goldman D. Assessment of the Association of D2 Dopamine Receptor Gene and Reported Allele Frequencies With Alcohol Use Disorders: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Netw Open*. 2019;2(11):1914940.
18. Prevalence of tobacco smoking (2019) World Health Organization Retrieved from <https://www.who.int/gho/tobacco/use/en/>

19. Erzurumluoglu A.M., Liu M., Jackson V.E., et al. Meta-analysis of up to 622,409 individuals identifies 40 novel smoking behaviour associated genetic loci [published online ahead of print, 2019 Jan 7]. *Mol Psychiatry*. 2019;10–18.
20. Платонкина Т.В. Генетические исследования депрессивных расстройств: обзор литературы *Бюллетень физиологии и патологии дыхания* 2018;(68):96–106.
21. Soldatkin V.A. The MAOA and COMT gene polymorphisms in patients with schizophrenia committed homicide. *International Journal Of Biomedicine* 2014;4(4):213–217.
22. Булейко А.А. Память внимание мышление больных шизофренией: связь с полом алкоголизацией и полиморфизмом гена катехол-орто-метилтрансферазы. *Медицинский вестник Юга России* 2017;8(3):23–32.
23. Lu Da, Lu Ting-Ren, Che J. Genetics in Suicide Treatments, Modern Diagnosis Establishments. *Journal of Mental Disorders & Treatment*. 2016;(3)145:85–95
24. Соколов П., Гирс Б., Мартр М-П. Молекулярное клонирование и характеристика нового дофаминового рецептора (D-3) в качестве мишени для нейрореплетиков *Nature* 1990;(347):146–151.
25. Zill P. Single nucleotide polymorphism and haplotype analysis of a novel tryptophan hydroxylase isoform (TPH2) gene in suicide victims *Biol Psychiatry* 2004;56(8):581586
26. Harvey M. Polymorphisms in the neuronal isoform of tryptophan hydroxylase 2 are associated with bipolar disorder in French Canadian pedigrees *Psychiatr Genet* 2007;17(1):17–22.
27. Park T.W. Park Y.H. Kwon H.J. et al. Association between TPH2 gene polymorphisms and attention deficit hyperactivity disorder in Korean children. *Genetic testing and molecular biomarkers* 17 4 (2013): 301–6
28. Гумерова О.В., Горбунова В.Ю., Давыдова Ю.Д., Хафизова Л.М., Новокович Ю.С. Способ прогнозирования уровня тревожности. Патент на изобретение № RU2694230 C1 от 10.07.2019.
29. Ding Y.C., Chi H.C., Grady D.L., Morishima A. Evidence of positive selection acting at the human dopamine receptor D4 gene locus. *Proc Natl Acad Sci USA* 2002;(99):309–314.
30. Naoi M., Riederer P., Maruyama W. Modulation of monoamine oxidase (MAO) expression in neuropsychiatric disorders: genetic and environmental factors involved in type A MAO expression. *Journal of Neural Transmission*. 2016;(123):91–106.
31. Крючкова А.С., Ермаков П.Н., Абакумова И.В. Анализ ассоциаций полиморфизма гена MAOA с агрессивными и враждебными стратегиями в поведении у подростков и молодых людей. *Российский психологический журнал* 2016;13(1):115–124.
32. Fergusson D.M., Boden J.M., Horwood L.J., Miller A.L., Kennedy M.A. MAOA, abuse exposure and antisocial behaviour: 30-year longitudinal study. *Br J Psychiatry*. 2011;198(6):457–463.
33. Zhao B., Cao Y., Zhang L. and Zhang W Parenting Practices and Adolescent Effortful Control: MAOA T941G Gene Polymorphism as a Moderator. *Front. Psychol*. 2020;(11):60–62.
34. Sadeh N., Javdani S., Jackson J.J., Reynolds E.K. et al. Serotonin transporter gene associations with psychopathic traits in youth vary as a function of socioeconomic resources *Journal of Abnormal Psychology*. 2010;(119):604–609.
35. Гумерова О.В., Столбова О.В., Зарипова Т.Ю. Молекулярно-генетический анализ ассоциаций полиморфных маркеров генов нейромедиаторных систем с уровнем интеллектуального развития человека. *Вестник Башкирского университета* 2007;(1):39–42.
36. Wang C.H., Ning Q.F., Liu C Associations of serotonin transporter gene promoter polymorphisms and monoamine oxidase a gene polymorphisms with oppositional defiant disorder in a Chinese Han population. *Behavioral and Brain Functions* 2018;(14):5–8.
37. Udry J.R. The National Longitudinal Study of Adolescent Health (Add Health) Waves I and II 1994–1996; Wave III 2001–2002 [machine-readable data file and documentation] Chapel Hill NC: Carolina Population Center. 2006; 9 (6): 988–97.
38. Hahn T., Heinzl S., Dresler T., Plichta M.M. Association between reward-related activation in the ventral striatum and trait reward sensitivity is moderated by dopamine transporter genotype *Human Brain Mapping*. 2011;(32):1557–1565.
39. Persson M.L., Wasserman D., Jonsson E.G., Bergman H. Search for the influence of the tyrosine hydroxylase (TH) repeat polymorphism on personality traits. *Psychiatr Res*. 2000;(95): 1–8.
40. Ishiguro H., Arinami T., Saito T., Akazawa S Systematic search for variations in the tyrosine hydroxylase gene and their associations with schizophrenia, affective disorders, and alcoholism. *Am J Med Genet*. 1998;(81): 388–396.
41. DiLalla, Lisabeth F. and Bersted K. Biosocial foundations of externalizing behaviors, in *The Routledge International Handbook of Biosocial Criminology* ed. Matt DeLisi and Michael G. Vaughn (Abingdon: Routledge, 23 дек 2014), Routledge Handbooks Online.
42. Bence M., Kereszturi E., Mózes V. Hypoxia-induced transcription of dopamine D3 and D4 receptors in human neuroblastoma and astrocytoma cells. *BMC Neuroscience*. 2009;10(1):92–95.
43. Bailey J.M., Dunne M.P., Martin N.G. Genetic and environmental influences on sexual orientation and its correlates in an Australian twin sample. *J Pers Soc Psychol*. 2000;78(3):524–536.
44. Ngun T.C., Vilain E. The biological basis of human sexual orientation: is there a role for epigenetics? *Adv Genet*. 2014;(86):167–184.

© Горбунова Валентина Юрьевна (valentina2075034@mail.ru), Новокович Юлия Сергеевна (vorobeva.e.v@bspu.ru),

Воробьева Елена Владимировна.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ АНАЛОГОВ С ЦЕЛЬЮ САМОВОССТАНОВЛЕНИЯ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ

MODERN ASPECTS OF NATURAL ANALOGUES USING WITH THE AIM OF SELF-RESTORATION OF THE COASTAL ZONE

N. Doroshenko

D. Belov

O. Tarasenko

Summary. The article describes the use of shore protection structures to control the configuration of the coastline, namely the restoration of the coastal zone, through the inclusion of natural processes. The most common method of restoration of the coastal zone is the construction of reinforced concrete protective structures and structures that eventually require expensive repairs and dismantling, as well as an embankment of beach — forming material-gravel and sand to create a full-profile beach, with constant additions during operation. These methods of restoration of the coastal zone are very expensive, in addition to economic shortcomings, the creation of a full-profile beach for the areas of Krasnaya Gorka and the village of Lebyazhye is impossible due to the lack of sufficient material in previously explored reserves and quarries. The designs offered for inclusion of natural processes of self-recovery of the coastal zone, self-destructive, i.e. not requiring further repair, dismantling. The proposed method, the creation of an incomplete profile of the beach, by stabilizing the processes in the coastal zone due to the device of self-destructing coastal protection structures, including natural processes of self-healing coastal zone, is the most cost-effective and physically accessible option for such areas of the coast as the Red hill and the village of Lebyazhye in view of natural conditions, such as sea level rise, as the prevalence in recent years, winds specific directions.

Keywords: self-rehabilitation of the coastal zone, protective structures, coastal zone, reshaping of the coastal zone.

Дорошенко Надежда Ивановна

Аспирант, ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала

С.О. Макарова»; Руководитель отдела,

ООО «Санкт-Петербург Экология»

132620@mail.ru

Белов Даниил Михайлович

Д.г.н., профессор, заслуженный эколог РФ, ФГБОУ ВО

«ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»

Тарасенко Ольга Александровна

К.г.н., независимый исследователь

olt_prts@inbox.ru

Аннотация. Статья описывает использование берегозащитных конструкций для управления конфигурацией береговой линии, а именно восстановления береговой зоны, посредством включения природных процессов. Наиболее распространенным методом восстановления береговой зоны является сооружение железобетонных защитных конструкций и сооружений, которые со временем требуют дорогостоящего ремонта и демонтажа, а также насыпь пляжеобразующего материала — щебень и песок для создания полнопрофильного пляжа, с постоянными пополнениями в процессе эксплуатации. Данные методы восстановления береговой зоны весьма дорогостоящие, помимо экономических недостатков, создание полнопрофильного пляжа для районов Красной горки и поселка Лебяжье невозможно в виду отсутствия достаточного количества материала в ранее разведанных запасах и карьерах. Конструкции, предлагаемые для включения природных процессов самовосстановления береговой зоны, саморазрушающиеся, т.е. не требующие в дальнейшем ремонта, демонтажа. Предложенный метод, создания пляжа неполного профиля, посредством стабилизации процессов в береговой зоне за счет устройства саморазрушающихся берегозащитных сооружений, включающих природные процессы самовосстановления береговой зоны, является наиболее экономически выгодным и физически доступным вариантом для таких участков берега как Красная горка и поселок Лебяжье в виду природных условий, таких как повышение уровня моря, а также преобладание в последние годы ветров конкретных направлений.

Ключевые слова: самовосстановление береговой зоны, защитные конструкции, береговая зона, переформирование береговой зоны.

Введение

С размывом берега в пос. Лебяжье и вдоль автодороги столкнулись после прохождения серии катастрофических штормов 1983–1986 годов. Это совпало со временем начала строительства Комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений

(КЗС) и разработкой песчаных отложений Лондонской отмели для нужд строительства. Тогда была разрушена авандюна, обнаружили деформации фундаментов крайних домов в Лоцманском поселке. В пос. Большая Ижора был «смыт» роскошный пляж [1]. Данная проблема актуальна и сейчас. В крайне сложном состоянии находится участок побережья в районе пос. Лебяжье. [2].

Стандартные причины, по которым происходят изменения в береговой зоне: техногенное вмешательство, изменение условий «питания» — поступления наносов в береговую зону, усиление штормовой активности.

В последние годы, в связи с перестройкой климата, наблюдался затяжной период преобладания ветров З-СЗ-С румбов редкой обеспеченности.

Исследуемый участок береговой зоны можно определить как отмель. Такой тип берега со средними уклонами подводной отмели 1:200 характеризуется тем, что штормовые волны обрушаются и трансформируются в прибойный поток за несколько сот метров от уреза,

Неоднородность гидродинамического режима акватории, примыкающей к берегу в районе Красной горки и Лоцманского поселка, вызвана не только сложной экспозицией берега, но и конфигурацией подводного склона на данном участке.

В районе Красной горки пятиметровая изобата расположена на расстоянии 1200–1300 м от берега. Так, во время сильных штормов, расчетная линия первого обрушения проходит по глубинам около 4,0 м, ширина прибойной зоны — около 700 м. Преобладающие глубины на акватории не превышают 0,6–0,8 м.

Данный участок береговой зоны подвержен разрушающему воздействию волнения, вызванного ветрами СЗ, С (отклонение от нормали к берегу составляет 60° и 15° соответственно), СВ и В направлений. Конфигурация подводного склона такова, что за счет рефракции изменяется направление распространения волн и происходит фактически фронтальный подход волн к берегу.

В аварийном состоянии находится участок протяженностью около 300 м. Локальные меры по берегозащите, принимаемые собственниками строений, расположенных практически на бровке берегового уступа, достигающего по высоте 20 м и более, не решают системной проблемы, вызывающей разрушение основания берегового откоса, оползневые процессы, обрушение откоса.

Восточнее этого участка, в Лоцманском поселке, аварийному размыву подвержен участок берега, протяженностью около 750 м.

Преобладающие глубины на прилегающей акватории не превышают 0,4–0,8 м.

Данный участок береговой зоны также подвержен разрушающему воздействию волнения, вызванного ве-

трами СЗ, С (отклонение от нормали к берегу составляет 65° и 20° соответственно), СВ и В румбов.

Конфигурация подводного склона на данном участке такова, что пятиметровая изобата расположена на значительном удалении от берега, на расстоянии 1700–2000 м. Расчетная линия первого обрушения проходит по глубинам около 4,0 м, ширина прибойной зоны — около 1100–1200 м.

Усиление штормовой активности ветров западных румбов в последние годы привело к преобладанию волноэнергетических течений, направленных с запада на восток.

Выше отмечалось, что расчетная линия первого обрушения проходит по глубинам около 4,0 м, на значительном удалении от берега, и внешняя граница прибойной зоны расположена на расстоянии до 1100–1200 м от уреза. При таких значительных расстояниях, возможно развитие вторичных, так называемых, местных разгонов.

При расчетном подъеме уровня до +1,76 м глубины на подходе к берегу составят 2,10–2,60 м, и если учесть, что расчетная глубина последнего обрушения составляет для наиболее опасных СЗ направлений $\sim 1,75$ м, последнее обрушение происходит непосредственно по урезу.

Такая ситуация складывается при прохождении штормового фронта, вызывающего наводнения. И береговая зона, которая по всем признакам характеризуется как отмельный песчаный берег, в данном случае подвержена гидродинамическому воздействию по типу приглубых песчаных берегов.

В данном случае, практически отсутствует прибойная зона, и волны, вплотную подходя к берегу, обрушаются в виде мощного, энергонасыщенного волноприбойного потока. Действие волноприбойного потока ограничивается узкой полосой прибрежной зоны, расположенной около уреза, и интенсивное перемещение наносов происходит практически в приурезовой зоне.

Перенос массы воды происходит за счет энергии разрушающихся волн и осуществляется преимущественно вдоль берега при косом подходе волн З, СЗ СВ, В румбов или в сторону открытой акватории в виде сосредоточенных и распластаных струй при подходе по нормали к берегу волн северного направления.

Компенсационное поступление наносов, т.е. возврат пляжеобразующего материала с подводных банок в районе Лондонской отмели, не происходит, т.к. было

отмечено, что наблюдается затяжной период преобладания ветров З-СЗ-С румбов.

Все это привело к тому, что волногасящая способность пляжа потеряна полностью. Сравнение данных натуральных наблюдений 1990–1991 г.г. и современных показало, что полностью размыт береговой вал, общее отступление берега почти на 25–30 м [3].

Методы и материалы

В своих трудах многие авторы, учитывая морфодинамические особенности исследованных участков береговой зоны, в последние годы пришли к выводу, что применение одного типа берегозащиты не достаточно. Требуется комплексное применение и системы бун в сочетании с устройством прерывистых волноломов, подсыпки для подпитки на локальных участках берега, и устройство искусственных пляжей как самостоятельных берегозащитных сооружений. [4–9].

Существующие нормы на проектирование берегозащитных сооружений не допускают возможность разрушения берегозащитного сооружения в процессе его эксплуатации, которая закладывается как основная позиция в расчет профиля сооружения или его конструкции. Исключением являются искусственные песчаные пляжи, которые рассматриваются как деформируемые волногасящие сооружения, изменяющие в пространстве и во времени свое сечение / п. 9.1.1/.

Срок службы искусственных свободных песчаных пляжей определяется в соответствии с СП 58.13330.2012, в течение проектного срока службы предусматривается периодическое пополнение объема пляжеобразующего материала. Также нормами проектирования допускается деформация волногасящей бермы в процессе эксплуатации.

Защита берега с помощью волногасящих сооружений в виде каменной наброски допускается только в том случае, когда искусственное образование полнопрофильного пляжа либо технически невозможно, либо экономически нецелесообразно.

Приведенными нормами проектирования регламентируется понятие «профиля относительного динамического равновесия», на основании расчета которого определяется удельный объем отсыпки пляжеобразующего материала на 1 пог.м берега.

Однако создание полного профиля динамического равновесия на достаточном протяжении береговой линии, как например, район Красной горки, подверженный обрушению коренного берегового откоса, или

район Лоцманского поселка, потребуют колоссальных объемов песка для намыва искусственного песчаного пляжа прислоненного типа, способного выполнять роль эффективного волногасящего сооружения.

В Восточной части Финского залива нет таких объемов материала для намыва.

Строительство сооружений Комплекса защиты Санкт-Петербурга от наводнения, создание искусственных территорий «Морского Фасада», причального комплекса на искусственных территориях в Усть-Луге и Бронке существенно опустошили разведанные запасы в подводных карьерах.

Сейчас при решении проблемы защиты берегов стоит задача внедрить такие конструктивные решения, которые обеспечат комплексное решение проблемы защиты берега Финского залива от дальнейшего разрушения, стабилизируют процессы.

Концепция управления природными процессами с целью стабилизировать процессы, происходящие на этом изучаемом участке берега, заключается в том, чтобы не допустить в дальнейшем таких колоссальных разрушений берегового откоса, отступления берега, потери пляжа.

Концепция основана на внедрении конструкций, которые в процессе эксплуатации будут трансформироваться, разрушаться, за счет чего произойдет активное включение естественных процессов саморегулирования в морфодинамической системе.

Три ряда пирамид из сортированного щебня выполняют роль волногасящего барьера (рис. 1). При бытовом волнении — это сооружение является наносодерживающим. Происходит принудительная разгрузка потока наносов, отложение наносов в волновой «тени» этого сооружения, и система пирамид способствует накоплению наносов в зоне пляжа.

При экстремальной штормовой ситуации, подъеме уровня воды в заливе до расчетных значений +1,76 м, данная конструкция работает как затопленный волнолом с волногасящей камерой.

Отличительной особенностью предложенного метода является заранее предусмотренное возможное разрушение этой конструкции из системы пирамид, расположенных в шахматном порядке в три ряда. Произойдет расползание, выколаживание пирамид, а затем, формирование трех подводных валов. Под воздействием волн щебень будет истираться, измельчаться и распределится по подводному откосу.

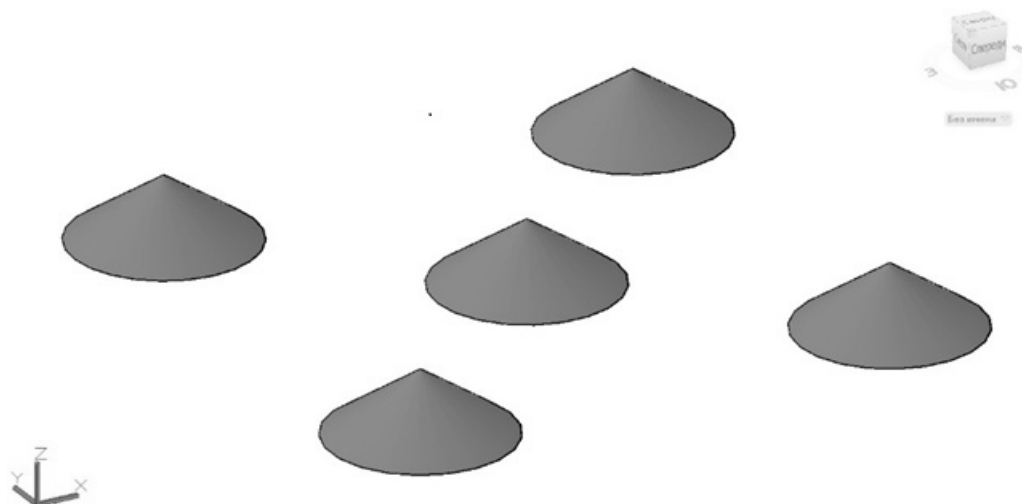


Рис. 1. Общий вид конструкции



Рис. 2. Устройство берегозащитной конструкции для района Лоцманского поселка.

Устройство искусственного подводного барьера из волногасящих пирамид должно производиться со льда, в зимний период, когда толщина льда позволяет выезжать технике на лед. В таком случае удобно контролировать плановую и высотную геометрию сооружения.

Результаты

Грамотное управление природными процессами дает возможность сократить затраты на восстановительные мероприятия и предотвратить катастрофические разрушения берега, своевременно вносить коррективы в технические решения на локальных участках.

В районе Красной горки такая конструкция позволит принудительно изменить экспозицию береговой линии, которая искусственно сформировалась по бухтовому типу после блокировки потока наносов глухим пирсом рыбоприемного пункта.

В Лоцманском поселке волногасящий барьер необходимо выполнить на удалении около 30 м от существующей линии берега, т.е. по линии уреза по состоянию на начало 80-х годов прошлого века (до начала строительства дамб КЗС, разработки песка на Лондонской отмели) (рис. 2). В качестве берегозащитного и берегоукрепительного сооружения рассматривается песчаный пляж существующего профиля, в основании которого сооружается это продольное волногасящее и наносодерживающее сооружение прерывистого типа.

Подпитку непосредственно самого пляжа можно выполнить отсыпкой песка с берега, без формирования откосов определенного заложения, в виде концентрированных отвалов на берегу, либо осуществлять переброс песка из входящего угла причальных сооружений, так называемый «байпасинг», создание концентрированных отвалов на подводном откосе в зоне действия прибойного потока при бытовой штормовой ситуации, т.е. на расстоянии менее 300 м от существующей линии берега.

Комплекс мероприятий в Лоцманском поселке позволит защитить дома, за годы существования, оказавшиеся слишком близко к воде, при значительно меньших затратах на берегозащитные сооружения в сравнении и железобетонными конструкциями и созданием песчаного пляжа полного профиля.

Обсуждение

Чаще всего для защиты от возможного разрушения береговой зоны используют берегозащитные сооружения, а также намыв пляжеобразующего материала. Опыт «работы» волноотбойных стен, защитных дамб, каменно-набросных берм или подводных волноломов, бетонных бун, показал, что после определенного периода эксплуатации, либо после прохождения экстремальных штормов, требуются большие затраты для их ремонта или демонтажа.

В Кнокке-Хейсте для восстановления пляжа было намито 8,4 млн. м³ песка на участке протяженностью 22 км. [10], для защиты польского побережья Балтийского моря, был укреплен участок береговой зоны, протяженностью 8165 м буновыми заграждениями и волноломами. [11], а на береговой зоне района North Norfolk (Великобритания) было размещено 1,5 млн. м³ песка для защиты участка в 68 км., все эти мероприятия несут за собой существенные затраты.

Помимо колоссальных затрат на восстановление, искусственное образование полнопрофильного пляжа для района Красной горки или Лоцманского поселка, работы потребуют использование больших объемов песка для намыва искусственного песчаного пляжа прислоненного типа, способного выполнять роль эффективного волногасящего сооружения, которых в восточной части Финского залива нет.

Предлагаемый метод исключает проблему дальнейшего ремонта или демонтажа сооружений, так как дан-

ное сооружение изначально заложено как саморазрушающееся в процессе эксплуатации, а также проблему финансирования и наличия необходимого количества песка для намыва полнопрофильного пляжа, так как концепция основана на принудительной разгрузке имеющегося вдольберегового потока наносов.

Заключение

Определяющими факторами при выборе методов берегозащиты являются, экономические.

В мировой практике берегозащиты много примеров, когда, стремясь устранить последствия деятельности человека, возводили новые гидротехнические сооружения (берегоукрепительные и волногасящие стены, декоративные подпорные стены для образования территории, оградительные молы для защиты пляжей), что приводило к дополнительному негативному воздействию, абразии и истощению пляжей.

Грамотное управление природными процессами дает возможность сократить затраты на восстановительные мероприятия и предотвратить катастрофические разрушения берега, и, что особенно важно, своевременно вносить коррективы в технические решения на локальных участках.

Предложенная схема защиты берега, основанная на природных аналогах, принципах действия природных процессов самовосстановления, позволит естественным путем восстановить аварийные участки берега за счет перераспределения пляжеобразующего материала.

Внедрение такого метода берегозащиты дает возможность комплексно решить проблему, остановить дальнейшее разрушение берегов на аварийных участках, и (по примеру пляжа в Нарва-Йыэсуу, Эстония [12]) стабилизировать процессы на смежных участках береговой зоны в течение первых пяти лет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белов Д.М. Проблемы морфодинамики и рационального использования береговой зоны. Диссертация доктора географических наук.: Санкт-Петербург, 1995 г., 287 с
2. Белов Д.М., Дорошенко Н.И. Основы методики управления морфодинамикой береговой зоны //Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. — 2015. — № . 6 (34).
3. Спиридонов М.А., Рябчук Д.В., Орвику К.К., Сухачева Л.Л., Нестерова Е.Н., Жамойда В.А. Изменение береговой зоны восточной части Финского залива под воздействием природных и антропогенных факторов // Региональная геология и металлогения. 2010. № 41. С. 107–118.
4. Афанасьев В.В. Проблемы берегопользования дальневосточных морей (на примере о. Сахалин и сопредельных территорий) //Вестник науки и образования. — 2016. — № . 6. — С. 125–132.
5. Шуйский Ю.Д. Об эффективности защиты от разрушения Одесского берега Черного моря. — 2017.
6. Басс О.В. Современная концепция берегозащиты и проблемы гидротехнического строительства на морских берегах Калининградской области //Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки. — 2015. — № . 1.

7. Ткачев А.А., Бегахмедов З.А., Аржанова А.И. Особенности использования габионных конструкций при проведении берегоукрепительных работ в водохранилищах // Внедрение результатов инновационных разработок: проблемы и перспективы. — 2018. — С. 44–49.
8. Kantardgi I.G., Kuznetsov K.I. Field measurement of waves for defining loads on marine hydraulic structures // Inzenerno-Stroitel'nyj Zhurnal. — 2014. — № 4. — С. 49.
9. Иваненко Т.А., Ветрова Н.М. Технические решения берегозащитных сооружений для улучшения экологического состояния прибрежных рекреационных зон // Строительство и техногенная безопасность. — 2014. — № 49. — С. 108–116.
10. Roovers P.P., Kerchaert P. Etc. Beach protection as a part of the harbor extension at Zeebrugge, Belgium // 25 th Int. Navigation Congress. Edinburg. 1981. Sec.11. Sub. 5. P. 755–769
11. Pruszek Z. Polish coast — two cases of human impact // Baltica. 2004. V. 17. № 1. S. 34–40.
12. Тарасенко О.А. Природоохранные аспекты использования береговых зон в рекреационных целях (Нарвский залив Балтийского моря): автореферат дис. кандидата географических наук, Ленинград, 1994. — 16 с.

© Дорошенко Надежда Ивановна (132620@mail.ru),

Белов Даниил Михайлович, Тарасенко Ольга Александровна (olt_prts@inbox.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ КАК ЗНАЧИМЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ В СЭМ НА ПОДЗЕМНОМ РЕЛЬСОВОМ ТРАНСПОРТЕ

Дюков Пётр Дмитриевич

Российский университет транспорта (РУТ(МИИТ))
dyukov.peter@yandex.ru

ELECTROMAGNETIC RADIATION AS A SIGNIFICANT ENVIRONMENTAL ASPECT IN EMS ON UNDERGROUND RAIL TRANSPORT

P. Dyukov

Summary. This article discusses the effect of electromagnetic fields created by power plants, electrical equipment, which is equipped with underground rail transport. The influence of the anthropogenic electromagnetic field on the environment is considered. The assessment of EMR as a significant environmental aspect is made.

Keywords: ecological engineering, rail transport, conservation of nature, management systems, organization hierarchy, ecological aspects, identification technique.

Аннотация. В данной статье рассмотрено действие электромагнитных полей, создаваемых силовыми установками, электротехническими средствами, которыми оснащён подземный рельсовый транспорт. Рассмотрено влияние антропогенного электромагнитного поля на окружающую среду. Сделана оценка ЭМИ как значимого экологического аспекта.

Ключевые слова: электромагнитное излучение (ЭМИ); Система экологического менеджмента (СЭМ); стандарты серии ISO 14000, значимый экологический аспект.

Целью настоящей статьи является определение электромагнитного излучения как значимого экологического аспекта в системах электропитания подземного рельсового транспорта.

Для начала следует отметить, что к подземному рельсовому транспорту относятся такие виды, как метрополитен, подземный скоростной трамвай, подземный фуникулёр, подземная железная дорога в шахтах.

Рельсовые транспортные средства (РТС) предназначены для передвижения по специальным дорогам с особыми направляющими, с которыми образуют особую транспортную систему — железную дорогу

В разных странах исполнение и параметры метрополитенов могут варьироваться (например, бывают почти полностью наземные системы), но отличительными чертами метрополитена являются: использова-

ние электрической тяги, высокая интенсивность и скорость движения поездов и большой пассажиропоток.

В данной статье рассматривается ЭМИ метрополитена, которое отмечается как самая большая величина электромагнитных воздействий на рельсовом транспорте. При отправлении состава величина электромагнитного поля на платформе составляет 50–100 мкТл и более. В самом вагоне при этом отмечается величина магнитной индукции до 150–200 мкТл, т.е. в 10 раз больше, чем в электричке.

Поставленная перед любым метрополитеном мира цель в области охраны окружающей среды и природопользования — повышение уровня экологической безопасности действующих и создаваемых объектов, выражающееся в минимизации негативного воздействия на окружающую среду и обеспечивающее сохранение благоприятной окружающей среды для нынешнего

и будущих поколений, достигается за счёт планомерного выполнения утверждённой Программы мероприятий, обеспечивающих реализацию положения Экологической политики.

Экологические аспекты хозяйственной деятельности компании требуют принятия экологически ориентированных управленческих решений путем выявления возможных экологических рисков, оценки экологических и экономических последствий экологических рисков, учета общественного мнения, разработки мер по снижению и предотвращению экологических рисков.

Выявление и оценка значимых экологических аспектов, особенно на этапе планирования СЭМ (Система экологического менеджмента), является наиболее фундаментальной частью российского стандарта ГОСТ Р ИСО 14001–2016. Правильное понимание экологических аспектов и их воздействия на окружающую среду является ключом к успеху внедрения стандарта.

Важно отличать экологический аспект от его воздействия.

Согласно, определениям стандарта ГОСТ Р ИСО 14001:2016 можно сделать вывод о том, что изменения в окружающей среде вызываются экологическими аспектами.

«Экологический аспект (environmental aspect): Элемент деятельности организации, её продукции или услуг, который может взаимодействовать с окружающей средой»;

«Окружающая среда (environment): Окружение, в котором функционирует организация, включая воздух, воду, землю, природные ресурсы, флору, фауну, людей и их взаимоотношения»;

«Воздействие на окружающую среду (environmental impact): Любое изменение в окружающей среде отрицательного или положительного характера, полностью или частично являющееся результатом экологических аспектов организации» [1].

Понимание воздействия организации на окружающую среду необходимо для выявления экологических аспектов и определения их значимости. В этой области существует множество подходов, поскольку данный стандарт не содержит ни методов идентификации, ни метода выделения из общего числа значимых аспектов. Для некоторых организаций уже имеющаяся информация о типах воздействий на окружающую среду, связанных с экологическими аспектами, может быть адекватной.

Другие организации могут использовать причинно-следственные диаграммы или блок-схемы для иллюстрации входов и выходов, балансов массы / энергии или использовать другие методы, такие как оценки воздействия на окружающую среду или оценки жизненного цикла.

В соответствии со стандартом, масштаб мер по управлению тем или иным экологическим аспектом должен быть пропорционален характеру риска, который связан с ним. Главное с точки зрения создания эффективной СЭМ, все делать правильно с самого начала. Дотошная и аккуратная идентификация экологических аспектов не только экономит время, но и позволит получить огромные преимущества и выгоды.

При составлении реестра необходимо помнить, что с одним и тем же аспектом может быть связано несколько различных видов воздействия, а экологические аспекты различных процессов могут быть одинаковыми по характеру (и отличаться по масштабам, вероятности возникновения и т.п.).

Перечень экологических аспектов должен быть оформлен документально, т.е. является записью СЭМ. В зависимости от групп экологических аспектов в организации может быть разработано несколько реестров: экологических аспектов по выбросам в атмосферу, по сбросам ливневых стоков, по сбросам производственных и бытовых отходов и пр.

Реестр экологических аспектов может меняться не только с изменением деятельности организации и экологического законодательства, но и с изменением знаний об окружающей среде, состоянии окружающей среды, национальных приоритетов или приоритетов региона.

Примерами негативных воздействий являются загрязнение воздуха и истощение природных ресурсов.

Примерами положительных воздействий являются улучшение качества воды или почвы.

Взаимосвязь между экологическими аспектами и связанными с ними воздействиями носит причинно-следственный характер. Организации следует знать и понимать те аспекты, которые оказывают или могут оказать значимое воздействие на окружающую среду, т.е. значимые экологические аспекты.

Критерии и методы определения значимых экологических аспектов

Значимость является относительным понятием, её невозможно определить в абсолютных величинах.

То, что важно для одной организации, может быть не существенным для другой. Оценка значимости требует применения как технического анализа, так и определения отношения организации к конкретному факту. Использование критериев должно помочь организации определить, какие экологические аспекты и связанные с ними воздействия следует считать значимыми.

При использовании критериев значимости организация может установить уровни (или значения) значимости, связанные с каждым из критериев, например, беря за основу сочетание реализуемости (вероятности/частоты) происходящего события и его последствия (серьёзность/интенсивность). Некоторые виды количественных оценок или ранжирования могут быть использованы при определении значимости, например, числовые или качественные оценки уровня риска, такие как высокий, средний, низкий или пренебрежимо малый.

Так как организация может иметь множество экологических аспектов и связанных с ними воздействий, то следует разработать критерии и методы определения тех из них, которые можно рассматривать как значимые. При разработке критериев следует рассмотреть такие факторы, как характеристики окружающей среды, информацию о законодательных и других требованиях, которые организация обязалась выполнять, а также мнения заинтересованных сторон (внешних и внутренних). Некоторые из этих критериев могут быть применены непосредственно к экологическим аспектам организации, а другие — к связанным с ними воздействиям на окружающую среду.

В соответствии ФЗ «Об охране окружающей среды» все организации РФ должны иметь нормативы предельно допустимых выбросов, сбросов, уровней физических воздействий.

Если фактический уровень воздействия превышает нормативно установленный, то такой экологический аспект должен быть отнесён к категории значимых.

При установлении критериев значимости организации следует рассмотреть следующие вопросы:

- а) экологические критерии (такие как масштаб, серьёзность (жёсткость) и продолжительность воздействия или тип, величина и частота проявления экологического аспекта);
- б) применимые законодательные требования (такие как предельно допустимые значения выбросов и сбросов, установленные в разрешениях или регламентах и т.п.);
- в) мнения внутренних и внешних заинтересованных сторон (такие как мнения относительно ценно-

стей организации, имидж в глазах общественности, шум, запахи или видимое ухудшение внешнего облика.

Каждый экологический аспект, который был признан значительным, должен управляться с помощью одного или нескольких механизмов, предусмотренных стандартом: ответственного лица, плана обучения, процедур, контрольных списков или записей, таких как календари технического обслуживания.

Выявление значительных экологических аспектов и связанных с ними воздействий необходимо для определения областей, которые необходимо контролировать или улучшать, и для определения приоритетности действий руководства.

Политика, цели и задачи организации, а также обучение персонала, обмен информацией, операционное управление и программы мониторинга должны быть в первую очередь основаны на знании важных экологических аспектов, но также следует учитывать такие вопросы, как применимое законодательство и другие. требования, которые организация обязалась выполнять, а также мнения заинтересованных сторон.

Идентификация значимых экологических аспектов — постоянный процесс, позволяющий организации лучше понимать своё взаимодействие с окружающей средой и свой вклад в постоянное улучшение экологических характеристик путём совершенствования системы экологического менеджмента.

Особое влияние на окружающую среду оказывают электромагнитные излучения. Это электромагнитное поле, образованное вокруг электрического тока.

Масштабы электромагнитного загрязнения стали настолько значительными, что Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) включила эту проблему в число наиболее актуальных для человечества. Поэтому в настоящее время во всем мире развернуты обширные исследования, направленные на разработку методов и средств обеспечения экологической безопасности в зонах воздействия ЭМИ.

Электромагнитные поля — это особая форма существования материи, характеризующаяся сочетанием электрических и магнитных свойств.

Физические причины существования переменного электромагнитного поля связаны с тем, что изменяющееся во времени электрическое поле создает магнитное поле, а изменения магнитного поля — вихревое электрическое поле. Сила этих полей, расположенных

перпендикулярно друг другу, постоянно меняясь, возбуждают друг друга.

Критерием напряженности электрического поля является его напряженность E с единицей измерения В/м. Критерием напряженности магнитного поля является его напряженность H с единицей измерения А/м.

Масштабы электромагнитного загрязнения стали столь существенны, что Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) включила эту проблему в число наиболее актуальных для человечества. Поэтому в настоящее время во всём мире развёрнуты широкие исследования, направленные на разработку методов и средств обеспечения экологической безопасности в зонах влияния ЭМИ.

Обе составляющие — электрическое и магнитное поля — при непрерывном действии производят взаимное возбуждение, в процессе которого происходит ускорение движущихся частиц. Взаимодействие полей представлено на рис. 2

Формирование электромагнитного поля (ЭМП) в зависимости от расстояния от источника проходит в две стадии. В первом случае электромагнитное поле находится в так называемой зоне индукции и обладает статическими свойствами. Дальнейшее формирование электромагнитного поля с нарастанием интенсивности (скорость заряженных частиц) переводит его в зону электромагнитной волны, в которой формируется излучение.

Основными параметрами источника ЭМП являются частота электромагнитного колебания, измеряемая в герцах (Гц), и длина волны, измеряемая в метрах (м) и скорость распространения.

Тесла — единица измерения плотности магнитного потока, напряжённости и индукции магнитного поля в Международной системе единиц (СИ), названная в честь изобретателя Николы Теслы.

1 тесла равен индукции такого однородного магнитного поля, в котором на 1 метр длины прямого проводника, перпендикулярного вектору магнитной индукции, с током силой 1 ампер действует сила 1 ньютон.

$$1 \text{ Тл} = \frac{H}{A \cdot m}$$

Их влияние зависит от частоты (ν) и длины волны (λ).

$$v = \frac{1}{T}, \text{ где } T \text{ — период колебания}$$

$$\lambda = c \cdot T,$$

где $c = 3 \cdot 10^8$ м/с — скорость света.

Единица измерения электромагнитного излучения (частоты периодических процессов) — Гигагерц (ГГц). Длина волн измеряется в мегаметрах (Мм).

По происхождению выделяют две группы электромагнитных излучений: ЭМИ, связанные с естественными природными источниками, и ЭМИ, связанные с техногенными искусственными источниками.

К естественным относятся составляющие космических, солнечных, атмосферно-климатических процессов, а также процессов, происходящих в глубинных слоях земли при разного рода тектонических движениях. Живые организмы на клеточном уровне либо адаптировались к естественным ЭМИ, либо выработали системы противодействия, исключающие гибель организма.

Основным источником естественных ЭМП на Земле является Солнце.

Техногенные искусственные электромагнитные излучения своим присутствием и постоянным развитием создают динамически растущую добавку к действию естественных ЭМИ, тем самым увеличивая общую опасность для жизнедеятельности.

Все диапазоны техногенных электромагнитных излучений интенсивно влияют на здоровье людей и состояние природной среды. Высокая степень их опасности усугубляется тем, что последствия могут проявляться по истечении достаточно длительного времени и негативно влиять на состояние иммунной и генетической устойчивости поколений. Магнитная составляющая электромагнитного излучения имеет высокую степень опасности для здоровья человека.

Проблема биологического действия электромагнитных полей становится значимой для деятельности международных организаций и государственных органов.

Тезис Всемирной организации здравоохранения: «Не существует уровня облучения, который можно было бы признать абсолютно безопасным». О каком предельно допустимом уровне можно говорить, когда любой уровень если не опасен, то все-таки воздействует на человека и окружающую среду? Различают следующие исходные позиции при нормировании ЭМИ для окружающей среды:

1. Естественный электромагнитный фон. В этом случае ПДУ устанавливается по результатам обобщения имеющихся данных об интенсивности естественного ЭМИ. Искусственные поля не должны

превышать естественные уровни поля. Очевидно, это положение очень строгое по отношению к излучающим средствам. Случаев создания таких ПДУ ни в России, ни за рубежом не известно, хотя этот подход разрабатывается рядом исследователей. Очевидно, что такой подход интересен только с чисто теоретической точки зрения, поскольку его реализация потребует от человека отказа от технических средств, технологические процессы которых основаны на принципах излучения электромагнитной энергии и даже отказа от использования электроэнергии.

2. Минимальная технически достижимая интенсивность ЭМИ. В качестве ПДУ принимаются существующие мощности ЭМИ некоторых технических средств, от которых, в принципе, не может отказаться человек. Эти ПДУ, как правило, не имеют ни санитарно-гигиенического, ни экологического обоснования.
3. Предельно допустимый санитарно-гигиенический уровень. Такой ПДУ устанавливается человеку по результатам биомедицинских исследований. Введенные таким образом ПДУ для защиты от электромагнитного загрязнения носят санитарно-гигиенический, а не экологический характер. Многие компоненты окружающей среды оказываются более чувствительными к ЭМИ, чем люди, и резко деградируют или исчезают при интенсивном воздействии. Стандартизация ЭМП для людей и информация об электромагнитном загрязнении важны, но все же односторонняя информация для оценки его воздействия. Такие ПДУ нельзя использовать для регулирования ЭМИ в естественных экосистемах.
4. Предельно-допустимый экологический уровень. Устанавливается для окружающей среды по наиболее чувствительным организмам биосферы. Изучение реакций любых биологических компонент экосистем на воздействие любого загрязняющего фактора и разработка на этой основе шкалы оценок вредности воздействия — это более совершенный и желательный подход. Такой подход реализуется в системах биоиндикации, которые по электромагнитному фактору пока не созданы.

К низкочастотным электромагнитным излучениям (частота 0–3 кГц) относятся: электротранспорт и его инфраструктура. Транспорт на электроприводе является мощным источником электромагнитных излучений в диапазоне частот от 0 до 100 Гц.

Среди транспортных средств на электрической энергии наибольшие колебания магнитного поля наблюдаются в метро.

Метрополитен представляет собой обособленное сооружение, поэтому вопросы защиты от воздействия электромагнитных полей промышленной частоты и ионизирующих излучений распространяются на находящиеся в нём электроустройства.

Чаще всего линии метро проложены под землёй, в туннелях диаметром около 6 м, и лишь иногда выходят на поверхность или на эстакады. Габариты и масса подвижного состава несколько меньше железнодорожных стандартов, но обычно больше трамвайных. Поезд метро состоит из нескольких вагонов: двух головных вагонов (спереди и сзади), имеющих кабины управления, и моторных вагонов между ними. Чаще всего поезд метрополитена насчитывают не более 8 вагонов. Моторы питаются электрическим током, который, как правило, поступает от третьего (контактного) рельса. Каждый поезд метрополитена оснащён надёжной системой автоматического управления. Она не только обеспечивает безопасность, но и регулирует скорость движения по маршруту и останавливает поезд на каждой станции.

Снабжение электроэнергией метрополитена для питания поездов осуществляется от общей энергосистемы города. Переменный ток напряжением 10 кВ преобразуется на тяговых подстанциях метрополитена в постоянный, напряжением 825 В. От «плюсовых» шин тяговых подстанций ток подаётся по кабельной сети, а вдоль линий — по третьему рельсу, являющемуся контактным (КР).

Питание третьего рельса электроэнергией осуществляется при помощи кабелей, идущих от шин постоянного тока тяговых подстанций. Обратными проводами являются ходовые рельсы, от которых электрический ток по кабелям возвращается к шинам тяговых подстанций.

Контактный рельс располагают в стороне от ходовых рельсов и несколько выше последних. На обеих сторонах каждого вагона установлено по два токоприёмника, скользящих по третьему рельсу. От токоприёмников электрическая энергия подводится к электродвигателям, называемым тяговыми. Ток отводится к «минусовым» шинам тяговых подстанций через ходовые рельсы. Подстанции располагают вдоль линии на расстоянии нескольких километров одна от другой.

К устройствам освещения, автоблокировки, водоотливным устройствам, вентиляторам и прочим устройствам метрополитена электроэнергия подаётся от понизительных подстанций, трансформаторы которых понижают подводимое напряжение до требуемого значения.

Электрическая часть вагона, кроме тяговых двигателей, содержит множество различных аппаратов, предназначенных для пуска тяговых двигателей, изменения скорости и направления движения вагона, электрического торможения, защиты оборудования от перегрузок и токов короткого замыкания, а также аппараты вспомогательных цепей и цепей управления.

Источником ЭМП в электропоездах метрополитена являются тяговые двигатели, пускотормозящие сопротивления, групповые переключатели, кабели токоприёмника, токонесящий провод.

Значительные УНЧ (ультракороткие частоты) вариации ЭМП наблюдаются в кабинах машинистов метрополитена в горизонтальной Y-компоненте (перпендикулярно рельсам), где значение от «пика до пика» достигают 425 мкТл (при норме 0,2–0,3 мкТл). в кабине машиниста вагона.

Таким образом ЭМП в 7–14 раз превосходит величину естественного постоянного поля Земли (от 25 до 50 мкТл). В пассажирских вагонах поле варьируется в пределах 75–300 мкТл.

При отправлении состава величина магнитного поля на платформе составляет 50–100 мкТл и больше (при норме 0,2–0,3 мкТл). И даже когда поезд давно исчезал в тоннеле, магнитное поле никак не желало вернуться к прежнему значению. Лишь после того, как состав проходил следующую точку подключения к контактному рельсу или шёл накатом, магнитное поле на платформе возвращалось к старому значению.

В самом вагоне метро магнитное поле ещё выше — 150–200 мкТл, то есть в 10 раз выше, чем в обычной наземной электричке и в сто раз выше нормы 0,2–0,3 мкТл.

Соответственно, электромагнитное излучение в метрополитене значимый экологический аспект.

В заключение, можно сказать, что ЭМП в поездах метрополитена и на платформах неоднородно по пространству и являются мультиспектральными полями, которые быстро меняются во времени и пространстве. Эти черты ЭМП являются следствием суммирования многообразных источников МП в электропоездах и меняющихся режимов движения.

Все источники электромагнитного излучения в условиях туннелей метро наслаиваются друг на друга и создают эффект, схожий с работой СВЧ-печи. Пиковый фон наблюдается в момент разгона поезда и движения

по туннелю, а минимальный во время высадки и посадки пассажиров на станциях.

С приходом мобильной связи непосредственно в тоннели метрополитена, электромагнитная опасность этого вида транспорта возросла в разы.

Помимо линий электроснабжения, магнитные поля внутри электротранспорта создаются также внутренней системой питания необходимой для организации освещения, отопления и кондиционирования. Эти системы питаются через кабель, обычно протянутый под составом.

В результате магнитные поля могут заметно различаться в разных частях вагона — в нижней части оно выше. Если же речь идёт о поезде, то сила магнитного поля может различаться от вагона к вагону — ближе к локомотиву оно выше. Кроме того, магнитные поля генерируются разным движущимися компонентами состава. В результате уровень поля в пределах состава может гулять в очень большом диапазоне, причём рост приходится на разгон и торможение.

Поэтому неудивительно, что приводимые в разных исследованиях данные имеют значительный разброс. Для определения корректных усреднённых значений нужна очень большая статистика, и показатели в каждой конкретной поездке могут сильно отличаться от среднего значения.

Отсюда следует, что идентификация значимых экологических аспектов и связанных с ними воздействий электромагнитного излучения необходима для определения тех областей, которые необходимо контролировать или улучшить, а также для установления приоритетов в действиях руководства метрополитенов во всём мире.

Особенностью современного этапа регулирования электромагнитного воздействия как фактора загрязнения окружающей среды является отсутствие механизма экономической защиты, выражающегося принципом «загрязнитель платит». В мировой практике общественных отношений именно этот принцип обеспечивает экологизацию социально-экономического развития общества. На сегодняшний день в России не сформирован эффективно действующий экономический механизм, позволяющий снижать и компенсировать ущерб, наносимый ЭМИ окружающей среде. В отношении загрязнителей окружающей среды электромагнитными полями (ЭМП) в настоящее время не реализуются положения Закона «Об охране окружающей среды» и ряда подзаконных актов, утверждающих принцип платности за использование природных ресурсов и нанесение ущерба здоровью, людей и окружающей среде.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р ИСО 14001: 2016. Система экологического менеджмента. Требования и руководство по применению.
2. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» М., 2002
3. Демьяненко А.Ф. Идентификация экоаспектов в иерархических структурах. /Москва, Мир транспорта № 6 2012 г.
4. Закиев Е.Э. Опасные электромагнитные поля на подвижном составе и в локомотивных депо электрофицированных железных дорог. Диссертация на соиск. Учёной степени кандидат технических наук. Москва, 2007
5. СанПиН 2.2.4.723–98 Переменные магнитные поля промышленной частоты (50 Гц) в производственных условиях.
6. Горский, А.Н. Электромагнитные излучения и защита от них: учебное пособие /А.Н. Горский, Л.К. Васильева; Петербургский государственный университет путей сообщения. СПб. 2000.
7. Свижевский В.А., Стовбур Н.Н. Современные проблемы гигиенического нормирования физических факторов, воздействующих на персонал и пассажиров метрополитена // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН». — Иркутск, 2011. — № 1(77).
8. Мельниченко П.И., Свижевский В.А., Стовбур Н.Н. Матвеев А.А Гигиеническое нормирование физических факторов в метрополитене // Медицинское право. — М.: 2011. — № 35 (39).
9. Яременко А.В. Методические подходы к обоснованию платы за негативное воздействие физических факторов на состояние окружающей среды на примере электромагнитных воздействий // Теория и практика экологического страхования: региональный фактор. Труды IX Всероссийской и IV Международной конференций. М.: НИЦ «Экопроект», 2009.

© Дюков Пётр Дмитриевич (dyukov.peter@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Российский университет транспорта (МИИТ)

DOI 10.37882/2223–2966.2021.03.18

ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ P53- И BCL-2-ПОЗИТИВНЫХ НЕЙРОНОВ В СЕНСОМОТОРНОЙ КОРЕ ГОЛОВНОГО МОЗГА БЕЛЫХ КРЫС

CHANGES IN THE CONTENT OF P53- AND BCL2-POSITIVE NEURONS IN THE SENSORIMOTOR CORTEX OF WHITE RATS

**O. Komusova
O. Shubina
O. Kirdyashkina**

Summary. This study is aimed at studying the expression of p53 and bcl-2 proteins in the sensorimotor cortex of the brain of white rats and the associated apoptosis processes in acute lead acetate intoxication. Morphometric analysis showed that in the control group of animals, p53 and bcl-2 were expressed only in single neurons. In rats, after administration of lead acetate, there was an increase in the expression of the proapoptotic protein p53 responsible for p53-dependent apoptosis [1].

Keywords: neurons, brain, apoptosis, ectopia of nuclei, shadow cells, necrosis.

Комусова Ольга Ивановна

К.б.н., ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический университет имени М.Е. Евсевьева»
(г. Саранск)
timoshkina03@mail.ru

Шубина Ольга Сергеевна

Д.б.н., профессор, ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический университет имени М.Е. Евсевьева» (г. Саранск)
os.shubina@mail.ru

Кирдяшкина Ольга Викторовна

Аспирант, ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический университет имени М.Е. Евсевьева»
(г. Саранск)
Sigma.ov@mail.ru

Аннотация. Данное исследование направлено на изучение экспрессии белков p53 и семейства bcl-2 в сенсомоторной коре головного мозга белых крыс и связанных с ними процессов апоптоза при острой интоксикации ацетатом свинца. Морфометрический анализ показал, что в контрольной группе животных p53 и bcl-2 экспрессировались только в единичных нейронах. У крыс после введения ацетата свинца отмечалось увеличение экспрессии проапоптотического белка p53 отвечающего за p53-зависимый апоптоз [1].

Ключевые слова: нейроны, головной мозг, апоптоз, эктопия ядер, клетки-тени, некроз.

Введение

Изучение структурных основ деятельности головного мозга в норме и при различных воздействиях является традиционным и важнейшим направлением современной нейроморфологии. Несмотря на большое количество работ, посвященных функциональной нейрогистологии, многие вопросы этой важной для биологии и медицины проблемы, прежде всего в отношении структур центральной нервной системы, освещены недостаточно. Остаются невыясненными вопросы касающиеся влияния свинца на процессы гибели нейронов головного мозга в процессе апоптоза и некроза.

Цель выполнения исследования

Выявить закономерности изменения содержания p53- и bcl2-позитивных нейронов в сенсомоторной коре головного мозга белых половозрелых крыс при воздействии ацетата свинца.

Материалы и методы исследования

Данное исследование проведено на 50 белых беспородных половозрелых крысах-самцах, которые были разделены на 2 группы. Контрольная группа находилась на общем режиме вивария. Опытная группа получала в течение 7 суток перорально ацетат свинца $Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$ в дозе 45 мг/кг/сутки (в пересчете на свинец).

В работе применялись высокоинформативные методы гистологического, морфометрического, иммуногистохимического и статистического анализа, направленные на выяснение закономерностей структурно-функциональной реорганизации нейрональных популяций в сенсомоторной коре экспериментальных животных в условиях острого воздействия ацетатом свинца [3].

Гистологические препараты головного мозга получали путем фиксации материала в 10% растворе ней-

Таблица 1. Результаты сравнительного изучения citoархитектоники сенсомоторной коры головного мозга у крыс (M±s)

Показатели	Содержание нейронов, в 1 мм ³	
	Контроль	Опыт
Общая численная плотность нейронов коры	214795±10739	123983±6199*
Содержание нормохромных нейронов	203774,50±1088	63555,94±3177*
Содержание измененных нейронов	11020,50±110,20	60427,15±3021*
Ядерно-цитоплазматическое отношение	0,43±0,02	0,25±0,01*

Примечание: * — достоверно по отношению к контролю P≤0,01.

Таблица 2. Содержание p53, bcl-2 — позитивных нейронов в сенсомоторной коре головного мозга у крыс (в 100 полях зрения на группу) (M±s)

Показатели	Контроль	Опыт 1
p53- позитивные нейроны	1072,94±21	9205±306*
bcl-2-позитивные нейроны	1075±53	6097,04±254*

Примечание: * — достоверно по отношению к контролю P≤0,01.

трального формалина на фосфатном буфере (фирма «Биовитрум», Санкт-Петербург) с последующим окрашиванием гематоксилином-эозином, метиленовым синим по Нисслию [4].

Исследование гистологических препаратов проводилось с помощью цифрового микроскопа MT 4000 Series Biological Microscope с программным обеспечением для анализа изображений «Bio Vision Version 4.0», бинокулярного светового микроскопа (Axioscop «Carl Zeiss», Германия), цифровой системы видеодокументирования высокого разрешения Nikon DS-5Mc. Фото съемку препаратов производили с помощью встроенной камеры, с последующей обработкой изображения в Adobe Photoshop Elements 11.

Иммуногистохимические реакции проводили на серийных парафиновых срезах иммунопероксидазным методом с использованием системы визуализации Dako (Дания), разведение 1:100. Определялась экспрессия белков p53 и bcl-2. Реакцию оценивали по содержанию меченых клеток и по плотности гранул.

Результаты и обсуждение

Гистологическое исследование показало, что после введения ацетата свинца в сенсомоторной коре развивались повреждения нервной ткани — острое набухание нейронов, эктопия ядер, гиперхроматоз, распад ядра и ядрышка, клетки-тени, гиперхромные сморщенные и несморщенные нейроны.

По данным морфометрического исследования, между изученными группами контроль и опыт имелись

статистически значимые отличия по всем показателям (табл. 1).

При сравнительном анализе общей численной плотности нейронов сенсомоторной коры в опытной группе, по сравнению с контрольной группой отмечалось снижение на 42,2% (p≤0,01). Так же, отмечалось снижение содержания нормохромных нейронов на 68,8% (p≤0,01) и обнаруживалось увеличение содержания измененных нейронов в 5,5 раза (p≤0,01). После введения ацетата свинца животным опытной группы было обнаружено статистически значимое снижение индекса ядерно-цитоплазматического отношения на 41,8% (p≤0,01), по сравнению с группой контроля (табл. 1).

Исходя из литературных данных, известно, что воздействие острой свинцовой интоксикации приводит к гибели клеток головного мозга не только в результате некроза, но и запуска в них процессов апоптоза [2].

Появившиеся гиперхромные сморщенные нейроны (пикноморфные) представляют из себя многообразные патологически измененные клетки с гиперхромным пикнотичным ядром и плотной, бесструктурной цитоплазмой, лишенной базофильных глыбок вещества Ниссля. Подобные структурные изменения могут быть проявлениями коагуляционного некроза нервной клетки, а также апоптоза до фазы ее дезинтеграции на остаточные апоптозные тела. Вероятно, эти изменения и являются причиной гибели нейронов. Определить возможность преобладания одного из этих процессов в конкретном нейроне очень сложно.

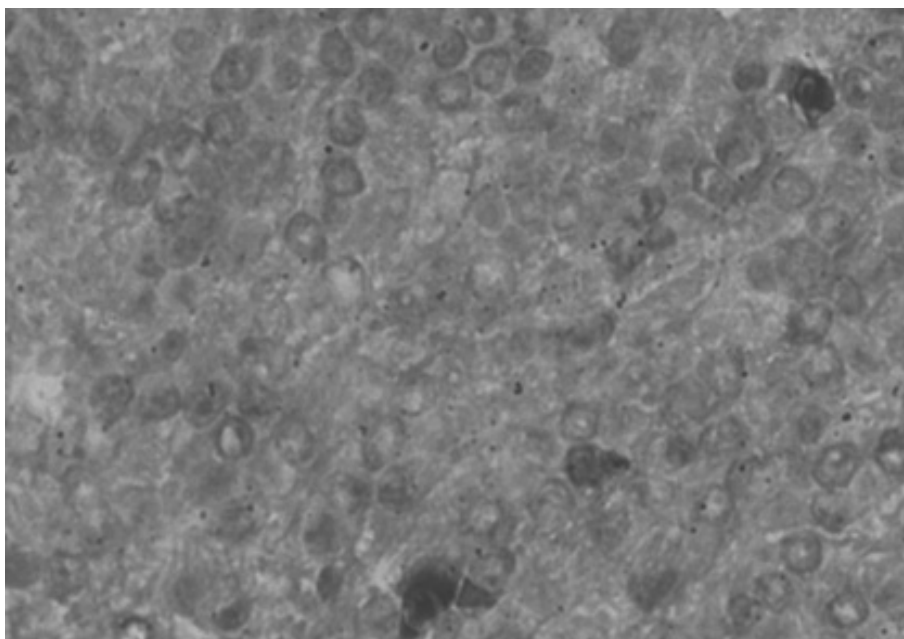


Рис. 1. p53-позитивные нейроны в сенсомоторной коре головного мозга крыс (контроль).
Иммуногистохимическая окраска на p53. Об.40х ок. 10.

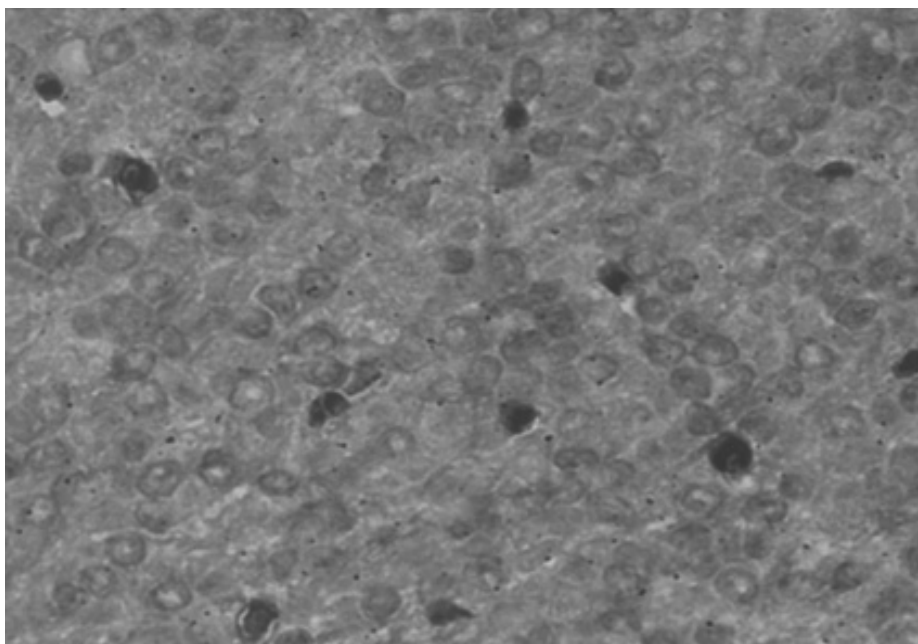


Рис. 2. p53-позитивные нейроны в сенсомоторной коре головного мозга крыс (опыт 1).
Иммуногистохимическая окраска на p53. Об.40х ок. 10.

В пользу активации механизмов программированной клеточной гибели после интоксикации ацетатом свинца свидетельствовали данные проведенного иммуногистохимического анализа выявления проапоптотических стрессовых (p53) и анти- (bcl-2) белков.

Морфометрический анализ показал, что в контрольной группе животных p53 и bcl-2 экспрессировались только в единичных нейронах (рис. 1). У животных опытной группы после введения ацетата свинца наблюдалось статистически значимое увеличение меченых

клеток (рис. 2). Количество p53- позитивных нейронов в опытной группе возросло в 8,6 раза, а bcl-2-позитивных нейронов в 5,6 раза ($p \leq 0,01$), по сравнению с группой контроля (табл. 2, рис. 2).

Исходя из результатов проведенного анализа, можно заключить, что увеличение экспрессии проапоптотического белка p53 указывает на активацию процессов апоптоза. По данным литературы, этот белок вызывает p53-зависимый апоптоз [5].

ВЫВОДЫ

Увеличение экспрессии проапоптотического белка p53 и более низкий уровень антиапоптотического белка bcl-2 в нейронах сенсомоторной коры мозга при острой свинцовой интоксикации указывает на усиление повреждения и гибели нервных клеток за счет активации апоптоза наряду с преобладающей гибелью нервных клеток преимущественно путем коагуляционного некроза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Орлянская Т.Я. Репаративные изменения в клеточных популяциях переднего мозга, мозжечка и спинного мозга в ответ на острое воздействие бытовых веществ / Т.Я. Орлянская, Г.А. Акушина, А.Д. Яценко // *Морфология*. — 2016. — СПб. ЭСКУЛАП. — 155 с.
2. Рыжавский Б.Я. Влияние свинца в молочном периоде онтогенеза на морфометрические, гистохимические и биохимические показатели развития головного мозга / Б.Я. Рыжавский, О.А. Лебедько, И.Р. Еременко // *Дальневосточный медицинский журнал*. 2013. № 4. С. 98–105.
3. Семченко В.В. Постаноксическая энцефалопатия / В.В. Семченко, С.С. Степанов, Г.В. Алексеева // *М-во здравоохранения Рос. Федерации, Рос. акад. мед. наук. Сиб. отд-ние, НИИ общ. реаниматологии и др.* — Омск: Ом. гос. мед. акад., 1999. — 446 с.
4. Семченко В.В. Гистологическая техника: учебное пособие / В.В. Семченко, С.А. Барашкова, В.И. Ноздрин, В.Н. Артемьев. — Омск-Орел: Омская областная типография. — 2006. — 290 с.
5. Culmsee C. p53 in neuronal apoptosis / C. Culmsee, M.P. Mattson // *Biochem Biophys Res Commun*. — 2005. — 331(3): 761–77.

© Комусова Ольга Ивановна (timoshkina03@mail.ru),

Шубина Ольга Сергеевна (os.shubina@mail.ru), Кирдяшкина Ольга Викторовна (Sigma.ov@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Г. Саранск

ФАУНА И ФЛОРА ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ МИКРОЭКОТОНОВ В ВОДНЫХ И НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

FAUNA AND FLORA HORIZONTAL MICROECONOM IN AQUATIC AND TERRESTRIAL ECOSYSTEMS

K. Korlyakov

Summary. Microbiocenoses of soils and bottom sediments bordering on artificial substrates (curbs, concrete slabs, pillars) were studied. In the soils, an increased number of bacteria, fungi and algae was found in the marginal areas. In the bottom sediments near the edge of the silt, bacteria also dominated. The edges of the sludge was dominated by colonial forms of algae, while in the distance the brim — trichomania form. Also, crustaceans and large protozoa predominated in the marginal areas of the silt, and nematodes predominated in the distance of the edges. In the horizontal section of the soil at a distance from artificial substrates, the ecotonic geochemical effect was observed at a distance of 5–10 cm, where the concentrations of phosphates and nitrites decreased. Thus, in the marginal areas, more oxidizing conditions are formed, in addition, spores of microorganisms are washed into these areas by wind and currents, forming a kind of pool.

Keywords: bacteria, algae, soil, silt, abundance, ecotone.

Корляков Константин Александрович

*К.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Челябинский
Государственный университет»
korfish@mail.ru*

Аннотация. Изучены микробиоценозы почв и донных отложений граничащие с искусственными субстратами: бордюрами, бетонными плитами, столбами. В почвах выявлена повышенная численность бактерий, грибов и водорослей на краевых участках. В донных отложениях у края илов бактерии также доминировали. С краев илов доминировали колониальные формы водорослей, тогда как в отдалении краев — трихомные формы. Также в краевых участках илов преобладали ракообразные и крупные простейшие, в отдалении краев — нематоды. В горизонтальном разрезе почвы при отдалении от искусственных субстратов экотонный геохимический эффект наблюдался на расстоянии 5–10 см, где снижались концентрации фосфатов, нитритов. Таким образом, в краевых участках формируются более окислительные условия, кроме того, в эти участки посредством ветра и течений смываются споры микроорганизмов формируя своеобразный пул.

Ключевые слова: бактерии, водоросли, почва, ил, численность, экотон.

Введение

Увеличение дискретности ландшафта водных и наземных экосистем в ходе внедрения искусственных сооружений ведет к трансформации органоинеральных комплексов донных отложений и почвы. Изменяется структура и динамика биогеохимических потоков, что ведет к перестройке биоценозов. Ранее на примере почв урбанизированных ландшафтов было установлено, что на стыке почв с бордюрами, бетонными плитами, фундаментами домов образуются специфические пулы микроорганизмов [7]. Кроме, того на данных стыках формируется особые химические условия почв с повышенной долей фосфатов и других окисленных соединений. Биота на этих участках представлена r-стратегами в виде водорослей и бактерий, характеризующихся более резкими всплесками численности по сравнению со схожими таксонами, обитающими в отдалении искусственных преград. В связи с чем, отдельный интерес представляют особенности распределения биоты в градиенте искусственных преград в донных отложениях водоемов. Цель настоящей работы заключалась в изучении особенностей состава

и функционирования биоты в краевых участках и континуальном профилях почв и донных отложений, а также исследовании динамики распределения биоты при отдалении от искусственных субстратов.

Материал и методы

Для исследования были выбраны участки природных почв и урбаноземов г. Челябинска и донных отложений водоемов различной минерализации и трофической структуры. Были выбраны вертикальные преграды, искусственно разделяющие почвенный профиль, такие как бордюры (В1, В1–2; Д1, Д1–2; Е1, Е1–2), бетонные (С1, С1–2; Е1б, Е1–2б; В1в, В1–2в) и металлические столбы (В2, В1–2). А в качестве дополнительных использовались пластиковые и минеральные (горные породы, минералы) преграды, которые вертикально погружались в почвы и донные отложения водоемов (озера Копанцево, Хомутинино, Подборное, Смолино). Каждая проба номеровалась цифрой (А, В, Д и т.д.), где дополнительная цифра 1 обозначала взятие пробы у искусственного субстрата, а цифры 1–2 — взятие пробы в отдалении от преграды на расстоянии

Таблица 1. Проективное покрытие (%) биопленки бактерий и мицелия грибов с краевых и континуальных участков почвы.

Искусственный субстрат	Группа организмов	Край	Середина
Металлический забор		B2	B2–2
	Бактериальная биопленка	95	45
Тополь бальзамический		A1	A1–2
	Мицелий	57	10
	Бактериальная биопленка	99	99
Бордюры		E1	E1–2
	Мицелий	75	4
	Бактериальная биопленка	84	78
Бордюры		D1	D1–2
	Мицелий	87	15
	Бактериальная биопленка	71	83
Бетонный столб		B1	B1–2
	Мицелий	67	0
	Бактериальная биопленка	98	67
Бетонный столб		C1	C1–2
	Бактериальная биопленка	83	72
Бетонный столб		B1в	B1–2в
	Бактериальная биопленка	45	29
Бетонный столб		E16	E1–26
	Бактериальная биопленка	96	96

5–25 см. В качестве контроля один профиль вырезался около дерева (A1, A1–2). Для исследования лопатой и скребком вырезались вертикальные участки почвы высотой 15–20 см таким образом, чтобы профиль почвы, соприкасающийся с вертикальным субстратом, не нарушался и извлекался не поврежденным. Аналогичным образом для сравнения вырезался вертикальный почвенный профиль в 5–25 см от бордюров, столбов и других искусственных субстратов. Толщина почвенных профилей составляла от 1.5 до 3 см. В илах водоемов пробы вдоль искусственных субстратов брались дозатором, в песках — скребком по аналогичному методу работы с почвой. Изучение роста бактерий проводилось методом посева воды, отфильтрованной из почвы на питательный мясопептонный агар [8, 9]. Выявление количества грибов производилось путем посева на питательную среду Сабуро [1, 3, 6]. Результаты снимались в трехкратной повторности. Для изучения альгоценозов различных участков почвы на погруженный в воду профиль почвы закладывались стекла обрастания и культивировались в течении 1.5 месяца при люминесцентном освещении и температуре воды 23 0С [4, 6, 7]. Для контрольного эксперимента изучалась численность бактерий и водорослей в илах, оцененных из аквариума и собранных из природных водоемов (озера Хомутино, Смолино). Пробы аналогично выборкам из природных экосистем брались с края боковой стеки контейнера и из континуальной толщи ила в отдалении краев. Концентрацию в воде pH, соедине-

ний азота и фосфора определяли методом капиллярного электрофореза на системе Капель 103-Р (ГК Люмэкс, Россия). Для статистической оценки степени связи использовали непараметрическую корреляцию Кендалла [11]. Расчеты и графические построения выполнены в пакете KyPlot и PAST [12]. Связи считали статистически достоверными при $p > 0,05$, недостоверными — при $p > 0,10$.

Результаты и их обсуждение

Посевы на питательную среду вытяжек из почвы и донных отложений показали более интенсивное развитие бактерий из краевых участков донных отложений и почв, что выражалось в КОЕ, площади проективного покрытия бактериальной биопленки и скорости роста первого и последнего показателя. Так площадь проективного покрытия биопленки лишь в 1 из 8 различных профилей почв превалировала из центра почвы (табл. 1). Тогда, как в 2 профилях были получены равные значения, и в 5 профилях площадь проективного покрытия с краю превышала таковую из середины.

Причем с края наблюдался более быстрый рост биопленки резко увеличивающийся со второго дня экспозиции. Во всех пробах из крайних участков почвы численность КОЕ росла, тогда как в середине, как правило, падала по истечении четырех дней экспозиции. В пробах A1д и A1–2д, выявлена слабая тенденция к стати-

Таблица 2. Численность КОЕ бактерий из вытяжек ила проб, взятых вдоль искусственных субстратов и в отдалении.

Дни	Ил из озера Смолино с пресной водой (минерализация 0.5 г/л)		Ил из озера Хомутино с соленой водой (минерализация 15 г/л)	
	Край	Середина	Край	Середина
2	68	39	640	370
3	365	143	688	441
4	371	187	775	552
5	404	288	849	720
6	547	352	-	-

стической значимости ($p=0.17$), а в пробе В1в и В1–2в статистически достоверная связь ($p=0.04$). Это обусловлено появлением на 3–4 сутках экспозиции в середине континуального почвенного субстрата со временем колоний грибов и объединением бактериальных колоний в биопленку. Данная тенденция отмечена также в пробах Е1–2, В1, 1–2, В2–2. Аналогичная картина наблюдалась в пробах илов из искусственных условий среды (табл. 2).

На протяжении 6 дней экспозиции численность колоний бактерий проб, взятых с края ила, превалировала над численностью проб взятых из центра данных отложений. Причем более высокая численность бактерий с краю наблюдалась, как в пробах взятых из пресного озера Смолино с минерализацией 0.5 г/л, так и высокоминерализованного оз. Хомутино с минерализацией 15 г/л. Данное более интенсивное бактериальное развитие в пробах граничащих с искусственным субстратом в водных и наземных экосистемах может объясняться аэрофильностью условий среды в трещинах и порах. Это способствует тому, что в данных пробах краевых участков доминируют аэробы, условия для развития которых и создавались в питательных средах. В связи с чем, следующим этапом было изучение состава фауны и флоры микробиоценозов представленных грибами, водорослями и животными.

Численность грибов в пробах вдоль бордюров, бетонного столба и тополя (А1, В1, Е1, Д1) с краю всегда превалировала над численностью в середине (табл. 1). Причем во всех случаях площадь мицелия *Trichoderma* с краю превышала площадь мицелия в середине в несколько раз и на один порядок. В остальных образцах (С, В2, Е16) колонии грибов не прорастали. После образования плодовых тел было установлено, что грибы представлены также родами *Aspergillus* и *Penicillium*. Число колоний *Aspergillus* также было выше с края почвы у бордюра: в Е1–30 колоний, в Е1–2–1 колония. В Д1 и Д1–2 число колоний *Penicillium* также превалировало с края почвенного горизонта: 8 к 2 колониям соответственно.

В отношении водорослей наблюдались следующие особенности. Во всех пробах с края почвенного горизонта происходило более интенсивное и ускоренное развитие различных видов водорослей. Это наблюдалось, как в отношении стекол обрастания, так и воды с почвенной пробой (табл. 3). Пробы с края почвы всегда отличались более ярким цветом не только стекол обрастания, но самих пробирок, которые окрашивались уже во второй, третий день экспозиции. В первую неделю экспозиции в крайних пробах почвы было выше проективное покрытие и численность водорослей по сравнению с пробами из середины почвы. Вторую неделю разнообразие водорослей из середины почвы снижалось, тогда как в крайних участках почвы, наоборот увеличивалось (табл. 3).

Вместе с тем численность водорослей из крайних участков почвы также была выше. К этому времени с края доминировали, как правило, сине-зеленые, зеленые, эвгленовые водоросли и трихомные эукариоты. Тогда, как в середине почвы доминировали диатомовые. В донных отложениях были выявлены следующие закономерности (табл. 4).

У ила, граничащего с вертикальными искусственными субстратами, доминировали колониальные зеленые водоросли. В континуальном профиле илов в отдалении от искусственных барьеров наоборот доминировали трихомные формы водорослей, как в искусственных условиях среды (аквариум), так и в природных условиях (озера). Исключением являлась проба из аквариума с растениями, где трихомные формы водорослей наоборот доминировали с края ила. Данное явление может являться вытеснением высшими растениями антагонистов водорослей в краевые участки отложений. Обратная картина наблюдалась в песчаных отложениях озера Смолино, где трихомные формы, наоборот доминировали у края. Данное явление может объясняться спецификой трихомных форм специализирующихся на связывании более крупных частиц [10]. Размеры частиц песка сопоставимы с почвенными агрегатами, где также доминировали трихомные формы с краев орга-

Таблица 3. Состав водорослей с краевых и континуальных участков различных почв через 2 недели экспозиции (клеток/в поле зрения).

Группа организмов	Край	Середина
	В2	В2-2
	Стекло	
<i>Chlorophyta</i> (колони)	30	40
Diatomeae	3	-
Euglenoidea	1	-
<i>Zygnematales</i> (трихомные)	4	1
	Почва	
<i>Chlorophyta</i> (колони)	40	30
Diatomeae	-	4
<i>Zygnematales</i> (трихомные)	-	1
Итого:	78	76
	A1	A1-2
	Стекло	
<i>Cyanophyta</i> (трихомные)	2	-
<i>Chlorophyta</i> (колони)	4	15
<i>Chlorophyta</i> (одноклеточные)	10	-
<i>Zygnematales</i> (трихомные)	5	3
<i>Ulotrichales</i> (трихомные)	4	-
Итого:	25	24
	E1	E1-2
	Стекло	
Cyanophyta	9	-
Chlorophyta	16	7
Euglenoidea	1	-
<i>Zygnematales</i> (трихомные)	3	-
	Почва	
Cyanophyta	22	20
Chlorophyta	6	-
Diatomeae	6	20
Euglenoidea	5	-
<i>Zygnematales</i> (трихомные)	3	-
Итого:	71	27
	D1	D1-2
	Стекло	
Cyanophyta	63	2
Chlorophyta	2	2
Euglenoidea	4	-
<i>Zygnematales</i> (трихомные)	3	-
Итого:	72	4

номинеральных комплексов. В континуальном профиле илов трихомные водоросли связывают органо-минеральный комплекс в горизонтальном направлении, формируя таким образом его устойчивость. Установлено, что наиболее активно трихомы различных водорослей связывают частицы размером 50–100 мкм и более, для которых перестают действовать сила адгезии [10]. Также в отдалении от края в илах доминировали схожие по форме тела животные — так называемая инфу-

уна, представленная нематодами и малощетинковыми червями (табл. 4). Ракообразные и простейшие, наоборот доминировали в порах у края. Здесь следует отметить, что у края доминировали более крупные формы простейших, представленных инфузориями.

Следующим этапом исследований являлось выявление границ переходной зоны органо-минеральных комплексов, обеспечивающих развитие экотона. Ранее

Таблица 4. Состав фауны и флоры различных участков органоминерального комплекса донных отложений в искусственных и естественных условиях: водоросли —%, простейшие — экз./мкл, животные (ракообразные, нематоды) — экз./см³.

Группа организмов	Край	Середина
Органический ил из аквариума с водорослями		
Колониальные вдрсл.	10	-
Трихомные вдрсл.	-	30
Простейшие	13	2
Органический ил из аквариума с растениями		
Колониальные вдрсл.	10	10
Трихомные вдрсл.	20	10
Простейшие	20	11
Органический ил из аквариума с соленой водой		
Колониальные вдрсл.	40	10
Банка с илом		
Трихомные вдрсл.	20	30
Простейшие	15	9
Банка с органическим илом		
Трихомные вдрсл.	20	40
Банка с соленым илом		
Трихомные вдрсл.	0	30
Простейшие	10	2
Оз. Хомутино		
Колониальные вдрсл.	40	10
Оз. Подборное		
Колониальные вдрсл.	10	0
Трихомные вдрсл.	0	20
Ракообразные	12	2
Нематоды	-	12
Простейшие	38	4
Оз. Копанцево		
Колониальные вдрсл.	10	0
Ракообразные	10	-
Нематоды	1	15
Простейшие	8	3
*Оз. Смолино 1		
Трихомные вдрсл.	20	0
Колониальные вдрсл.	0	10
*Оз. Смолино 2		
Трихомные вдрсл.	10	0
Колониальные вдрсл.	10	0

* — песчаные отложения.

нами было выявлено повышенное содержание нитратов, фосфатов с краев органоминеральных комплексов донных отложений и почв, что свидетельствовало об аэрофильном режиме данных участков и более окислительных условиях по отношению к континуальной части данных комплексов [2]. В градиенте отдаления от различных искусственных субстратов концентрация фосфатов снижалась (рис. 1). Причем для минеральной плиты ($p=0.051$) и дома ($p=0.051$) была выявлена статистически значимая связь, а для бордюра ($p=0.1$) и бе-

тона ($p=0.081$) тенденция к статистически значимой связи. Концентрация нитратов также незначительно снижалась, однако не статистически значимо, за исключением показателей близких к тенденции у бордюра ($p=0.117$) и бетона ($p=0.179$). В отдалении минеральной плиты и дома на 15 см было выявлено относительно резкое снижение концентрации нитритов (рис. 1). При этом концентрация аммония также снижалась, однако статистически значимых связей выявлено не было. Также наблюдалось резкое повышение pH на расстоя-

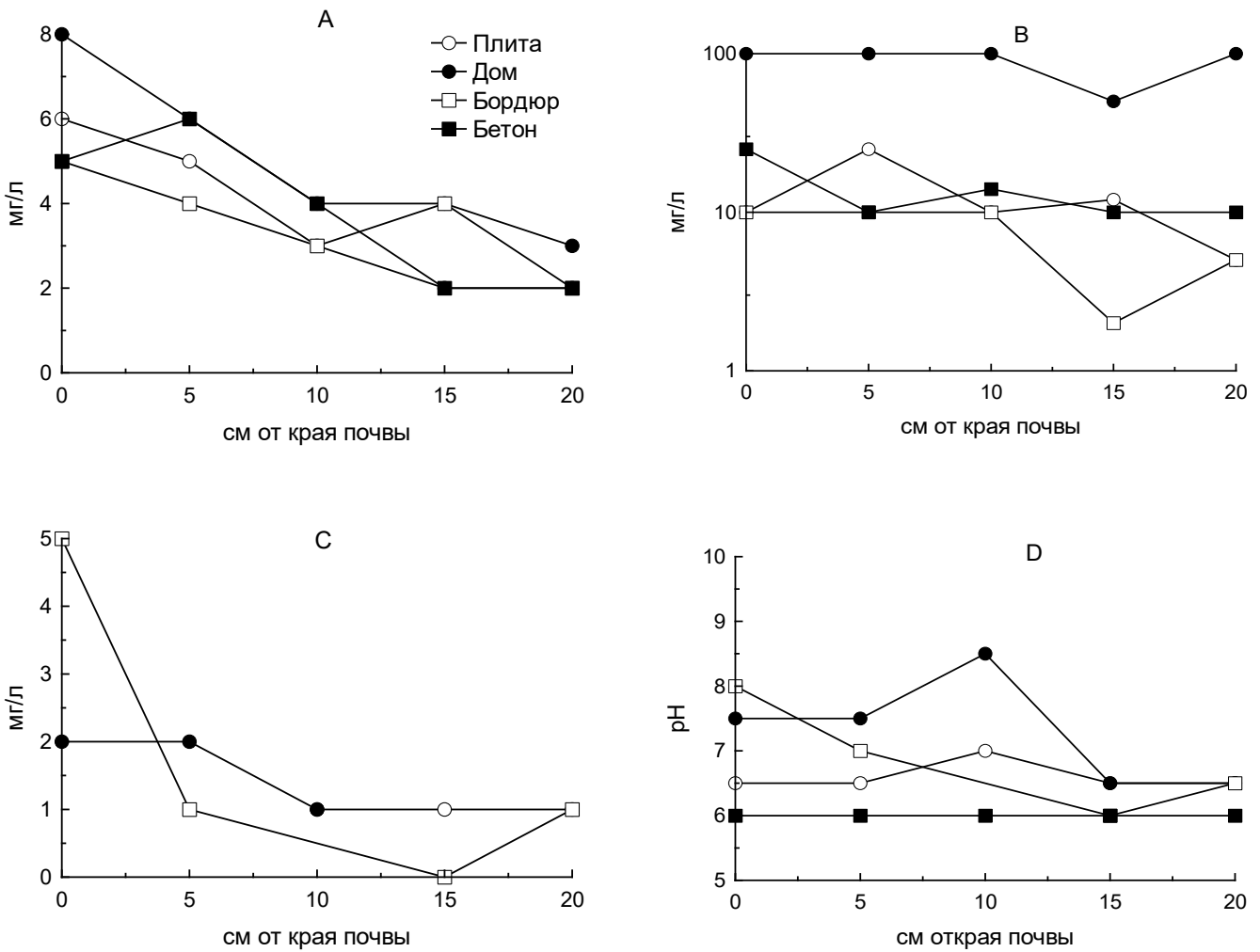


Рис. 1. Распределение химических показателей в горизонтальном профиле почвы при отдалении от различных искусственных субстратов: А — фосфаты, В — нитриты, С — аммоний, D — рН.

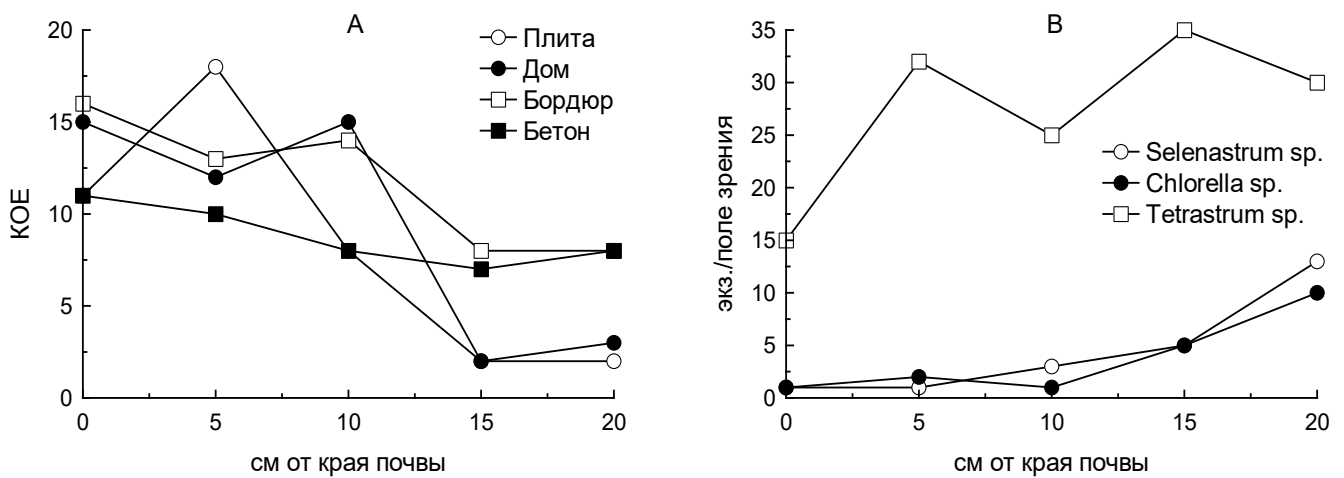


Рис. 2. Распределение КОЕ (А) и различных водорослей (В) в горизонтальном профиле почвы.

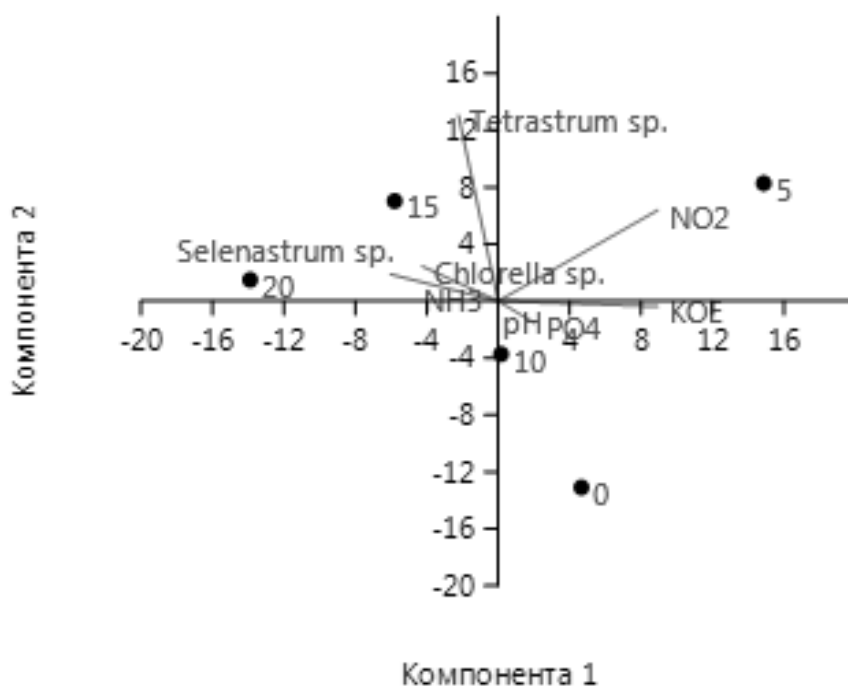


Рис. 3. Распределение в многомерном пространстве главных компонент КОЕ, водорослей и химических показателей при отдалении почвы от искусственного субстрата, где цифрами обозначено расстояние в см от края почвенного профиля.

нии 10 см от края плиты и дома. То есть в 10–15 см наблюдался эффект геохимического барьера, что по всей видимости, обусловлено особенностями высыхания органоминерального комплекса и режима увлажнения ограниченного данной протяженностью [2].

Численность колоний бактерий при отдалении от различных искусственных субстратов снижалась (рис. 2). Причем, для плиты, бордюра и бетона была выявлена статистически значимая связь ($p=0.076$). Численность трех различных форм водорослей (*Selenastrum sp.*, *Chlorella sp.*, *Tetrastrum sp.*) в горизонтальном профиле почвы при отдалении от плиты снижалась незначительно (рис. 2). Однако, статистически значимой связи падения численности наблюдавшихся на всем горизонтальном профиле почвы водорослей при отдалении от искусственного субстрата выявлено не было. Следует отметить, что культивирование различных участков почвы, наоборот показало наиболее быстрое и обильное развитие водорослей из профилей 0–5 см от края почвы. Это может свидетельствовать о накоплении на этих участках именно спор водорослей, находящихся в пуле и дающих вспышку численности при благоприятных (увлажненных) условиях.

В многомерном пространстве главных компонент три группы водорослей распределены в более щелочной среде на более отдаленных участках — 15–20 см

от края почвы (рис. 3). Бактерии наоборот были приближены к краевым участкам почвы (0–5 см) и повышенным концентрациям нитритов и фосфатов. При этом общий тренд распределения химических элементов демонстрировал увеличение окисленных азотсодержащих соединений к краю почвы. Водоросль *Selenastrum sp.* характеризовалась статистически значимой зависимостью с бактериями и фосфатами ($p=0.05$), также была выявлена тенденция к статистической значимости между *Chlorella sp.* и фосфатами ($p=0.15$).

Заключение

Более высокая численность микроорганизмов, их более интенсивное развитие на краях почвенного горизонта обусловлена тем, что в полостях между почвой и искусственным субстратом накапливается большое количество спор, отдельных клеток и колоний бактерий, грибов и водорослей с различными экологическими стратегиями и высоким таксономическим разнообразием. Так, как условия на краях вертикальных разрезов почв более нестабильны доминирующее значение получают виды с r-стратегией. (Аналогичная картина наблюдается в донных отложениях). В континуальном слое почвы, в отдалении искусственных барьеров доминируют трихомные формы водорослей, которые способствуют связыванию почвенного профиля. В континуальных участках илов наблюдается повышенная

концентрация инфауны — в виде нематод. В краевых поровых участках илов, граничащих с искусственными субстратами, наблюдается повышенная численность ракообразных, крупных простейших и других планктонных и перифитонных форм. В период высыхания органо-минерального почвенного комплекса в полость между искусственным субстратом и почвой посредством ветра сдуваются и накапливаются споры и отдельные клетки микроорганизмов. Аналогичный процесс может происходить при вымывании пула микроорганизмов в щели между почвой и искусственным субстратом. В отношении бактериальной и микологической обсемененности краевых участков почвы следует уделить внимание санитарно-гигиеническим аспектам.

Микроэлементный состав, преобладание фосфатов, нитратов способствует более интенсивному развитию биоты на краях почвенных профилей. Таким образом, краевые участки почвы отличаются повышенной продукцией микробиоты по сравнению с континуальными, тогда как континуальные характеризуются более сложной структурой и замедленным функционированием.

Экотонный эффект наблюдается в пределах 5–10 см от края почвы граничащей с искусственными барьерами. На данных участках происходит повышение концентрации окисленных соединений, увеличение численности бактерий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев А.А., Кривошеин Ю.С., Ширококов В.П. Медицинская и санитарная микробиология: учебное пособие для студентов высш. мед. учебн. заведений. М: Издательский центр «Академия», 2003. 464 с.
2. Заварзин Г.А. Лекции по природоведческой микробиологии. М.: Наука, 2003. 348 с.
3. Зенова Г.М., Кураков А.В. Методы определения структуры комплексов почвенных актиномицетов и грибов. М.: Изд-во МГУ, 1988. 54 с.
4. Зенова Г.М., Штина Э.А. Почвенные водоросли: учебное пособие. М.: Изд-во МГУ, 1990. 80 с.
5. Кашкин П.Н., Елинков К.П., Безбородов А.М., Цыганов В.А., Антибиотики. Л. Медицина.— Ленинградское отделение, 1970. 375 с.
6. Корляков К.А., Нохрин Д.Ю., Арсентьева Н.Ю. Влияние неровностей рельефа стекол на формирование сообществ и монокультур обрастаний // Биология внутренних вод. 2015. № 1. С. 96–104.
7. Корляков К.А. Предварительные результаты исследования экотонов урбаноземов методом культивирования пула биоты из вертикальных профилей // Актуальные вопросы современного естествознания Южного Урала: материалы III Всерос. науч.-практ. конф., 21 декабря 2018. Челябинск: Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2018. С. 35–40.
8. Кузнецов С.И., Дубинина Г.А. Методы изучения водных микроорганизмов. М.: Наука, 1989. 285 с.
9. Нетрусов А.И., Котова И.Б. Микробиология. М: Издательский центр «Академия», 2006. 352 с.
10. Garcia-Pichel F., Wojciechowski M.F. The evolution of a capacity to build supra-cellular ropes enabled filamentous cyanobacteria to colonize highly erodible substrates // Plos ONE. 2009. 4(11). P. 1–6.
11. Sokal R.R., Rohlf F.J. Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. N.-Y.: Freeman & Co, 1995. 850 p.
12. Yoshioka K. KyPlot — a user-oriented tool for statistical data analysis and visualization // Computational Statistics. 2002. V. 17. № 3. P. 425–437.

© Корляков Константин Александрович (korfish@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЭКОЛОГИЯ И БИОЛОГИЯ ВИДОВ РОДА ORCHIS L. НА СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ КАВКАЗЕ

Перебора Елена Александровна

К.б.н., доцент, Кубанского государственного
аграрного университета, г. Краснодар
ritulya.1971@mail.ru

ECOLOGY AND BIOLOGY OF THE SPECIES OF THE GENUS ORCHIS L. IN THE NORTH- WEST CAUCASUS

E. Perebora

Summary. The article presents the results of long-term monitoring of the species of the genus *Orchis* of the family *Orchidaceae* Juss: *O. punctulata*, *O. tridentata*, *O. picta*, *O. militaris*, *O. mascula*, *O. purpurea*, *O. simia*, which are distinguished by their high decorative value and play a significant role in the formation of natural mountain and forest herbaceous phytocenoses in the North-West Caucasus. Species of this genus belong to tuberoid perennials that form specific root-stem organs of the reserve of vegetative reproduction. These formations are known in pharmacology and medicine as salep and contain a large number of useful biologically active substances that have long been used in folk medicine, which has caused damage to the cenopopulations of species. Almost all temperate orchid species are vulnerable and need protection. The reasons are not only their useful properties, but also some features of biology, in particular reproduction. 45 species of the family *Orchidaceae* are listed in the Red Book of the Krasnodar Territory, including 15 species of the genus *Orchis* in the status of 1 CC — 2 species, 3 HC-9, 2 IS-4. Therefore, the aim of this work was to assess the status of natural populations of these species, ecology and biology, vulnerability and promising to preserve them. The observations were carried out over a long period from the 90s to the present and allowed us to identify the majority of the cenopopulations of the studied species within the North-West Caucasus, to assess their abundance and breeding prospects, and to make a geobotanical description of the associations with their participation. The ecological assessment of the habitats is given, the mapping of the ranges is carried out, including, taking into account the long-term vegetation period of the species, local mapping. Long-term monitoring allows, despite the rather strong anthropogenic impact of the type of recreation, to assess the coenopopulations as normal non-pollinated with a predominance of generative and virginal individuals with the absence of senile ones. This ratio favors the reproduction of plants and the maintenance of the number of coenopopulations, which is subject to cyclical fluctuations mainly as a result of unfavorable weather conditions in the form of drought, waterlogging, etc. The negative impact on the state of coenopopulations of tree species is largely due to continuous logging.

Keywords: genus *Orchis*, North-West Caucasus, ecology, coenopopulations, age group ratio, tree associations, tuberoids.

Аннотация. В статье приводятся результаты многолетнего мониторинга за видами рода *Orchis* семейства *Orchidaceae* Juss: *O. punctulata*, *O. tridentata*, *O. picta*, *O. militaris*, *O. mascula*, *O. purpurea*, *O. simia*, которые выделяются высокой декоративностью и играют значительную роль в сложении естественных горных и лесных травянистых фитоценозов на Северо-Западном Кавказе. Виды этого рода относятся к тубероидным многолетникам, формирующим специфические корнестеблевые органы запаса вегетативного размножения. Эти образования известны в фармакологии и медицине под названием салепа и содержат большое количество полезных биологически активных веществ, которые с давних времен использовались в народной медицине, что нанесло урон ценопопуляциям видов. Практически все виды орхидных умеренного пояса являются уязвимыми и нуждаются в охране. Причинами являются не только их полезные свойства, но и некоторые особенности биологии, в частности размножение. В Красную книгу Краснодарского края занесено 45 видов семейства *Orchidaceae*, в том числе 15 видов рода *Orchis* в статусе 1 КС — 2 вида, 3 УВ — 9, 2 ИС — 4. Поэтому целью данной работы явилась оценка состояния естественных ценопопуляций этих видов, особенности экологии и биологии, степень уязвимости и перспективны их сохранения. Наблюдения проводились в течение длительного периода с 90-х годов по настоящее время и позволили выявить в пределах Северо-Западного Кавказа большинство ценопопуляций изучаемых видов, оценить их численность и перспективы размножения, а также сделать геоботаническое описание ассоциаций с их участием. Приводится экологическая оценка местообитаний, произведено картирование ареалов в том числе, учитывая многолетний срок вегетации видов, локальное картирование. Многолетний мониторинг позволяет, несмотря на довольно сильное антропогенное воздействие типа рекреации, оценить ценопопуляции как нормальные неполноценные с преобладанием генеративных и виргинильных особей с отсутствием сенильных. Такое соотношение благоприятствует размножению растений и поддержанию численности ценопопуляции, которая подвержена циклическим колебаниям главным образом в результате неблагоприятных погодных условий в виде засухи, переувлажнения и т.п. Отрицательное влияние на состояние ценопопуляций древесных пород в значительной степени оказывают сплошные рубки.

Ключевые слова: род *Orchis*, Северо-Западный Кавказ, экология, ценопопуляции, соотношение возрастных групп, древесные ассоциации, тубероиды.

Введение

Северо-Западный Кавказ благодаря разнообразию рельефа и природно-климатических условий выделяется среди других регионов России большим размахом вариаций растительного покрова и видового состава фитоценозов. Среди травянистых растений данного региона немаловажное место занимают представители семейства *Orchidaceae* Juss, которые, кроме своей высокой декоративности, принимают большое участие в сложении травянистых сообществ и имеют лекарственное значение. Общими особенностями орхидных является тесные симбиотические связи с грибами-микоризообразователями, без которых очень мелкие семена без эндосперма не способны прорасти. Достаточно оригинальны и не всегда гарантируют оплодотворение способы опыления. Следует также учитывать высокую степень антропогенного воздействия на природные экосистемы Северо-Западного Кавказа. Поэтому несмотря на высокую семенную продуктивность, большинство видов орхидных являются уязвимыми и занесены в Красные книги международного и региональных статусов. Так, на Северо-Западном Кавказе из 47 видов 20 родов орхидных занесены в Красную книгу Краснодарского края [6, 13].

У *Orchidaceae* различают более 10 жизненных форм [14]. Представители рода *Orchis* относятся к тубероидным орхидным, которые формируют одно- или двухлетний подземный стеблекорневой запасующий орган тубероид (туберидий, или псевдобульба), покрытый волосками и несущий почку возобновления. Эта жизненная форма отличается ранним цветением и является травянистым многолетником, способным на Кавказе образовывать новую розетку листьев поздней осенью.

Тубероидные орхидные широко распространены в горных и лесных районах Северо-Западного Кавказа и представлены значительным числом таксонов — 34 вида из 12 родов [13, 17]. Среди них сравнительно высоким видовым разнообразием выделяется род *Orchis*, разноцветные колосовидные соцветия видов которого ранней весной и в начале лета (с апреля по июнь) создают красочный физиономический аспект фитоценозов.

Всего было изучено 66 ценопопуляций 7 видов рода *Orchis*: *O. punctulata*, *O. tridentata*, *O. picta*, *O. militaris*, *O. mascula*, *O. purpurea* *O. Simian* [7–13].

Материал и методика исследований

Экспедиционные, стационарные и лабораторные исследования проводили в районах с большим видовым разнообразием рода *Orchis*: Черноморское побережье (Анапский, Новороссийский, Геленджикский,

Туапсинский районы), северный макросклон Главного Кавказского хребта (Абинский, Северский, Горячеключевской, Апшеронский районы и Республика Адыгея) и территория Кавказского государственного биосферного заповедника. Стационарные исследования проводили в условиях первичной культуры на коллекционном участке "Лекарственные растения" в Ботаническом саду им. И.С. Косенко КубГАУ.

Определение и распространение видов по территории региона уточнялось по материалам гербариев: Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (LE), Санкт-Петербург; Московского государственного университета (MW), Москва; Главного ботанического сада РАН (МНА), Москва; Кубанского государственного аграрного университета (КБАИ) и Кубанского государственного университета, Краснодар.

Эколого-фитоценологические особенности и распространение орхидных изучали маршрутным методом. Растительные сообщества с ценопопуляциями рода *Orchis*, регулярно описывали по общепринятым методикам (Ярошенко, 1969). Размеры и очертания пробных площадей привязывали к естественным границам растительных сообществ и к размерам ценопопуляций изучаемых видов, поэтому они имели как строго определенные величины (10×10 , 20×20 м²), так и свободную конфигурацию. Ценопопуляционные локусы изучались на учетных площадках (0,25 и 1 м²) в пределах пробных площадей. На пробных площадях производили общее описание растительности: видовой состав, обилие, общее проективное покрытие (квадрат-сетки 1 м²), сомкнутость крон (%), фенологические фазы, физиономичность, а также признаки местообитания: рельеф; высота над уровнем моря; экспозиция (компас) и уклон (крутизну) склона (транспортным с отвесом); особенности формирования подстилки.

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

При изучении ценопопуляций применяли методики, разработанные отечественными исследователями [2,15]. При изучении возрастной структуры использовали понятие «онтогенетическое (возрастное) состояние» с дополнениями, разработанными для орхидных [2–5]. Различные возрастные группы особей проводили непосредственно в полевых условиях, учитывая наиболее доступные морфометрические показатели надземной части растений. В пределах каждой ценопопуляции было выделено четыре группы возрастных состояний особей: ювенильные (j), иматурные (im),

взрослые вегетативные (vm), генеративные (g). К группе взрослых вегетативных относили также временно не цветущие генеративные растения. Чтобы данные о целостности ценопопуляции были более достоверными, число проростков, развивающихся в почве, не учитывалось.

Тип возрастного спектра и тип ЦП — инвазионный, нормальный, регрессивный — определяли после выявления возрастной структуры ЦП [15]. Для наблюдения за онтогенезом изучаемых видов орхидных все особи на площадках были снабжены этикетками и отмечены на карте. Это облегчало наблюдения за онтогенезом изучаемых видов рода *Orchis* и позволяло отмечать первое появление растений на поверхности почвы, продолжительность возрастного состояния и переход в следующее, период вторичного покоя, сезонное развитие и отмирание [2]. Пространственная структура изучалась методом трансект с последующим выделением степени отграниченности скоплений друг от друга и степени их отдаленности [15].

Результаты и обсуждения

Все виды семейства *Orchidaceae* отличаются богатством жизненных форм, величиной цветков или соцветий и красочности цветков. Орхидные умеренных широт, хотя существенно уступают тропическим видам по красоте, однако на фоне цветущих видов северных фитоценозов выделяются оригинальностью и яркостью довольно крупных соцветий и отдельных цветков. Орхидные умеренных широт в значительной степени украшают травянистые сообщества и имеют перспективы в использовании их в декоративном цветоводстве. Высокая декоративность повышает уязвимость орхидных, в результате чего большинство из них занесены в Красные книги.

Виды рода *Orchis* формируют наиболее крупные стеблекорневые «шишки» (тубероиды, известные в медицине под названием «*tubera salep*»). Наиболее массивные тубероиды (длиной до 5,5 см и массой 60–80 г) образуют растения *O. purpurea*. Салеп широко используется в народной медицине благодаря своей питательности и большому количеству биологически активных веществ, полезных при заболеваниях ЖКТ и при общем ослаблении [13].

Тубероидные орхидные обладают широким диапазоном экологической толерантности: многие способны переносить длительный засушливый период в течение 3 месяцев, произрастать на очень сухих щебнистых почвах, в частности на открытых местах осыпей, каменистых склонах на горно-каменистой степи (*Orchis punctulata*, *O. tridentata*, *O. picta*),

предпочитая условия хорошей освещенности. Лесные виды *Orchis militaris*, *O. mascula* обитают на лесных полянах, опушках и в зарослях кустарников, предпочитают незначительное затенение. *O. purpurea* произрастает под пологом леса, где сомкнутость крон составляет от 40 до 70%. Можно сказать, что виды рода *Orchis* не относятся к облигатным сциофитам. Почвы предпочитают известковые (pH от 6,2–7,5 до 8,1–8,5). *O. militaris* может расти на слабокислых почвах (5,4–6,0); к богатству почв не требовательны — встречаются на мелкопесчаных или глинистых плохо аэрируемых почвах.

Наибольшее число местообитаний изучаемых видов *Orchis* сосредоточено в нижнем горном поясе на высоте от 300 до 500 м над уровнем моря. Экспозиция местообитаний и крутизна склонов определяют уровень влажности почвы, её плодородие и сохранение подстилочного материала. Например, в Новороссийском районе основная часть местообитаний расположена на склоне крутизной от 10 до 15° и не более 20 (п. Абрау); в Геленджикском районе — от 3 до 45° — горы Чанхот и Греческая (мыс Пенай). Самая большая крутизна склонов (30–45°) отмечена на горе Сапсухо в окрестностях поселка Молдовановка.

Местообитания *O. tridentata*, *O. picta*, *O. simia*, *O. punctulata* связаны в основном с южным румбом (юго-восточный, юго-западный) с крутизной склона 10–45°; встречаются также на западном и восточном направлениях и реже — на северо-восточных склонах с крутизной 20–45°. 50% местообитаний *O. Punctulata* (7 из 14) занимают южные экспозиции с крутизной склона 10–30° (таблица 1). В составе древостоя всех местообитаний изучаемых видов произрастает 16 основных пород деревьев, из которых доминируют *Quercus petraea*, *C. orientalis*, *Fagus orientalis*. Доминанты и содоминанты образуют 24 типа леса (таблица 2).

Особо выделяются приморские местообитания видов рода *Orchis* (*O. tridentata*, *O. picta*, *O. simia*, *O. punctulata*). Они занимают склоны южных экспозиций крутизной от 20 до 30° и отличаются наличием локальных осыпей, разреженным травяным покровом и большой специфичностью древостоя и кустарникового яруса. Наиболее специфические растительные сообщества отмечены на мысе Утриш (*Pistacieto-Juniperetum agropyreto-festucosum*) и мысе Пенай (*Juniperetum asphodelineto-stiposum*), где древостой представлен *J. foetidissima*, *J. oxycedrus*, *J. excelsa*, *P. mutica*, *Carpinus orientalis*, высотой 3–5 (7) м и диаметром от 7–10 до 15–30 см. Древостой в этих местообитаниях не влияет на световой режим растительного сообщества вследствие низкой сомкнутости крон отдельных пород (от 10 до 40%).

Таблица 1. Характеристика местообитаний и численности ценопопуляций тубероидных орхидных в структуре различных ассоциаций (продолжение)

Наименование ассоциации	Высота над ур.м., м	Экспозиция, крутизна склона	Древостой			Травостой			Толщина подстилки, см	Виды орхидных*						
			Формула	C, %	Нд, м д, м	Нп, м	ОПП %	Нт, м		1	2	3	4	5	6	7
<i>Querceto-Carpinetum coryloso varioherbosum</i> , г. Крестовая	450–500	ЮЗ 15°	2Д+8Г	60	15/0,25	2,0	10	0,30	2,0	-	-	-	+	-	-	-
<i>Fageto-Carpinetum cornoso varioherbosum</i> , г. Боцехур	650–700	СВ 15°	1Б+9Г	70	18/0,30	1,5	5	0,30	5,0	-	-	-	+	-	-	-
<i>Querceto-Fagetum crataegoso polygonatosum</i> , г. Греческая	600–650	СВ 30°	1Д+9Б	60	15/0,25	1,7	10	0,30	3,0	-	-	-	+	-	-	-
<i>Querceto-Fagetum varioherbosum</i> , г. Чанхот	250–300	СВ 45°	4Д+6Б	50	12/0,20	1,0	40	0,30	1,0	-	-	-	+	-	-	-
<i>Querceto-Carpinetum paliuroso stiposum</i> , г. Каукова, п. Дивноморское	200–250	ЮЗ 3°	2Д+7Гр	30	4/0,10	1,5	80	0,55	2,5	-	-	-	-	+	-	-
<i>Querceto-Fagetum varioherbosum</i> , г. Чанхот	250–300	СВ 45°	4Д+6Б	60	5/0,12	1,0	50	0,30	1,0	-	-	-	-	-	-	+
<i>Querceto-Carpinetum cotinoso medicagosum</i> , п. Марьино роща	300–350	Ю 10°	4Д+6Гр	30	3/0,7	1,5	45	0,45	2,0	-	-	-	-	-	-	+
<i>Querceto-Carpinetum ligustroso varioherbosum</i> , Березовская щель, п. Прасковеевка	400–450	З 15°	6Г+3Д+1Гр	60	15/0,25	3,0	20	0,40	2,0	-	-	-	-	-	-	+
<i>Querceto-Carpinetum ligustrosopoligonatosum</i> , Пшадская Щель	200–250	З 15°	7Г+3Д	60	15/0,20	1,5	5	0,40	1,5	-	-	-	-	-	-	+
Туапсинский район																
<i>Carpinetum (orientalis) coryloso ranunculetopoosum</i> , п. Агуй-Шапсуг	100–150	З 20°	10Гр	20	5/0,10	3,0	70	0,60	2,0	+	+	+	-	-	-	+
<i>Carpinetum (orientalis) cotinoso varioherbosum</i> , бухта Инал	150–200	ЮВ 25°	10Гр	40	3/0,03	1,5	30	0,40	1,5	+	+	+	-	-	-	-
<i>Querceto-Carpinetum svidoso varioherbosum</i> , п. Ольгинка	200–250	В 20°	7Г+2Д	60	20/0,40	2,0	20	0,50	3,5	-	-	-	-	+	-	-

Таблица 1. Характеристика местообитаний и численности ценопопуляций тубероидных орхидных в структуре различных ассоциаций (продолжение)

Наименование ассоциации	Высота над ур.м., м	Экспозиция, крутизна склона	Древостой			Травостой			Толщина подстилки, см	Виды орхидных*						
			Формула	С, %	Нд, м	Нп, м	ОПП, %	Нт, м		1	2	3	4	5	6	7
<i>Querceto-Carpinetum cotinoso varioherbosum</i> , бухта Инал	150–200	В 25°	3Д+7Гр	30	3/0,10	1,5	30	0,40	1,5	-	-	-	-	-	-	-
<i>Carpineto-Alnetum cornoso varioherbosum</i> , п. Псебе	300–350	В 10°	50+4Гр+1Г	50	15/0,40	3,0	5	0,30	2,0	-	-	-	-	-	-	+
<i>Carpineto-Quercetum svidoso polygonatosum</i> , пер. Шаумянский	600–650	С-В, 10°	5Д+3Б+2Г	60	18/0,30	1,0	70	0,70	4,0	-	-	-	-	-	-	+
<i>Pineto-Carpinetum (orientalis) varioherbosum</i> , бухта Инал	150–200	СВ 45°	4С+6Гр	40	7/0,15	2,0	30	0,40	2,0	-	-	-	-	-	-	+
<i>Querceto-Carpinetum cratagoso polygonatosum</i> , бухта Инал	200–250	СЗ 20°	2Д+8Г	50	15/0,25	2,0	10	0,40	2,0	-	-	-	-	-	-	+
<i>Fageto-Quercetum cornoso varioherbosum</i> , ст. Тенгинка	300–350	СЗ 15°	3Б+7Д	60	18/0,30	3,0	10	0,40	2,0	-	-	-	-	-	-	+
<i>Querceto-Carpinetum svidoso varioherbosum</i> , ст. Навагинская	400–450	ЮВ 10°	4Д+6Г	70	15/0,30	1,0	30	0,40	1,5	-	-	-	-	-	-	+
Абинский район																
<i>Juniperetum cotinoso agropyreto-stiposum</i> , г. Шизе, ст. Эриванская	450–500	Ю 45°	10М	20	3/0,20	1,5	20	0,45	0,5	-	-	-	-	-	-	-
<i>Querceto-Carpinetum cornoso varioherbosum</i> , ст. Эриванская	400–450	ЮВ 15°	7Г+3Д	60(70)	15/0,20	5,0	5	0,30	4,0	-	-	-	-	-	-	+
<i>Carpineto-Quercetum coryloso varioherbosum</i> , ст. Шапсугская	200	В 5°	5Д+4Г+1Я	60	18/0,40	5,0	5	0,40	4,0	-	-	-	-	-	-	-

Примечание: 1 — *Orchis tridentata*, 2 — *O. picta*, 3 — *O. simia*, 4 — *O. militaris*; 5 — *O. purpurea*; 6 — *O. mascula*; 7 — *O. punctulata*; Н н. у. м., м — высота над уровнем моря в метрах; С — сомкнутость; Нд, м — высота травостоя в метрах; д, м — диаметр деревьев в метрах; Нп, м — высота подроста в метрах; ОПП — общее проективное покрытие; Нт, м — высота травостоя в метрах; Эк — экспозиция; Древостой: Б — бук восточный (*Fagus orientalis* Lipsky), Г — граб обыкновенный (*Carpinus betulus* L.), Гр — грабинник (*Carpinus orientalis* Mill), Дс — дуб скальный (*Quercus petraea* (Matuschka) Liebl.), Дп — дуб пушистый (*Quercus pubescens* Stev.), О — ольха (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), Я — ясень (*Fraxinus excelsior* L.), Л — липа (*Tilia cordata* Mill.), П — пихта (*Abies nordmanniana* (Stev.) Spach), И — ива (*Salix alba* L.), Гр — грабинник (*Carpinus orientalis* Mill.), Мк — можжевельник красный (*Juniperus oxycedrus* L.), М — можжевельник вонючий (*Juniperus foetidissima* Willd.), Мв — можжевельник высокоий (*Juniperus excelsa* M. Bieb.), Ф — фисташка туполлистая (*Pistacia mutica* Fischer C.A. Meyer).

Таблица 2. Типы растительных сообществ и число ценопопуляций видов рода *Orchis*

№	Типы сообществ	Число ценопопуляций	1	2	3	4	5	6	7
1	Querceto-Carpinetum	16	-	-	-	3	4	5	4
2	Carpinetum-Quercetum	2	-	-	-	1	-	1	-
3	Carpinetum-Fagetum	1	-	-	-	-	-	1	-
4	Fageto-Carpinetum	3	-	-	-	2	-	-	1
5	Querceto-Fagetum	3	-	-	-	2	-	-	1
6	Fageto-Quercetum	1	-	-	-	-	-	1	-
7	Carpinetum-Alnetum	1	-	-	-	-	-	1	-
8	Carpinetum (orientalis)	13	3	3	3	1	1	-	2
9	Junipereto-Carpinetum (orientalis)	9	2	2	2	-	-	1	2
10	Quercetum	5	1	1	1	-	1	-	1
11	Juniperetum	7	2	2	2	-	-	-	1
12	Pineto-Carpinetum (orientalis)	1	-	-	-	-	-	-	1
13	Pistacieto-Juniperetum	4	1	1	1	-	-	-	1
Общее число ценопопуляций		66	9	9	9	9	6	10	14

Примечание: 1 — *Orchis tridentata*, 2 — *O. picta*, 3 — *O. simia*, 4 — *Orchis purpurea*; 5 — *O. militaris* L.; 6 — *O. mascula*; 7 — *O. punctu*

Подлесок лесных местообитаний сравнительно разрежен, в нем представлены *Cornus mas*, *Corylus avellana*, *Rhododendron luteum*, *Ligustrum vulgare*, *Crataegus microphylla*, *Swida australis* и др. В некоторых местообитаниях кустарники низкорослые — от 1 до 2 м с компактными кронами (*Cotinus coggygria*, *Paliurus spinachristi*)

Они формируют небольшие куртины из 3–5 особей и из-за невысокой сомкнутости значительного влияния на древостой не оказывают. Однако подлесок играет важную роль в фитоценозах, сдерживая эрозионные процессы и способствуя сохранению и накоплению подстилки, что благоприятствует развитию травяного покрова и защите почвы. Травостой в местообитаниях, изучаемых орхидных отливается невысоким проективным покрытием от 5 до 20° и редко до 70. Основные виды в большинстве местообитаний не превышают 40 см, заметно уступая по высоте орхидным. Разреженность травяного покрова является одним из условий для нормального развития орхидных.

В основных местообитаниях изучаемых орхидных формируется сплошная подстилка из травяной ветоши, опада листьев, плодов веточек и т.п., которые в течение всего года покрывает верхний слой почвы. Наиболее мощная подстилка отмечена в местах произрастания в древостое бука (*F. orientalis*) и дуба (*Q. petraea*): х. Павловский, г. Боцехур, пос. Алтубинал, перевал Шаумянский и др. Незначительна толщина подстилки в древостоях с преобладанием граба (*C. betulus*) и грабинника (*C. orientalis*) — от 0,5 (бухта Инал), до 2,0–3,0 см (ст. Эриванская, п. Алтубинал, г. Крестовая, п. Криница и др.).

Подстилка из опада широколиственных пород активно минерализуется с участием микроорганизмов уже в первый год. Где отличается большое участие можжевельника, разложение подстилки происходит в следующем году. На местах с большой крутизной склонов (не менее 25°) сплошной подстилки не образуется из-за сноса подстилочного материала, что приводит к наличию оголенных участков на осыпях и раннему засыха-

нию травяного покрова (мыс Утриш, мыс Пенай, гора Шизе). Подстилка играет большую роль в сохранении плодородия почвы, снижению поверхностного стока и обеспечения благоприятных условий для развития микоризообразующих грибов — симбионтов орхидных.

Численность и возрастная структура ценопопуляций видов рода *Orchis*. Численность ценопопуляций видов рода *Orchis* существенно колеблется: у *O. punctulata* от 9 (п. Прасковеевка, Березовская щель, *Querceto-Carpinetum ligustroso varioherbosum*) до 45 (м. Утриш, *Pistacieto-Juniperetum agropyreto-festucosum*) и 25–40 особей в остальных местообитаниях; *O. militaris* — от 7 (п. Ольгинка, *Querceto-Carpinetum Swidoso varioherbosum*) до 35 (бухта Инал, *Querceto-Carpinetum cotinoso varioherbosum*) и 12–16 особей в остальных местообитаниях; *O. tridentata* — от 35 (п. Дюрсо, *Querceto-Carpinetum cotinoso varioherbosum*) до 178 (ст. Эриванская, *Juniperetum cotinoso agropyreto-stiposum*); *O. picta* — от 65 (бухта Инал, *Carpinetum (orientalis) cotinoso varioherbosum*) до 205 (ст. Эриванская, *Juniperetum cotinoso agropyreto-stiposum*); *O. simia* — от 12 (п. Агуй-Шапсуг, *Carpinetum (orientalis) coryloso ranunculeto-poosum*) до 113 (мыс. Утриш, *Pistacieto-Juniperetum agropyreto-festucosum*); *O. purpurea* — от 13 (п. Гай-Кодзор, *Carpinetum (orientalis) poaceto-zernosum*) до 29 (ст. Эриванская, *Querceto-Carpinetum cornoso varioherbosum*); *O. mascula* — от 14 (х. Павловский, *Carpinetum-Fagetum varioherbosum*) до 35 (бухта Инал, *Querceto-Carpinetum crataegoso polygonatosum*).

Ценопопуляции изученных видов различаются также по соотношению возрастных групп. Для *O. mascula* и *O. punctulata* характерен левосторонний возрастной спектр с преобладанием виргинильных особей (ювенильные, имматурные и взрослые виргинильные), для остальных ценопопуляций характерно преобладание генеративных особей.

O. punctulata Stev. ex Lindl. (Ятрышник мелкоотечный) — средиземноморско-переднеазиатский вид. На территории Северо-Западного Кавказа произрастает на полуострове Абрау (хребет Семисам, долина реки Сукко), в окрестностях Новороссийска, Геленджика, Туапсе, Сочи на остепненных лугах, лесных полянах, в можжевельниковых редколесьях (Литвинская, 1983; 1988). С 1992 года местообитания ценопопуляций вида в различных районах Черноморского побережья — от пос. Кабардинка (мыс Пенай) до пос. Агуй-Шапсуг — нами закартированы (Перебора, 2007).

В фитоценозах с участием этого вида преобладают травянистые виды с участием кустарников, образующих

редколесья с можжевельниками и фиштакшой (ассоциации *Juniperetum asphodelineto-stiposum*, *Pistacieto-Juniperetum agropyreto-festucosum* и др.). Характерны также сосновые леса и заросли шибляка (ассоциации *Carpinetum (orientalis) poaceto-zernosum*, *Junipireto-Carpinetum (orientalis) paliuroso zernosum* и др.). Травяной покров в этих ассоциациях невысок и разрежен, поэтому сенокос отмечен только в двух местообитаниях (ст. Раевская — *Quercetum filipenduleto-poosum*, п. Агуй-Шапсуг — *Carpinetum (orientalis) coryloso ranunculeto-poosum*). Раннее сенокосение влияет на возрастной состав ценопопуляции *O. punctulata*, вызывая смещение возрастного спектра вправо. В отсутствие сенокосения в остальных ценопопуляциях соотношение между виргинильными и генеративными особями примерно равное и незначительно колеблется по годам.

В местообитаниях редколесий и шибляка доля молодых особей возрастает, что говорит о перспективности этих популяций: например, на мысе Пенай (*Juniperetum asphodelineto-stiposum*) соотношение возрастных групп j: im: vv: g составляет 32,6:30,8:21,1:15,5%, а на мысе Утриш (*Pistacieto-Juniperetum agropyreto-festucosum*) — 28,9:22,2:15,6:33,3%.

С 1992 года проводились наблюдения на постоянной площадке в районе поселка Кабардинка (мыс Пенай), которые показали колебания общей численности и плотности ценопопуляций по годам в значительных пределах (157–425 особей на 60 м², 2,8–7,1 особей на м²). Изменялось также соотношение между генеративными и вегетативными особями: правосторонний возрастной спектр сменялся на левосторонний и сохранялся таковым почти 12 лет. Невысокая численность ювенильных особей (около 10%) была отмечена в начале исследования и, скорее всего, была связана с неблагоприятными погодными условиями (наиболее негативно сказываются засушливые весна и лето), что привело к незначительному количеству всходов. В годы с достаточным количеством осадков произошла стабилизация числа ювенильных особей с его увеличением с последующим сокращением численности. Такие колебания в зависимости от количества осадков были циклическими. После обильного цветения и плодоношения доля взрослых вегетативных особей в возрастном спектре повышалась.

Погодные условия влияли также на среднюю высоту генеративных растений в пределах 30,2–40,1 см, число цветков — 33,2–47,3, число плодов — 8,3–28,3, процент плодообразования составлял от 24,1 до 59,8.

Таким образом, состояние ценопопуляции около пос. Кабардинка *O. punctulata*, как показали исследо-

вания, достаточно стабильное. Изучаемая ценопопуляция является нормальной неполночленной гомеостатической. Однако длительное влияние неблагоприятных метеорологических факторов (повторяющиеся засухи, низкие зимние температуры) может привести к значительному сокращению численности, а также к переходу генеративных особей во временно не цветущие вегетативные (например, 1998, 2003, 2006 гг.).

Orchis militaris L. (Ятрышник шлемоносный) — евроазиатский палеарктический вид. На Северо-Западном Кавказе *O. militaris* встречается в Адыгее, практически по всему побережью Черного моря (полуостров Абрау, окрестности Джубги, Туапсе и т.д.) (Литвинская и др., 1983). Нами обследованы местообитания *O. militaris* в Новороссийском, Геленджикском и Туапсинском районах Краснодарского края, где вид встречается в кустарниковых зарослях шибляка (с преобладанием в древостое *Quercus pubescens*, *Q. petraea*, *Carpinus orientalis* и др.), на полянах и опушках в дубово-грабовых лесах (Перебора, 2003, 2008).

Впервые ценопопуляция *O. militaris* была выделена нами в бухте Инал в 1995 г.; в 2000 г. нами были вовлечены в мониторинг ценопопуляции данного таксона в окрестностях ст. Раевской, поселков Гай-Кодзор, Дивноморское (г. Каукова) и Ольгинка (г. Крестовая), где изучались особенности фитоценоотического состава растительности (Перебора, 2008). Сомкнутость древостоя в целом по местообитаниям невысокая и колеблется от 10 до 40%, что указывает на относительно незначительную роль древостоя как в сложении растительного покрова в целом, так и в его влиянии на характер развития отдельных ценопопуляций изучаемого вида

Растения *O. militaris* встречаются также в разнотравно-злаковых травостоях на некотором удалении от кустарников (от 0,5 до 1,5 м), на границе леса и опушках и приурочены к осветленным участкам с разреженным травостоем. Однако можно выделить два местообитания с древостоем из низкорослых деревьев *Quercus pubescens* и *Carpinus orientalis*, сомкнутость крон которых составляет около 30%, в обоих местообитаниях численность особей *O. militaris* составила соответственно 23 и 25. При низкой сомкнутости деревьев (10%) — п. Гай-Кодзор и ст. Раевская — численность вида составила всего 16 и 14 особей соответственно; при сравнительно высокой сомкнутости древостоя (40%) — г. Крестовая и п. Ольгинка — численность ценопопуляций составила всего 12 и 7 особей соответственно.

Таким образом, большинство ценопопуляций *O. militaris* занимает нарушенные участки и реже — пер-

вичные фитоценозы, что указывает на невысокую конкурентоспособность изучаемого вида.

Orchis tridentata Scop. (Я. трехзубчатый) — средиземноморский вид. На Северо-Западном Кавказе встречается на хребте Маркотх (мыс Пенай), на полуострове Абрау, в Туапсинском районе, в окрестностях Архипо-Осиповки, Сочи, Хосты, в Крымском и Абинском районах, где растет на остепененных лугах, в горах на открытых луговых местах и лесных полянах, можжевельниковых редколесьях.

Orchis picta Loisel (Я. раскрашенный) — средиземноморский вид. На территории Северо-Западного Кавказа встречается в Адлерском районе, на полуострове Абрау, в окрестностях Геленджика, Архипо-Осиповки, Горячего ключа, Туапсе, Сочи, Майкопа, Крымска, в Абинском районе. Ятрышник раскрашенный растет на горных лугах, лесных опушках, среди редких кустарников, во влажных горных понижениях, на травянистых степных, скальных, известняковых склонах.

Orchis simia Lam. (Я. обезьяний) — европейско-средиземноморский вид. На Северо-Западном Кавказе встречается на полуострове Абрау, в окрестностях Геленджика, Новороссийска, Туапсе, Сочи, Майкопа, станицы Убинской, Смоленской на горных склонах, на опушках и лесных полянах, среди зарослей кустарников. Предпочитает среднее увлажнение почв, сформировавшихся на известковых отложениях.

Orchis purpurea Huds. (Я. пурпурный) — европейско-средиземноморский вид. На территории Северо-Западного Кавказа встречается в Новороссийском, Геленджикском, Туапсинском районах, в окрестностях Хосты, на Камышановой поляне, на северном макросклоне Главного Кавказского хребта (станции Убинская, Смоленская, Крепостная, Эриванская) (Аверьянов, 1994; Красная книга ..., 1994). У растений этого вида образуются крупные продолговато-яйцевидные клубни длиной до 5–6 см (Перебора, 2008).

Наблюдение за развитием растений *O. purpurea* проводилось с 1994 г., на основании которого нами были отмечены и закартированы 3 ценопопуляции вида на северном макросклоне Главного Кавказского хребта в Абинском районе (в окрестностях ст. Эриванской на г. Шизе). Ежегодные исследования этих ценопопуляций проводились в течение последних 20 лет. Четвертая ценопопуляция *O. purpurea* выделена в окрестностях ст. Эриванской, а остальные в Новороссийском районе — п. Гай-Кодзор, ст. Натухаевская, урочище Натухаевский лесхоз; в Геленджикском районе — горы Крестовая, Боцехур, Греческая, Чанхот; в Абинском районе — ст. Шапсугская, ценопопуляции закартированы и описаны в 2000 г.

Местообитания *O. purpurea* в условиях Северо-Западного Кавказа включены в фитоценозы, характеризуются разнообразием растительного покрова, занимаемых высот над уровнем моря, склонами разных экспозиций и крутизны. Наиболее многочисленные ценопопуляции из сравниваемых местообитаний *O. purpurea*, отмечены в окрестностях станиц Эриванской и Шапсугской, а также на г. Греческой. В других местообитаниях число особей в ценопопуляциях гораздо ниже и колеблется от 13 (п. Гай-Кодзор) до 17 особей (г. Крестовая). Основные возрастные группы изучаемого вида выделены во всех ценопопуляциях, но их соотношения в различных местообитаниях заметно варьируют.

Пробные площадки для мониторинга ценопопуляций *O. purpurea* на склонах г. Шизе были выделены для изучения возрастного состава и оценки состояния растений с учетом климатических особенностей по годам (осадки и температура). Пробные площадки были заложены в ассоциациях: *Querceto-Carpinetum caricosum*, *Carpineto-Quercetum herbosum*, *Querceto-Fagetum herbosum*.

Мониторинг показал, что ценопопуляции вида нормальные неполноценные, возрастные спектры отражают высокую интенсивность семенного размножения и характеризуются погодичными изменениями численности отдельных возрастных групп. Наиболее динамичный возрастной спектр по сравнению с другими ценопопуляциями *O. purpurea* отмечен в пределах *Carpineto-Quercetum herbosum*, здесь же отмечен более высокий уровень отмерших особей. Устойчивость данной ценопопуляции объясняется нормальным семенным возобновлением и активным развитием виргинильных особей. В ценопопуляции *O. purpurea* в ассоциации *Querceto-Fagetum herbosum*, наоборот, прорастание семян затруднено наличием рыхлой лесной подстилки. В то же время в этой ассоциации преобладают взрослые виргинильные и генеративные особи, что объясняется более продолжительными периодами их онтогенеза.

Ценопопуляция *O. purpurea* в ассоциации *Querceto-Carpinetum caricosum* расположена у временного водотока на месте бывшей лесовозной дороги на четырех ступенях пологого склона. В результате постепенного сползания отдельных ступеней в сторону ручья и дальнейшего смыва оборвавшихся островков почвы исчезло 7 генеративных особей *O. purpurea*. В последующие годы, возможно, будет смыт еще десяток разновозрастных особей. Существенных изменений в строении фитоценоза за период наблюдений отмечено не было. Общая численность особей изменялась в пределах от 38 до 104; спектр возрастных состояний варьировал: ювенильные 3–21%, имматурные 13–19, взрослые виргинильные 33–84, генеративные 0–42%.

Для трех ценопопуляций *Orchis purpurea* отмечен низкий процент ювенильных и имматурных особей и высокий — взрослых виргинильных, к группе последних относятся и временно не цветущие. Число виргинильных особей отличается динамичностью из-за периодического наступления «волн возобновления», в частности из-за способности переходить в состояние вторичного покоя. В целом общая численность ценопопуляций относительно стабильна, а кратковременные разнонаправленные флуктуации зависят от различных эндогенными и экзогенными факторов.

Таким образом, многолетнее изучение динамики ценопопуляций *O. purpurea* позволяет сделать вывод, что в нарушенных и малонарушенных условиях местообитания этот вид может существовать длительное время. Постепенное изменение метеорологических условий, и особенно фитоценологических, может вызвать разнонаправленные колебания численности, не приводящие к выпадению ценопопуляций из фитоценоза. Однако резкое изменение условий из-за экзогенных причин, в том числе и антропогенных (например, промывка старой лесовозной дороги, вызвавшая сползание склона), может привести к гибели особей вида в фитоценозе за короткий срок.

O. mascula (L.) L. (Ятрышник мужской) — европейско-средиземноморский вид. На Северо-Западном Кавказе распространен в горных растительных сообществах Новороссийска, Геленджика, Туапсе, Сочи, Хосты; встречается в горных лесах, на лесных полянах, среди кустарников (Литвинская и др., 1988).

Маршрутные обследования закартированных ценопопуляций *O. mascula* в ряде местообитаний в пределах Северо-Западного Кавказа выявили десять основных местообитаний в Новороссийском, Геленджикском, Туапсинском и Абинском районах (Перебора, 2007). Изучаемый вид в основном размещается в нижнем и среднем горных поясах от 100 до 650 м. Наиболее многочисленны ценопопуляции вида в пределах высот 300–450 м. Местообитания *O. mascula* характеризуются относительно умеренной крутизной склонов от 5 до 20°. В ориентации склонов местообитаний *O. mascula* преобладают западное, северо-западное и восточное направления. В растительном покрове местообитаний преобладают дубово-грабовые леса (5 местообитаний), а также грабово-дубовые, грабово-буковые, буково-дубовые и грабово-ольховые. Сомкнутость крон деревьев колеблется от 50 до 70%. Преобладающими видами в подлеске выступают *Cornus mas*, *Ligustrum vulgare*, *Crataegus microphylla*, *Swida australis* и др. В травяном покрове преобладают лесные виды (*Aegopodium podagraria* L., *Polygonatum multiflora* (L.) All., *Stellaria holostea* L., *Galium*

odoratum (L.) Scop. (*Asperula odorata* L.) и др.). Высота травостоя колеблется от 30 до 40 см, и только на перевале Шаумянский травостой высокий за счет папоротников (*Dryopteris filixmas* (L.) Schott) и лилий (*Lilium caucasicum* (Misch. Ex Grossh.) Grossh.).

Численность ценопопуляций *O. mascula* в изучаемых местообитаниях колеблется от 14 до 35 особей; в их составе присутствуют все возрастные группы в разном соотношении, но в большинстве ценопопуляций преобладает левосторонний возрастной спектр. Пространственная структура ценопопуляций *O. mascula* представлена скоплениями из разновозрастных особей.

Геоботанические особенности растительного покрова местообитаний *O. mascula* создают достаточно хорошие условия для развития ценопопуляций изучаемого вида. Это подтверждается сравнительно высокой численностью особей и заметной долей в их составе молодых возрастных групп, а также поддержанием постоянной погодичной численности, а в благоприятные годы — наличием волн возобновления.

Выводы

Анализ результатов исследований ценопопуляций орхидных рода *Orchis*, произрастающих в различных местообитаниях на Северо-Западном Кавказе, позволяет сделать следующие выводы:

1. Виды рода, благодаря крупному соцветию и сочетанию всевозможных оттенков в цветках, отличаются высокой декоративностью, что по-

зволяет их использовать в декоративном цветоводстве.

2. Корневые клубни (тубероиды, салеи) видов рода *Orchis*, особенно у *O. purpurea*, самые массивные, что имеет перспективы для фармакологии и ограничено необходимостью защиты этих орхидей от полного уничтожения.
3. Изученные виды характеризуются в целом широкой эколого-фитоценотической амплитудой освоения условий природной среды и вегетируют от нижнего (100–150) до верхнего горно-лесного (1200–1400 м н. ур. м.) пояса, на склонах различной экспозиции и крутизны, при разной сомкнутости древостоя (от 20 до 90%) и проективном покрытии травостоя (от 5 до 70%).
4. Ценопопуляции изученных видов орхидных нормальные неполноценные: в основном преобладают генеративные и виргинильные особи, реже только виргинильные; растения сенильного периода отсутствуют.
5. При изменении эколого-фитоценотических условий (засуха, переувлажнение, антропогенное воздействие) в ценопопуляциях изучаемых видов снижается общая численность особей, в возрастном спектре меняется долевое участие возрастных групп: генеративные особи переходят в вегетативное состояние, снижается доля ювенильных и иматурных особей.
6. Виды рода *Orchis* устойчивы к антропогенному воздействию слабой и средней степени — рекреация (сбор грибов и ягод), выпасы, но слабо устойчивы к сплошной рубке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аверьянов Л.В. Семейство Orchidaceae / Л.В. Аверьянов // Конспект флоры Кавказа. СПб.: Изд-во СПб. Ун-та. — Т. 2. — 2006. — С. 84–101.
2. Вахрамеева М.Г. Онтогенез и динамика популяций *Dactylorhiza Fuchsii* (Orchidaceae) / М.Г. Вахрамеева // Бот. журн., 2006. — Т. 91. — № 11. — С. 1683–1695.
3. Вахрамеева М.Г. Орхидные России (биология, экология и охрана) / М.Г. Вахрамеева, Т.И. Варлыгина, И.В. Татаренко. — Москва: Товарищество научных изданий КМК. — 2014. — 437 с.
4. Вахрамеева М.Г. Орхидеи нашей страны / М.Г. Вахрамеева, Л.В. Денисова, С.В. Никитина, С.К. Самсонов. — М.: Наука, 1991. — 222 с.
5. Вахрамеева М.Г. Экологические характеристики некоторых видов Европейских орхидных / М.Г. Вахрамеева, И.В. Татаренко, Т.М. Быченко // Бюл. МОИП. Отд. биол., 1994. — Т. 99. — Вып. 4. — С. 75–82.
6. Литвинская С.А. Редкие и исчезающие растения Кубани / С.А. Литвинская, А.П. Тильба, Р.Г. Филимонова. — Краснодар, 1983. — 159 с.
7. Перебора Е.А. Распространение орхидных (ORCHIDACEAE) на Северо-Западном Кавказе / Е.А. Перебора // Бот. журн., 2003. — Т. 88. — № 9. — С. 109–116.
8. Перебора Е.А. Динамика численности и возрастной структуры популяции *Orchis purpurea* Huds. в условиях Северо-Западного Кавказа / Е.А. Перебора // Вестн. РУДН. Серия Экология и безопасность жизнедеятельности. — 2007. — № 3. — С. 48–51.
9. Перебора Е.А. Динамика возрастной структуры ценопопуляции *Orchis punctulata* Stev. ex Lindl. Тр. / Е.А. Перебора // КубГАУ. — 2007. — № 3(7). — С. 98–100.
10. Перебора Е.А. Экологические особенности развития *Orchis punctulata* Stev. ex Lindl. (Orchidaceae Juss.) на Северо-Западном Кавказе / Е.А. Перебора // Экол. Вест. Сев. Кавказа. — 2007. — Т. 3. — № 4. — С. 42–63.
11. Перебора Е.А. Экологические особенности развития *Orchis militaris* L. на Северо-Западном Кавказе / Е.А. Перебора // Экол. Вест. Сев. Кавказа. — 2008. — Т. 4. — № 2. — С. 88–105.

12. Перебора Е.А. Особенности развития некоторых тубероидных орхидных в условиях Северо-Западного Кавказа / Е.А. Перебора // Экол. Вест. Сев. Кавказа. — 2008. — Т. 4. — № 2. — С. 106–124.
13. Перебора Е.А. Экология орхидных Северо-Западного Кавказа: монография / под общ. ред. И.С. Белюченко / Е.А. Перебора // Краснодар: КубГАУ. — 2011. — 441с.
14. Татаренко И В. Орхидные России: жизненные формы, биология, вопросы охраны / И.В. Татаренко. — М., 1996. — 207 с.
15. Ценопопуляции растений (Основные понятия и структура) / Под ред. А.А. Уранова, Т.И., Серебряковой. М. 1976. — 216 с.
16. Ярошенко П.Д. Геоботаника / П.Д. Ярошенко. — М. «Просвещение», 1969. — 200 с.
17. Averyanov L.V. Orchids of the Caucasus / L.V. Averyanov // Ber. Arbeitskrs. Heim. Orchid. — 1994. — Vol. 11. — № 2. — P. 4–45.

© Перебора Елена Александровна (ritulya.1971@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Г. Краснодар

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ВОДЫ СКЛЮИХИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПО МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИМ И ГИДРОХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

SAFETY ASSESSMENT OF SLUICING WATER RESERVOIR FOR MICROBIOLOGICAL AND HYDROCHEMICAL INDICATORS

**E. Yatsenko
B. Kagirov
L. Zatonskaya
A. Smorodina**

Summary. The article presents the results of hydrochemical and microbiological studies carried out in 2014–2019 in the water area of the Sklyukhinsky reservoir. The reservoir, being a separate water body, is included in the complex of hydraulic structures on the Aley River in the Altai Territory. Based on the results obtained, the water safety assessment of the Sklyukhinsky reservoir for the study period is given.

Keywords: reservoir, surface reservoirs, drinking water supply, water quality.

Яценко Елена Сергеевна

*К. б. н., доцент, Алтайский государственный университет
mlprx@mail.ru*

Кагиров Баймухамат Нуруллоевич

К. ф. н., доцент, Алтайский государственный университет

Затонская Лина Викторовна

К. х. н. доцент, Алтайский государственный университет

Смородина Анна Вадимовна

Алтайский государственный университет

Аннотация. В статье представлены результаты гидрохимических и микробиологических исследований, выполненных в 2014–2019 гг. на акватории Склюихинского водохранилища. Водохранилище, являясь обособленным водным объектом, включено в комплекс гидротехнических сооружений на реке Алей в Алтайском крае. На основании полученных результатов дана оценка безопасности воды Склюихинского водохранилища за период исследования.

Ключевые слова: водохранилище, поверхностные водоемы, питьевое водоснабжение, качество воды.

Мониторинг качества воды поверхностных водоемов, в том числе водохранилищ, по микробиологическим и гидрохимическим показателям является обязательным условием обеспечения безопасности источников питьевого водоснабжения. Большое количество научных исследований, посвященных оценке качества вод водохранилищ, подтверждают актуальность исследования [1, 2, 3].

Водоохранилища это искусственно созданные долинные, котловинные и естественные озерные водоемы с замедленным водообменом, полным объемом более 1 млн. м³, уровень воды в которых регулируется гидротехническими сооружениями в целях накопления и последующего использования запасов и для удовлетворения хозяйственных и социальных потребностей [1]. Водоохранилищам присуща особая система внутриводоемных процессов: гидрологические, гидрохимические и гидробиологические процессы имеют значительные отличия от природных водоемов [2].

Склюихинское водохранилище является частью гидротехнического комплекса на реке Алей в Алтайском крае, куда помимо него входят Гилевский гидроузел, подпорная плотина у с. Веселоярска, подпорное сооружение у Рубцовска. Склюихинское водохранилище — обособленный объект (водоем), не входящий в состав основного водозаборного гидроузла.

Начало строительства водохранилища — 1971 год. Заполнение водохранилища началось весной 1977 г. и было закончено в 1978 г. В эксплуатацию введено в 1979 году. Склюихинское водохранилище наливное, без боковой проточности, образовано путем одамбирования части русла и поймы протоки Склюиха, с примыканием восточной частью к коренному берегу. Поверхностный сток протоки пропускается по обводному каналу (искусственному руслу). Боковая проточность со стороны коренного берега перехватывается и отводится напорным каналом в протоку Склюиху выше водохранилища. Наполняется водохранилище за счет

принудительной подачи воды из реки Алей насосной станцией Рубцовского водозаборного гидроузла в летне-осенней период [4].

При наивысшем подпорном уровне верхнего бьефа объем водохранилища — 38,6 млн. м³, площадь — 5,82 км², уровень воды — 222,50 м. абс. При наименьшем уровне воды в водохранилище, который дает возможность нормальной эксплуатации гидротехнического сооружения, объем водохранилища — 8,0 млн. м³, площадь — 5,15 км²; уровень воды — 217 м. абс [4].

Назначение Склюихинского водохранилища — резервный источник водоснабжения города Рубцовска.

Емкость водохранилища определена с учетом его назначения:

- ◆ создание резерва объемом 13,7 млн. м³ для водоснабжения города Рубцовска питьевой воды в период прохождения весеннего половодья на р. Алей;
- ◆ создание резервного объема 13,2 млн. м³ питьевой воды с использованием его для водоснабжения города Рубцовска в зимний период в случае перемерзания реки Алей в маловодные годы с суровой зимой.

Забор воды из водохранилища производится в апреле — июне месяцах у отметки 217,20 м. В июле, за счет естественных потерь, уровень воды в водохранилище опускается до отметки — 217,00 м. В августе — сентябре производится заполнение водохранилища до требуемых отметок [6].

Наполнение водохранилища происходит за счет принудительной подачи воды насосной станцией из реки Алей. Поступление поверхностных вод в водохранилище отсутствует. Перелив за счет переполнения емкости водохранилища невозможен. Вероятности опасных для плотины размывов в нижнем бьефе нет в связи с отсутствием паводковых водосбросов. Во избежание прогрева воды и образования мелких водорослей при низких уровнях воды, время между окончанием подачи воды на водоснабжение и новой закачкой воды в водохранилище не превышать один месяц. За время эксплуатации не наблюдалось выхода грунтовых вод на низовой откос, промерзание откоса и образования наледей, выноса грунта тела плотины через дренаж, нет очагов размыва откоса наклонного дренажа поверхностными водами [3].

Водохранилище имеет санитарную водоохранную зону шириной 500 метров уреза воды. В пределах водоохранной зоны устанавливается прибрежная полоса шириной 55 м [6].

В месте расположения водохранилища примыкающая территория с запада — плоская равнина, частично заболочена, с выходами на поверхность солончак, не имеет древесной растительности. С восточной стороны (справа от русла) примыкает коренной берег высотой до 20 м средней крутизны. Примыкающие к протоке земли обводненные, местами засоленные поверхности и заболоченные.

Поскольку, Склюихинское водохранилище — это резерв для питьевого водоснабжения города Рубцовска, вода в нем, должна быть безопасной по гидрохимическим и микробиологическим показателям.

Безопасность питьевой воды в эпидемическом отношении определяется ее соответствием нормативам по микробиологическим показателям: ОМЧ (общее микробное число), ОКБ (общие колиформные бактерии), ТКБ (термотолерантные колиформные бактерии), споры сульфитредуцирующих клостридий и колифаги.

Общее микробное число возрастает при поступлении в воду ливневых, бытовых и промышленных сточных вод. Микроорганизмы семейства Enterobacteriaceae, указывает на загрязнение воды в широком смысле, также ОКБ свидетельствует об органическом загрязнении антропогенного происхождения. Показателем свежего фекального загрязнения воды является содержание термотолерантных колиформных бактерий *Escherichia coli* (ТКБ). Присутствие в воде колифагов является показателем вирусного загрязнения питьевой воды. На давнее фекальное загрязнение воды, указывает наличие в спор сульфитредуцирующих клостридий. Споры *C. perfringens* выживают в воде дольше, чем бактерии, они устойчивы к химическим и физическим факторам среды [7].

К биогенным веществам, содержащимся в воде, относится азот. В процессе нитрификации, в аэробных условиях, аммиак окисляется до нитритов и нитратов. Нитриты — неустойчивые компоненты природных вод. Увеличение концентрации аммиака и нитритов указывает на неблагоприятное состояние водоема, не завершённый процесс нитрификации. Повышенное содержание нитратов указывает на ухудшения санитарного состояния водоема, так же свидетельствует о завершении нитрификации [8].

Гуминовые кислоты — это часть органического вещества природных вод, их повышенное содержание может отрицательно влиять на развитие водных растений и животных организмов в результате резкого снижения концентрации растворенного кислорода в водоеме, который идет на окисление. Показателем содержания в воде органических загрязнителей, к ко-

Таблица 1. Качество воды Склюихинского водохранилища в 2014–2019 гг. по гидрохимическим показателям

год	Среднее значение показателя (за год)				
	Водородный показатель (ед.рН)	Аммиак (мг\дм ³)	Нитриты (мг\дм ³)	Нитраты (мг\дм ³)	Перманганатная окисляемость (мгО ₂ \дм ³)
2014	8,09	<0,05	<0,02	0,66	2,9
2015	7,69	<0,05	<0,02	2,66	2,7
2016	8,21	<0,05	<0,02	0,99	3,0
2017	7,98	<0,05	<0,02	2,29	2,9
2018	8,05	<0,05	<0,02	1,25	3,1
2019	8,20	0,0062	<0,02	1,10	3,0

Таблица 2. Качество воды Склюихинского водохранилища в 2014–2019 гг. по показателям ОКБ и ТКБ

год	ОКБ (КОЕ\100мл)			ТКБ (КОЕ\100мл)		
	Среднее значение	Максимальное значение	Минимальное значение	Среднее значение	Максимальное значение	Минимальное значение
2014	8	24	1	7	24	1
2015	2	3	1	2	3	1
2016	3	3	3	2	3	1
2017	3	5	1	3	5	1
2018	3	4	1	1	1	1
2019	8	18	1	1	2	1

Таблица 3. Качество воды Склюихинского водохранилища в 2014–2019 гг. по показателям споры сульфитредуцирующих клостридии и колифаги

год	Споры сульфитредуцирующих клостридии (КОЕ/20мл)			Колифаги (БОЕ/100мл)		
	Среднее значение	Максимальное значение	Минимальное значение	Среднее значение	Максимальное значение	Минимальное значение
2014	6	12	Н/о	3	5	Н/о
2015	1	2	Н/о	1	1	Н/о
2016	6	19	Н/о	1	2	Н/о
2017	3	6	2	Н/о	1	Н/о
2018	1	4	Н/о	Н/о	1	Н/о
2019	2	3	Н/о	Н/о	2	Н/о

Примечание: Н/о — не обнаружено

торым относятся гуминовые кислоты является перманганатная окисляемость [9].

В связи с выше сказанным, цель работы — проанализировать качества воды Склюихинского водохранилища по микробиологическим и гидрохимическим показателям в 2014–2019 гг.

Оценка качества воды Склюихинского водохранилища проводилась по среднегодовым показателям: рН, аммиак, нитриты, нитраты, перманганатная окисляе-

мость, ОКБ, ТКБ, споры сульфитредуцирующих клостридий, колифаги. Исследование проводилось в аккредитованной лаборатории МУП «Рубцовский водоканал». Все анализы выполнены в полном соответствии с нормативными документами. Отбор проб производился ежедневно в апреле, мае и июне в 2014–2019 гг.

Результаты исследования качества воды Склюихинского водохранилища по гидрохимическим и микробиологическим показателям представлены в следующих таблицах.

Водородный показатель за период исследования изменяется не значительно (с 7,96 до 8,21 ед. рН), что советует фоновым показателя в водах реки Алей. Изменение рН в водах р. Алей с 2014 по 2019 гг. не значительное, зависит от водности, и изменяется от 7, 2 до 8, 2 ед. рН. Содержание аммиака, нитритов и нитратов минимально (ниже предела обнаружения), что указывает на отсутствие поступления загрязнений в водоём, т.к. он изолирован от других водных объектов. Перманганатная окисляемость не высокая (в среднем — 3,0 мгО₂/дм³), что свидетельствует о не большом количестве гуминовых веществ в воде (ПДК для питьевой воды 5 мгО₂/дм³) (табл. 1).

Содержание общих и термотолерантных колиформных бактерий в воде не значительно (в среднем от 8 до 2 КОЕ/100мл). Это указывает на отсутствие как свежего фекального загрязнения, так и постоянного загрязнения вод. Максимальные значения численности как ОКБ, так и ТКБ (24 КОЕ/100мл) отмечены в 2014г (табл. 2).

Содержание спор сульфитредуцирующих клостридий не велико (от 19 (КОЕ\20мл) до не обнаружено). Максимально значение в 2016г (19 (КОЕ\20мл).

Количество колифагов в воде низкое, что свидетельствует об отсутствии колиформных бактерий, на которых паразитируют фаги. Максимальное значение колифагов в 2014г, что связано с самим высокими за весь период исследования ОКБ и ТКБ (табл. 3).

На основании вышеизложенного можно сделать вывод: гидрохимические и микробиологические исследования, выполненные в мае-июле 2014–2019 гг. показали, что в Склюихинском водохранилище: рН советует фоновому значению в водах реки Алей, низкое содержание биогенных элементов, колиформных бактерий, спор сульфитредуцирующих клостридий и колфагов указывают на отсутствие загрязнений. Следовательно, воды Склюихинского водохранилища, могут выступать безопасным запасным источником питьевой воды для города Рубцовска.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авакян А.Б., Салтанкин В.П., Шарапов В.А. Водохранилища (Природа мира). Москва: Изд-во "Мысль"; 1987.
2. Приказ Минприроды РФ от 26.01.2011 N17 Об утверждении Методических указаний по разработке правил использования водохранилищ. Методические указания по разработке правил использования водохранилищ.
3. Яценко Е.С., Анисимова Д.А. Оценка последствий гидродинамической аварии на Склюихинском водохранилище по имитационным параметрам волны прорыва плотины. Известия Алтайского государственного университета. Барнаул: 2014; 3–2 (83): 140–143.
4. Декларация безопасности гидротехнических сооружений. Склюихинское водохранилище на протоке Склюиха (река Алей) в Рубцовском районе Алтайского края. Книга 1. Барнаул: 2002.
5. Склюихинское водохранилище — чаша с красными каменными берегами [Электронный ресурс] URL <https://lastochkanata.livejournal.com/27149.html> (дата обращения 01.08.20).
6. Правила эксплуатации Склюихинского водохранилища на протоке Склюиха (река Алей) в Рубцовском районе Алтайского края. Книга 3. Барнаул; 2002.
7. Игнатъева Л.П. Критерии качества воды поверхностных и подземных источников. Эколого-гигиеническая оценка качества питьевой воды, воды водоемов: учебное пособие. Иркутск: ИГМУ; 2014.
8. Орлова Т.Н., Базлов Д.А., Орлов В.Ю. Химия природных и промышленных вод: учеб. пособие. Ярославль: ЯрГУ; 2013.
9. Сибгатуллина А.М., Мазуркин П.М., Измерение загрязнённости речной воды (на примере малой реки Малая Кокшага). Москва: Академия естествознания; 2009.

© Яценко Елена Сергеевна (mlprx@mail.ru), Кагиров Баймухамат Нуруллоевич,
Затонская Лина Викторовна, Смородина Анна Вадимовна.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВЛИЯНИЕ ЗАКРУТКИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ТЕЧЕНИЙ В КАНАЛАХ

INFLUENCE OF SWIRLING ON FLOW STABILITY IN CHANNELS

V. Akhmetov

Summary. The problem of hydrodynamic stability of a swirling flow of a viscous incompressible fluid in a channel with rigid walls is considered. The solution is determined by numerical integration of sixth-order ordinary differential equations system. The amplification coefficients and phase velocities of the most unstable disturbances are calculated for various flow profiles.

Keywords: hydrodynamic stability, swirling flow, viscous fluid, amplification coefficients.

Ахметов Вадим Каюмович

Д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
vadim.akhmetov@gmail.com

Аннотация. Рассматривается задача гидродинамической устойчивости закрученного потока вязкой несжимаемой жидкости в канале с жесткими стенками. Решение определяется численным интегрированием системы обыкновенных дифференциальных уравнений шестого порядка. Рассчитаны коэффициенты усиления и фазовые скорости наиболее неустойчивых возмущений для различных профилей течения.

Ключевые слова: гидродинамическая устойчивость, закрученный поток, вязкая жидкость, коэффициенты усиления.

Закрученные течения жидкости или газа продолжительное время являются объектом теоретического и экспериментального исследования. Это обусловлено целым рядом свойств, которые поток приобретает благодаря воздействию центробежной силы, вызванной его вращением. Области применения закрученных потоков обширны и разнообразны. В качестве некоторых примеров можно отметить следующие направления: стабилизация процессов горения за счет образования рециркуляционной зоны, очистка воздуха от пыли и мелкодисперсных примесей, разделение потока по фракциям, температурное разделение в трубах Ранка-Хилша, аэрирование потока с помощью контрвихревых аэраторов, гашение энергии в гидротехнических сооружениях за счет взаимодействия двух коаксиально закрученных в противоположные стороны потоков, смешение дымовых газов при сжигании топлива, интенсификации процессов теплообмена [1–6]. В связи с этим особенно актуальным является исследование устойчивости закрученных течений, так как именно за счет этого обеспечивается работа технических устройств в расчетном режиме.

Основным инструментом математического моделирования в этом случае служит гидродинамическая теория устойчивости [7–11]. Суть этого подхода заключается в том, что на основное (считающееся известным) течение накладываются некоторые малые возмущения и исследуется процесс нарастания этих возмущений по времени или пространству. Если они затухают, то течение считается устойчивым, если растут — то неустойчивым.

Базовой системой уравнений гидродинамики вязкой несжимаемой жидкости является система Навье-Стокса, используя которую можно рассчитать основное течение, а затем исследовать его устойчивость. Можно также рассматривать некоторые модельные течения в качестве основного с заданным распределением скоростей.

1. Постановка задачи и метод решения

Будем считать, что основное течение вязкой несжимаемой жидкости является осесимметричным и в цилиндрической системе координат (r, φ, z) описывается полем скоростей

$$V_z = U(r), \quad V_\varphi = W(r), \quad V_r = 0. \quad (1)$$

Здесь ось z направлена вдоль движения потока. В классической теории устойчивости на основное течение накладываются возмущения в виде бегущей волны

$$\{V'_z, V'_r, V'_\varphi, p'\} = \{F, iS, H, P\} \exp[i(\alpha z + n\varphi - \alpha ct)], \quad (2)$$

Комплексные функции $F(r), S(r), H(r), P(r)$ задают амплитуду волны длиной λ с волновым числом $\alpha = 2\pi/\lambda$, модой возмущения n ($n = 0; \pm 1; \pm 2; \dots$) и скоростью распространения c . Для неизвестных амплитудных функций после процедуры подстановки возмущений (1) в уравнения Навье-Стокса и ее дальнейшей линеаризации можно получить систему следующих уравнений

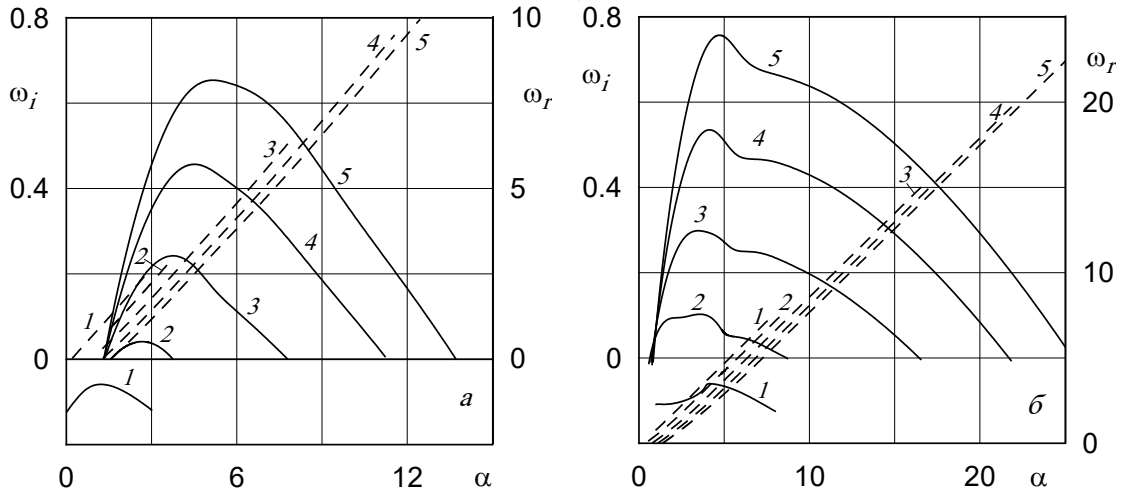


Рис.1. Зависимости коэффициентов усиления (сплошные линии) и частот колебаний (штриховые линии) от волнового числа при : а — Re=300, б — Re=1000, 0,1, 0,3, 0,56, 0,8, 1 (кривые 1-5)

$$r^2\gamma F + \alpha r^2 P + r^2 S U' = \frac{1}{i \text{Re}} [r(rF')' - (\alpha^2 r^2 + n^2 F)], \quad (3)$$

$$r^2\gamma S + 2rHW - r^2 P' = \frac{1}{i \text{Re}} [r(rG')' - (\alpha^2 r^2 + n^2 + 1)S - 2nH], \quad (4)$$

$$r^2\gamma H + r^2 S \left(W' + \frac{W}{r} \right) + rnP = \frac{1}{i \text{Re}} [r(rH')' - (\alpha^2 r^2 + n^2 + 1)H - 2nS], \quad (5)$$

$$\alpha r F + (rS)' + nH = 0, \quad (6)$$

где $\gamma = \alpha(U - c) + nW/r$. Граничными условиями для системы (3)-(6) служат выражения:

$$S(0) = H(0) = 0, \quad F(0), P(0) \text{ — ограничены при } n = 0; \quad (7)$$

$$S(0) \pm H(0) = 0, \quad F(0) = P(0) = 0 \text{ — где } n = \pm 1; \quad (8)$$

$$S(0) = H(0) = F(0) = P(0) = 0 \text{ — где } |n| > 1; \quad (9)$$

$$S(r_k) = H(r_k) = F(r_k) = 0. \quad (10)$$

Будем исследовать, так называемую, временную устойчивость течения (1). При этом волновое число α действительное, а скорость $c = c_r + ic_i$ комплексная (c_r — фазовая скорость, c_i — скорость роста возмущения по времени). Очевидно, что при $c_i < 0$ возмущения затухают (течение устойчиво), а при $c_i > 0$ — растут (течение неустойчиво).

Сформулированная постановка является задачей на собственные значения, которая решается численно интегрированием системы (3)-(6) с условиями (7)-(10) методом Рунге-Кутты с использованием ортогонализационной процедуры Грамма-Шмидта. Метод решения изложен в [11] и применялся при исследовании широкого круга задач.

3. Результаты вычислений

Рассмотрим результаты исследования устойчивости на примерах течений вида (1) с разными распределениями скорости. В первом случае будем считать, что ядро закрученного потока представляет собой вихрь Бюргерса:

$$U(r) = U_1(r)/U_0, \quad W(r) = W_1(r)/U_0, \quad U_0 = U_{1\max},$$

$$U_1(r) = U_2 \{1 - \exp[\tau(r-1)]\} + \varepsilon [\exp(-\sigma r^2) - \exp(-\sigma)],$$

$$W_1(r) = W_2 \{ \exp(-\tau) - \exp[\tau(r-1)] \} + \frac{\beta}{r} [1 - \exp(-\sigma r^2)], \quad (11)$$

$$U_2 = \frac{\tau^2 \sigma - \varepsilon [1 - (1 + \sigma) \exp(-\sigma)]}{\sigma \tau^2 + 2[1 - \sigma - \exp(-\sigma)]}, \quad W_2 = \beta \frac{1 - \exp(-\sigma)}{1 - \exp(-\tau)}.$$

Здесь параметр τ определяет толщину пограничного слоя, ε задает форму профиля ($\varepsilon > 0$ — струйное течение, $\varepsilon < 0$ — спутное, $\varepsilon = 0$ — равномерный поток).

Выборочные результаты устойчивости течения (11) при $\varepsilon = 0, \tau = 12, \sigma = 18, n = -1$ представлены на рис. 1. Небольшая закрутка ($\beta = 0.1$) не оказывает существенного воздействия на поток и он остается устойчивым (кри-

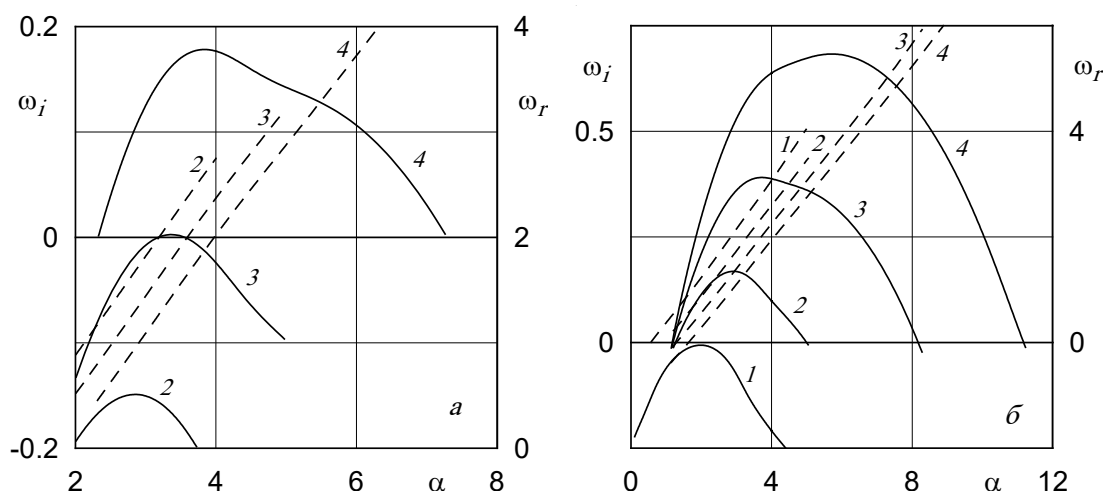


Рис. 2. Зависимости коэффициентов усиления (сплошные линии) и частот колебаний (штриховые линии) от волнового числа при: а — $Re=100$, б — 300 , $G=0.7, 1.2, 1.7, 2.2$ (кривые 1-4)

вая 1). При увеличении закрутки ($\beta=0.3$) устойчивость потока нарушается, а в дальнейшем — усиливается. Длина волны, которая соответствует наиболее неустойчивым возмущениям, примерно равна диаметру канала и незначительно уменьшается с увеличением закрутки. Данный профиль скорости неустойчив к более коротким возмущениям по сравнению с течением Пуазейля во вращающейся трубе. Рассмотренные моды неустойчивости имеют невязкий характер и с ростом значения числа Рейнольдса неустойчивость сохраняется.

Во втором случае рассмотрим течение с полем скоростей вида:

$$\begin{aligned} V_{z0}(r) &= D_0 + D_1 \exp(-B_1 r^2), \\ V_{\varphi 0}(r) &= G \frac{A}{r} (1 - \exp(-B_2 r^2)), \quad 0 \leq r \leq r_0, \\ V_{z0}(r) &= a_0 + a_1 r + a_2 r^2, \quad V_{\varphi 0}(r) = G(b_0 + b_1 r + b_2 r^2), \\ r_0 &\leq r \leq 1. \end{aligned} \quad (12)$$

В данном исследовании примем

$$\begin{aligned} D_0 &= 1, \quad D_1 = 0, \quad B_1 = 0, \quad B_2 = 14, \quad A = 0.419, \\ r_0 &= 0.75, \quad a_0 = -8, \quad a_1 = 24, \quad a_2 = -16, \\ b_0 &= -5.363, \quad b_1 = 19.627, \quad b_2 = -14.260. \end{aligned} \quad (13)$$

Дисперсионные зависимости, характеризующие устойчивость течения (12) при $Re = 100, 300$ представлены на рис. 2. В этом случае малая закрутка $G=0.7, 1.2$ также не приводит к нарушению устойчивости потока, а при усилении закрутки $G=1.7, 2.2$ поток становится неустойчивым. Такая же картина наблюдается при больших значениях чисел Рейнольдса. Как и в предыдущем случае, длина волны для наиболее неустойчивых возмущений имеет значение порядка длины канала.

4. Заключение.

Для течений во вращающемся канале с постоянной угловой скоростью q при превышении критического числа Рейнольдса нарушение устойчивости наблюдается при чрезвычайно малых значениях $q \approx 0.01$. Представленные вычисления течений с закруткой, распределенной по радиусу, показывают существование некоторой критической закрутки. Определяя параметр закрутки G отношением максимальных значений азимутальной компоненты скорости к осевой, для представленных вычислений в диапазоне умеренных чисел Рейнольдса критическое значение закрутки составляет $G_{кр} \approx 0.7-1.7$.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (№ 18-01-00762).

ЛИТЕРАТУРА

1. Гупта А., Лилли Д., Сайред Н. Закрученные потоки. М.: Мир, 1987. 588 с.
2. Карелин В.Я., Кривченко Г.И., Мордасов А.П., Волшаник В.В., Зуйков А.Л., Ахметов В.К. Физическое и математическое моделирование систем гашения энергии в вихревых водосборах // Физическое и математическое моделирование гидравлических процессов при исследовании гидроузлов комплексного назначения. Тез. научно-техн. совещания (г. Дивногорск, 24–26 мая 1989). Л.: ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 1989. С. 11–12.

3. Rukes L., Sieber M., Paschereit C., Oberleithner K. The impact of heating the breakdown bubble on the global mode of a swirling jet: experiments and linear stability analysis // *Physics of Fluids*. 2016. Vol. 28. 104102.
4. Ахметов В.К., Волшаник В.В. Исследование распространения аэрированной затопленной струи // *Гидротехническое строительство*. 1994. № 10. С. 24–26.
5. Ахметов В.К., Шкадов В.Я., Шкадова В.П. Смешение нагретых газов в осесимметричном канале с предварительной закруткой потока // *Известия РАН. Механика жидкости и газа*. 2006. № 3. С. 19–29.
6. Ахметов В.К., Шкадов В.Я. Распыление порошка закрученным потоком с зоной рециркуляции // *Известия РАН. Механика жидкости и газа*. 2000. № 6. С. 3–15.
7. Ахметов В.К., Шкадов В.Я. К вопросу об устойчивости свободного вихря // *Вестник МГУ. Сер. 1. Математика, механика*. 1987. № 2. С. 35–40.
8. Chan S.; Ault J.T., Haward S.J., Meiburg E., Shen A.Q. Coupling of vortex breakdown and stability in a swirling flow // *Physical review fluids*. 2019. V. 4. № 8. 084701.
9. Blanco-Rodríguez F.J., Rodríguez-García J.O., Parras L., del Pino C. Optimal response of Batchelor vortex // *Physics of Fluids*. 2017. Vol. 29. 064108.
10. Yadav N.K., Samanta A. The stability of compressible swirling pipe flows with density stratification // *Journal of Fluid Mechanics*. 2017. Vol. 823. Pp. 689–715.
11. Ахметов В.К. Гидродинамическая устойчивость контрвихревых течений // *Гидротехническое строительство*. 2018. № 2. С. 13–18.

© Ахметов Вадим Каюмович (vadim.akhmetov@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Московский государственный строительный университет

ПРОГРАММНЫЙ АНАЛИЗ ТИПИЧНЫХ АТАК НА АЛГОРИТМ DES

PROGRAM ANALYSIS OF TYPICAL
ATTACKS ON THE DES ALGORITHMA. Berezovsky
A. Romanenkov

Summary. Methods of attacks on the DES algorithm and algorithms that are implemented on the Feistel permutation network are considered. The paper considers algorithms for organizing typical attacks and presents their software implementations. Computational experiments are presented.

Keywords: cryptanalysis, differential cryptanalysis, linear cryptanalysis, LAT tables.

Березовский Александр Дмитриевич

Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет),
Москва
sashulber@mail.ru

Романенков Александр Михайлович

К.т.н., доцент, Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет);
с.н.с., ФИЦ «Информатика и управление» Российской
Академии Наук, Москва
romanaleks@gmail.com

Аннотация. Рассмотрены методы атак на алгоритм DES и алгоритмы, которые реализованы на подстановочно-перестановочной сети Фейстеля. В работе рассмотрены алгоритмы организации типичных атак и представлены их программные реализации. Приведены вычислительные эксперименты.

Ключевые слова: криптоанализ, дифференциальный криптоанализ, линейный криптоанализ, LAT таблицы.

Введение

Алгоритм DES (Data Encryption Standard) — это один из распространённых алгоритмов. На протяжении нескольких лет (1977–1980 г.) был национальным стандартом шифрования США. На замену этого алгоритма пришёл новый алгоритм шифрования данных Rijndael, который является стандартом шифрования США и по сей день. На основе DES предложен новый алгоритм, который называется 3DES, разработанный в 1978 году [1].

При взломе DES в основном использовались следующие атаки:

1. *Метод полного перебора.* Требуется одна известная пара зашифрованного и расшифрованного текста, его выполнение требует около 2^{55} шагов.
2. *Дифференциальный криптоанализ.* Первую такую атаку на DES заявили Бихам и Шамир. Эта атака требует шифрования 2^{47} открытых текстов, выбранных нападающим, и для её выполнения нужны примерно 2^{47} шагов. Но оказалась не практичной.
3. *Линейный криптоанализ.* Разработан Matsui. Этот метод позволяет восстановить ключ DES с помощью анализа 2^{43} известных открытых текстов. Первый экспериментальный криптоанализ DES, основанный на открытии Matsui, был успешно выполнен в течение 50 дней

на автоматизированных рабочих местах 12 HP 9735 [2].

4. *Атака встречей по середине.* Основной принцип атаки заключается в разделении раундов на верхнюю и нижнюю части. Главное условие, от которого отталкивается атакующий — это равенство по середине разделённых раундов [8].

Описание алгоритма DES

DES шифрует *блоки* длиной 64 бит. Алгоритм является типичной сетью Фейстеля с 16 раундами. В каждом раунде используется свой *раундовый ключ*, которые генерируются из основного ключа, вводимого пользователем. В алгоритме DES16 раундовых ключей, которые имеют длину 48 бит [2].

Основная функция шифрования:

- ◆ расширяющая перестановка E ,
- ◆ сложение по модулю 2 с раундовым ключом k_i ,
- ◆ преобразование S с помощью восьми S блоков (S_1, S_2, \dots, S_8) .
- ◆ перестановка P .

Механизм работы сети Фейстеля заключается в преобразовании блоков, которые разбиваются на две части (левая и правая). Правая R_i копируется в левую часть следующего блока L_{i+1} , а L_i складывается по модулю 2 с R_i прошедшую заданные преобразования ра-

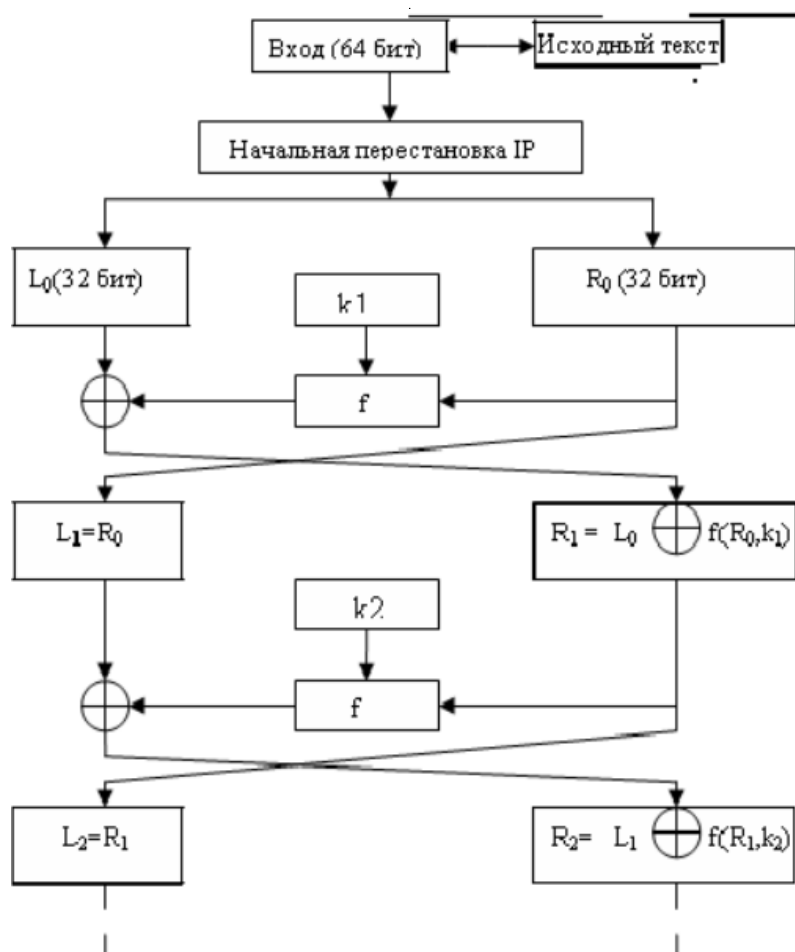


Рис. 1. Схема двух раундов DES

унда f и присваивается правой части следующего блока R_{i+1} . Таким образом циклично преобразуются несколько блоков [3].

Криптоанализ

Атака грубой силой

Всеми известная атака «брутфорс» или по-другому атака перебором ключа. Данная атака не уместна к алгоритмам шифрования подобным шифру Вермана. Так как все перебираемые ключи также перебирают все возможные открытые тексты [4].

Основная суть атаки заключается в последовательном переборе ключа. Нужно чтобы подбираемый ключ совпал с секретным. Об этом должно сообщить появление определённого сигнала. Сигнал зависит от условий в которых и при которых проходит атака.

Атака грубой силой в своём подавляющем большинстве гарантирует, что данный шифр будет взломан, за некоторое количество времени [4]. Была создана

машина DES Cracker организацией Electronic Frontier Foundation, которой удалось взломать алгоритм DES меньше чем за неделю.

Атаке грубой силой невозможно противостоять, не расширяя количество секретных бит. Как и поступили создатели 3DES. Ключ в данном алгоритме составляет 168 бит (эффективные лишь 112 бит), что в разы больше, чем 56 бит обычного DES [1].

Атака линейным анализом

Суть метода состоит в нахождении линейной зависимости начального текста, шифротекста и ключа. После нахождения зависимостей выбирается наиболее эффективная и подбираются оставшиеся биты прямым перебором.

Прежде чем приступить к DES, рассмотрим подстановочно-перестановочную сеть (*SP-сеть*). Пусть x, y — это двоичные вектора размерностью n . Тогда скалярное произведение этих векторов определим формулой:

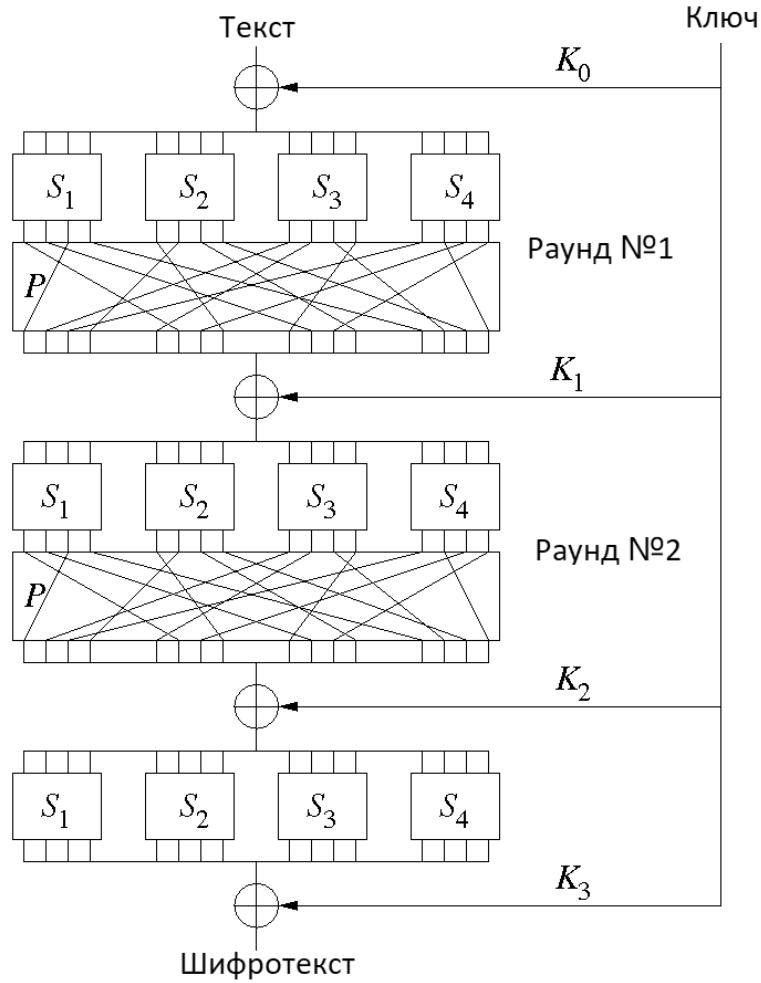


Рис. 2. Схема SP-сети с 4-мя S блоками

$$\langle x, y \rangle = x_1 \cdot y_1 \oplus \dots \oplus x_n \cdot y_n \quad (1)$$

где операция (\cdot) — это поразрядная конъюнкция, а (\oplus) — это поразрядное исключающие «или» (XOR).

Пусть, далее, P — открытый текст, C — шифротекст, K — ключ, ϵ — преобладание линейного соотношения, a, β, γ — выбранные двоичные векторы, которые будем называть масками. Линейным приближением шифра будем называть:

$$\langle P, a \rangle \oplus \langle C, \beta \rangle = \langle K, \gamma \rangle, \quad (2)$$

который будет выполняться с вероятностью $1/2 + \epsilon$. Чем больше $|\epsilon|$, тем успешнее будет криптоанализ.

Для наглядности рассмотрим раунд № 1, в котором S блоки $S_1 = S_2 = S_3 = S_4$. Значения для всех S возьмём равные $(0, 1, 13, 12, 11, 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 14, 15)$. Рассмотрим все возможные приближения S блока $\langle a, x \rangle$ и

$\langle b, y \rangle$, где a и $b \in Z_2^4$. Теперь рассмотрим линейное приближение, например:

$$X_1 \oplus X_2 = Y_1 \oplus Y_2 \oplus Y_3$$

то есть здесь масками являются вектора $a = (1100) = 12, b = (1110) = 14$. В итоге можно получить таблицу всех возможных вариаций входных данных и выходных. В этой таблице -столбцы — это все возможные вариации левой части линейного приближения, Y -столбцы — это все возможные вариации правой части линейного приближения (рис. 3).

При анализе значений в предпоследнем и последнем столбцах, заметим, что равенство выполняется в 10-ти строчках из 16-ти. Получается, что равенство выполняется с вероятностью в

$$\epsilon_1 = \frac{10}{16} - \frac{1}{2} = \frac{2}{16}$$

X1	X2	X3	X4	Y1	Y2	Y3	Y4	X1+X2	Y1 + Y2+ Y3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	1	1	0	1	0	0
0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
0	1	0	0	1	0	1	1	1	0
0	1	0	1	1	0	1	0	1	0
0	1	1	0	1	0	0	1	1	1
0	1	1	1	1	0	0	0	1	1
1	0	0	0	0	1	1	1	1	0
1	0	0	1	0	1	1	0	1	0
1	0	1	0	0	1	0	1	1	1
1	0	1	1	0	1	0	0	1	1
1	1	0	0	0	0	1	1	0	1
1	1	0	1	0	0	1	0	0	1
1	1	1	0	1	1	1	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0

Рис. 3. Таблица истинности для линейного приближения

a\b	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
2	0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
3	0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
4	0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
5	0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
6	0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
7	0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
8	0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
9	0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
10	0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
11	0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
12	0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	2	...	...	...
13	0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
14	0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
15	0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
16	0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Рис. 4. LAT таблица

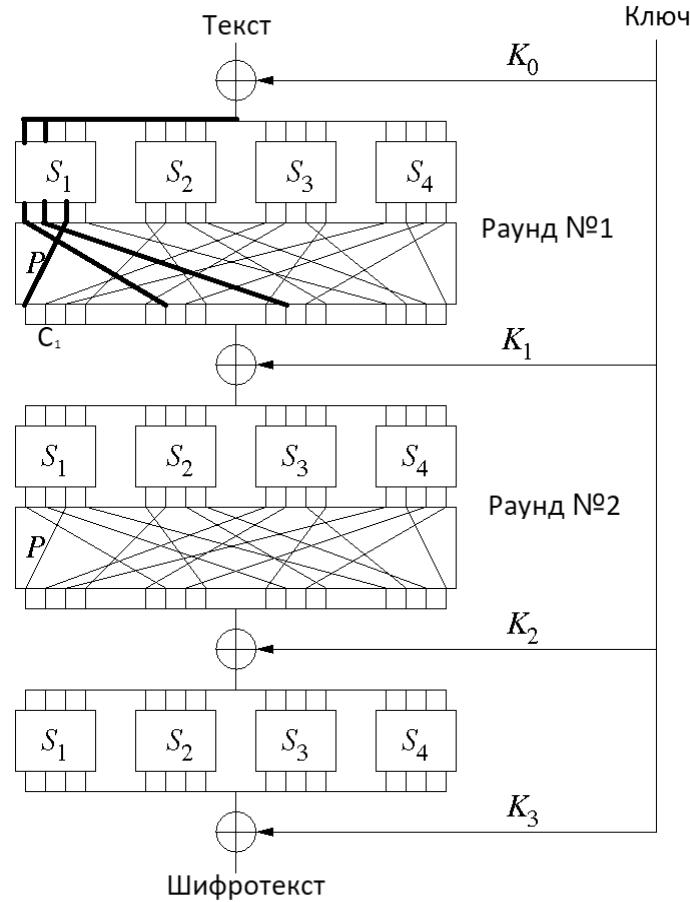


Рис. 5. Схема SP-сети с 4-мя S блоками

Далее строится так называемая LAT таблица для S-блока (*таблица линейного приближения*). В общем случае для S-блока это $n \times n$ таблица будет размера 2^n на 2^n , где строки — это векторы a , а столбцы это векторы b (рис. 4), где значения $-8, 8, 0$ не будут интересовать. Эффективнее брать $4, -4, 6, -6$ для дальнейших вычислений. Знак перед значением из ячейки не важен, так как при отрицательном ϵ в линейном приближении (в правой части) добавляется $\oplus 1$.

Рассмотрим структуру шифра 1-го раунда (рис. 5).

Как видно при входе получается $P[1,2]$ (для 1-го S блока), $K_0[1,2]$, а на выходе $C_1[1,6,10]$. Далее на вход в следующий раунд подаётся $C_1[1,6,10]$. В итоге выходит линейное приближение для 1-го раунда:

$$P[1,2] \oplus K_0[1,2] = C_1[1,6,10]$$

это приближение только для одного раунда. Таким образом итерировуются эти операции на всех раундах.

Следующим шагом будет рис. 6, то есть система разобьётся на

$$C_1[1] \oplus K_1[1] = C_2[n_1, m_1]$$

$$C_1[6] \oplus K_1[6] = C_2[n_2, m_2]$$

$$C_1[10] \oplus K_1[10] = C_2[n_3, m_3]$$

где n, m нужно посчитать тем же самым способом. Далее формируется линейное приближение уже для 2-го раунда:

$$P[1,2] \oplus K_0[1,2] \oplus K_1[1,6,10] = C_2[n_1, m_1, n_2, m_2, n_3, m_3]$$

и результирующая вероятность, с которой выполняется данное неравенство ищется с помощью *леммы Мацуи* «о набегании знаков»:

Лемма Мацуи [5]. Пусть X_i , где — независимые случайные величины, принимающие значения из Z_2 . Пусть

$$P\{X_i = 0\} = \frac{1}{2} + \epsilon_i \tag{3}$$

где $0 \leq \epsilon_i \leq \frac{1}{2}$.

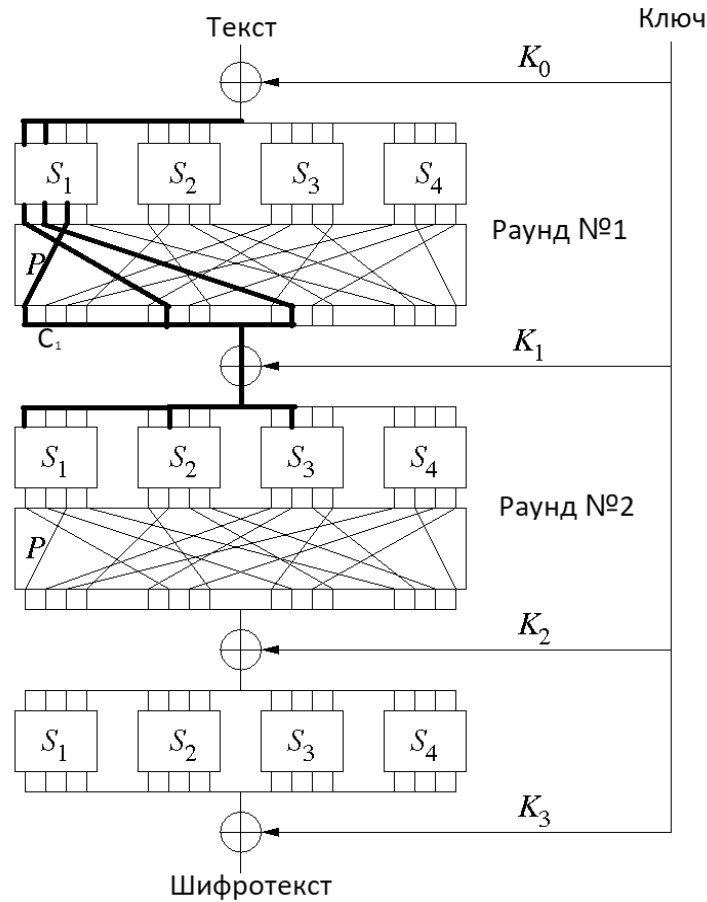


Рис. 6. Схема SP-сети с 4-мя S блоками

Тогда случайная величина $X_1 \oplus X_2 \oplus \dots \oplus X_n$ принимает значение 0 с вероятностью

$$\frac{1}{2} + \epsilon, \text{ где } \epsilon = 2^{n-1} \prod_{i=1}^n \epsilon_i.$$

Вероятность для 2-го раунда будет равна

$$\frac{1}{2} + 2^3 \binom{2}{16} \binom{t}{p}, \text{ где } \frac{t}{p} -$$

это вероятность выполнения равенства во втором раунде, где t — числитель, который взят из LAT-таблицы. И завершающий этап алгоритма имеет несколько своих вариаций. Рассмотрим следующую:

После нахождения окончательного линейного соотношения (назовём его *РСК* (2), а также вероятности с которой оно выполняется

$$p = \frac{1}{2} + \epsilon$$

для каждой пары P, C вычисляется значение левой части соотношения *РСК*. Пусть N_0, N_1 будут количество пар статистики, для которых левая часть соотношения равна 0 и 1 (очевидно $N_0 + N_1 = N$).

Положим $\langle K, \gamma \rangle = 0$, если $(N_0 - N_1) \cdot \epsilon > 0$ и $\langle K, \gamma \rangle = 1$, если $(N_0 - N_1) \cdot \epsilon \leq 0$. И с учётом этого условия подбирается ключ грубой силой [5].

Теперь отобразим те же действия только с учётом этапов шифрования DES:

Первая проблема, с которой можно столкнутся это то, что в начале идёт не объединение с ключом, а преобразование правой части текста матрицей расширения E . Поэтому можно сказать, что вместо R получается $E(R)$, где E — это преобразование матрицей расширения и R — это правая часть текста P , т.е. $R \rightarrow E(R)$.

Далее будет ровно такая же процедура сложения по модулю 2 с раундовым ключом.

Вторая проблема, с которой можно столкнутся, это необычный вход на S блок:

Входят 6 битов, а выходит всего 4, то есть все возможные вариации входа будут не 4 столбца, а 6. Но для выходов все равно будет 4 столбца. Строк в этом случае будет 64 (это все возможные вариации выхода из S блока).

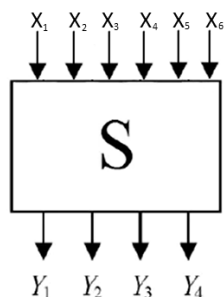


Рис. 7. S блок в алгоритме DES

3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
-2	0	-2	4	-6	2	4	2	4	-2	-8	10	-4
2	0	2	-4	6	-6	0	2	-8	-2	-4	10	0
4	2	-4	0	2	2	0	-4	-6	0	-2	-2	4
8	-2	8	0	2	-2	4	4	-6	8	-2	2	0
0	2	2	6	-10	-2	2	2	-2	0	4	8	20
-8	-2	2	-2	2	2	2	-6	0	0	-4	4	4
-2	0	4	-2	-6	-2	6	-4	4	-2	6	-8	0
6	0	-4	-2	2	6	6	-4	-4	-2	-2	0	0
0	-4	4	0	-4	4	-4	0	4	0	4	0	0
-8	0	4	8	0	-4	0	-4	-4	4	-4	8	-4

Выбранная строчка: 16 Самое эффективное значение в строчке: 20 Самое эффективное значение в таблице: 20

Рис. 8. LAT таблица 5-го S блока

Потом выходные биты просто складываются по модулю 2 с другой 32-х битной частью. Т.е. в итоге соотношении пропадает P и C, а появляются R, F, L. Учитывается, что R_{i-1} становится L_i , а также $F(R_{i-1}, K_i)[m, \dots] \oplus L_{i-1}$, становится R_i . Линейное приближение будет иметь вид:

$$R_{i-1}[n, \dots] \oplus F(R_{i-1}, K_i)[m, \dots] = K_i[t, \dots]$$

для 1-го раунда.

Известное линейное соотношение **эффективной атаки на DES**:

Для нахождения соотношения Мацуи использовал следующие приближения S блоков:

$$S_5: x_2 = y_1 \oplus y_2 \oplus y_3$$

$$S_1: x_2 = y_1 \oplus 1$$

$$S_5: x_2 = y_1 \oplus y_2 \oplus y_3 \oplus y_4 \oplus 1$$

и в итоге получает вероятности

$$\frac{42}{64}, \frac{34}{64}, \frac{52}{64}$$

Тем самым прийдя к результату:

$$\epsilon_i = \frac{52}{64} - \frac{1}{2} = \frac{20}{64} \text{ благодаря слабости } S_5 \text{ блока.}$$

Мацуи выстроил специальную схему приближения, для нахождения итогового линейного соотношения:

$$\begin{aligned} &R_1[8,14,25] \oplus L_{15}[17]R_1[8,14,25,3] = \\ &= K_3[26] \oplus K_4[4] \oplus K_5[26] \oplus K_7[26] \oplus \\ &\oplus K_8[4] \oplus K_9[26] \oplus K_{11}[26] \oplus K_{12}[4] \oplus \\ &\oplus K_{13}[26] \oplus K_{15}[26] \end{aligned}$$

и получил итоговое преобладание $\epsilon = 0,00000057$, что практически полностью уничтожило *криптостойкость* шифра алгоритмом DES [6]. Чтобы убедиться, в 5-м S блоке действительно есть слабость, воспользуемся программой (написанной на C#) и убедимся, что такое значение существует (рис. 8).

Действительно, при значениях $a = 010000$ и $b = 1111$ получается самый эффективный проход через S_5 блок.

Рассмотрим код, который может вызвать затруднения в реализации. Случай, когда подготавливается правая часть линейного приближения (а точнее все возможные варианты), это Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 . По сути, просто

Таблица S блока:

14	4	13	1	2	15	11	8	3	10	6	12	5	9	0	7
0	15	7	4	14	2	13	1	10	6	12	11	9	5	3	8
4	1	14	8	13	6	2	11	15	12	9	7	3	10	5	0
15	12	8	2	4	9	1	7	5	11	3	14	10	0	6	13

LAT таблица:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	2	0	2	0	6	0	6	-2	0	2	-4	6	-4	2	0
0	-2	-4	2	0	-6	4	6	-6	0	2	-8	-6	-4	2	4
0	-4	-2	-2	2	-6	0	4	0	-4	-2	-2	2	2	0	-4
0	-4	-2	-2	-2	-2	4	0	0	-4	-2	-2	6	-2	-4	0
0	0	2	-6	-2	-2	-4	4	-2	-6	0	4	0	4	6	18
0	-4	2	-2	-2	2	-4	0	2	2	-4	-4	-4	-4	10	-6
0	-6	-4	2	0	2	0	6	4	2	4	6	0	6	4	-10
0	2	0	-2	4	6	8	-2	-4	2	0	-6	4	-6	12	-2
0	2	-8	6	0	-2	4	-2	4	6	-4	2	4	2	0	2
0	-10	4	6	-4	-2	-4	-6	0	-2	-4	-2	4	-2	4	2

S блок: Выбранная строка: Самое эффективное значение в строке: Самое эффективное значение в таблице:

Рис. 9. LAT таблица 1-го S блока

достаются из выбранной матрицы S все возможные варианты, которые заданы константами, где $(y_1 y_2 y_3 y_4)$ это значения от 0b0000 до 0b1111:

```
public ulong[] OutputColumns(int[][] s_Matrix)
{
    ulong[] Y = new ulong[4] {0, 0, 0, 0};
    for (int i = 63; i >= 0; i--)
    {
        for (int j = 0; j < 4; j++)
        {
            Y[j] <<= 1;
            Y[j] = Y[j] | GetBit((uint)s_Matrix[Glue((uint)i, 6, 1)]
[CuttingMiddleBit((uint)i, 6, 1)], j);
        }
    }
    return Y;
}
// GetBit — ставит n-ый бит на 0-й порядок
// Glue — склеивает левую и правую части битового массива
// CuttingMiddleBit — вырезает левую и правую части битового массива
```

С использованием вычислительного эксперимента можно убедиться, что S_3 является самый уязвимый S блок среди всех 8-ми.

Пример таблицы для S_7 блока — рис. 9.

Одной из главных функций является функция вычисления линейного преобразования правой и левой частей (по таблице истинности). Реализация для правой части выглядит следующим образом:

```
public ulong LinearApproximation_RightPart(uint rightPart, int[][] s_Matrix)
{
    ulong[] Y = OutputColumns(s_Matrix);
    ulong answer = 0;
    for (int i = 0; i < Y.Length; i++)
    {
        if (GetBit(rightPart, i) == 1)
        {
            answer = answer ^ Y[Y.Length - 1 - i];
        }
    }
    return answer;
}
// где answer — это вектор битов правой части
// линейного приближения (уже посчитанный).
```

После получения двух векторов левой и правой части линейного преобразования, значения векторов сравниваются. Количество совпавших значений сохраняется в n . Всего имеется $m = 64$ значений. Подсчитывается значение для одной ячейки в LAT таблице

$$\binom{n}{m}$$

Такие действия выполняются для всех ячеек LAT таблицы. Для определения самого большого значения в таблице (исключая 32), воспользуемся функцией FindEffectiveValuePerTable:

```
public static int FindEffectiveValuePerTable(int[][] LAT_table)
{
```

Входные данные и взаимодействие

10-ая система:

2-ая система:

Результаты и вычисления

Вероятность приближения (p) = $(-4/64)*(-4/64)*(0/64)*(8/64)*(-2/64)*(-8/64)*(4/64)*(0/64)*128 + 0.5 = 0,5$

Линейное приближение:

P[0, 2, 3, 4, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 19, 21, 23, 24, 28, 30, 32, 33, 38, 39, 41, 44, 47, 52, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60] + K_0[2, 3, 10, 11, 12, 13, 15, 20, 23, 25, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44]	=	C[0, 1, 6, 7, 9, 12, 15, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 32, 35, 40, 41, 43, 44, 46, 47, 50, 51, 52, 53, 54, 57, 59]
--	---	--

Рис. 10. Вычисление линейной зависимости

```
int answer = 0;
for (int i = 0; i < 64; i++)
{
    for (int j = 0; j < 16; j++)
    {
        if ((Math.Abs(LAT_table[i][j]) > Math.Abs(answer)) &&
            (Math.Abs(LAT_table[i][j]) != 32))
        {
            answer = LAT_table[i][j];
        }
    }
}
return answer;
}
```

Таким образом можно наглядно увидеть все возможные уязвимости в S блоках. Чтобы вычислить линейную зависимость входного текста и выходного через линейное приближение можно обратиться к другому программному средству. В этом приложении вводится исходный текст и выполняется трассировка по раундам, с вычислением линейного приближения и вероятности линейного приближения. Не учитываются IP перестановки, так как программа работает непосредственно с переходами между раундами DES. Эти перестановки обратимы. Поэтому узнав информацию о входном раундовом тексте легко можно применить обратное IP

преобразование, чтобы найти входной первоначальный текст (рис. 10).

В вероятности приближения (p) два множителя являются нулевыми, поэтому линейное приближение не подходит.

Данная программа не разделяет входные и выходные данные на левую и правую части. Они сразу склеиваются, образуя входные и выходные данные нужного размера в 64 бита.

Рассмотрим главную функцию программы. Эта функция получает входной текст, помещает его в переменную tmp_P, далее в массив ключей _K сохраняются все биты tmp_P, а результаты всех преобразований сохраняются в переменную _C:

```
public ulong LinearApproximation_ForOneRound(
    ulong inputText64Bit)
{
    ulong tmp_P = inputText64Bit;
    uint[] L = new uint[2];
    uint[] R = new uint[2];
    L[0] = (uint)(tmp_P >> 32);
    R[0] = (uint)(tmp_P & (((ulong)1 << 32) - 1));
    uint[][] s_Matrixs = new uint[8][] {
```

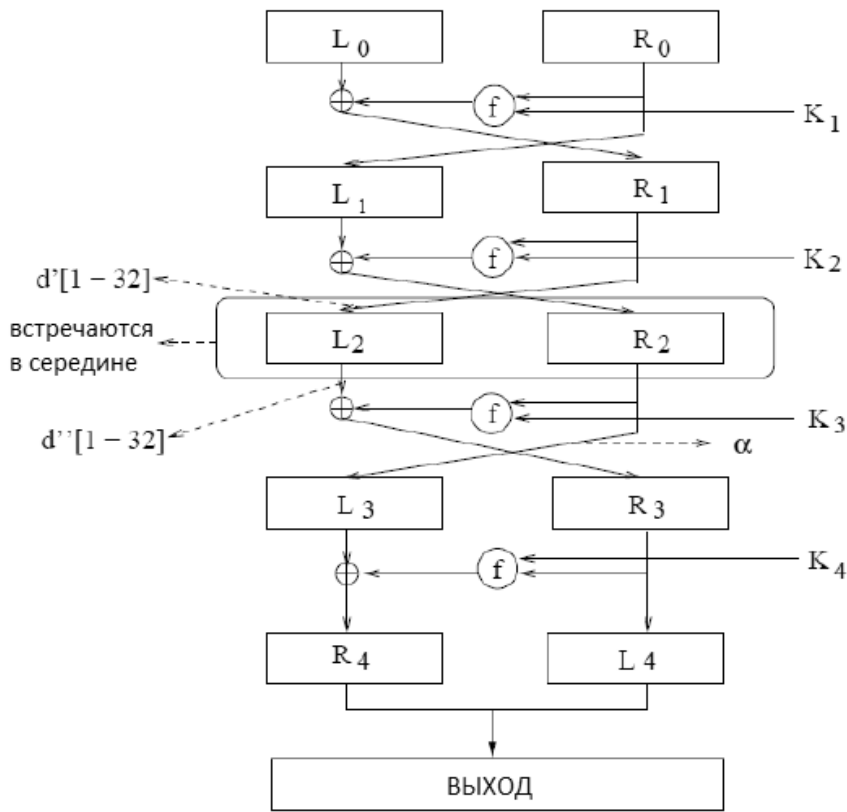


Рис. 11. Схема 4-х раундов DES

```

_S1, _S2, _S3, _S4,
_S5, _S6, _S7, _S8};
tmp_P = BitsSwap(R[0], _E, 32);
R[1] = L[0] ^ P_Transformation(
S_Transformation(tmp_P, s_Matrixs));
L[1] = R[0];
_K.Add(tmp_P); // массив ключей
_C = ((ulong)L[1] << 32) | R[1];
return _C;
}
    
```

Остальные функции взяты из программы по вычислению LAT таблицы.

Чтобы защититься от данной атаки нужно добавить новые S-блоки для алгоритма с учётом слабостей S_5 блока, а также увеличить размер ключа. Данная атака является самой эффективной для взлома алгоритма DES [7].

Атака встречей по середине

Суть атаки идёт по принципу «разделяй и властвуй», шифр делится на две части (верх и низ), после чего начинаем подбирать ключи с главным условием, что в середине интересующие биты из L_{middle} или R_{middle} [8].

1. Рассмотрим следующую простую схему двойного шифрования, которая вычисляет сообщение зашифрованного текста. С из текстового сообщения P используя два ключа K_1 , а также K_2 :

$$C = E'_{K_2}(E_{K_1}(P)) \tag{4}$$

$$P = D'_{K_1}(D_{K_2}(C)) \tag{5}$$

Путём несложных вычислений можно вывести:

$$C = E'_{K_2}(E_{K_1}(P))$$

$$D'_{K_2}(C) = D'_{K_2}(E'_{K_2}(E_{K_1}(P)))$$

$$D'_{K_2}(C) = E_{K_1}(P) \tag{6}$$

Это и есть основной вывод для использования атаки встречей по середине.

2. Рассмотрим более сложную схему. Пусть M обозначает пространство сообщений, а K обозначает пространство ключей:

Предположим, что $G_k, H_k : M \times K \rightarrow M$ — двухблочный шифр $F_k = G_k \circ H_k$. Злоумышленник пытается

вывести K из заданной пары зашифрованного текста $c = F_k(p)$ попытайтесь решить

$$G_k(p) = H_k^{-1}(c) \quad (7)$$

Пусть $d'[1 - m] = G_k(p), d''[1 - m] = H_k^{-1}(c),$

G_k состоит из первых двух раундов DES
 H_k содержит раунды 3 и 4.

Рассмотрим $d'[9 - 12]$ и $d''[9 - 12]$ (в скобках нумерация битов), достаточно угадать только 37 битов ключа. Если $d'[9 - 12] \neq d''[9 - 12]$, ключевое предположение не может быть правильным и отброшено.

Основное наблюдение заключается в том, что значения $d'[9 - 12]$ и $d''[9 - 12]$ могут быть вычислены путём угадывания меньшего количества ключевых бит в обмен на угадывание внутренних битов (E - функция расширения).

$$d'[9 - 12] = L_0[9 - 12] \oplus \oplus S_3[E(R_0)[13 - 18] \oplus K_1[13 - 18]]$$

$$d''[9 - 12] = L_4[9 - 12] \oplus \oplus S_3[E(L_3)[13 - 18] \oplus K_3[13 - 18]]$$

Замечание: Устанавливается зависимость битов [9-12] и [13-18] после функции расширения текста (и функции сжатия ключа). Так в 32-ух битах текста такие биты под номерами [9-12] будут находится между [13-18] в 48 расширенных битах текста.

Пусть $L_3 = [\alpha_1 \dots \alpha_{32}]$, тогда
 $E(L_3)[13 - 18] = [\alpha_{17}\alpha_1\alpha_{15}\alpha_{23}\alpha_{26}\alpha_5]$.

Рассмотрим α_{17} . можно было угадать все 37 предложенных ключевых битов, кроме 6 битов, составляющих $K_4[25 - 30]$. Для каждого предположения из 31 бита ключа злоумышленник пробует две возможности α_{17} . Если для обоих значений равенство $d'[9 - 12] = d''[9 - 12]$ не достигается, то предположение о 31 бите обязательно неверно [9].

Алгоритм хорошо себя показал при атаке на 3DES (нежели чем на DES), тем самым уменьшив эффективность его ключа с 168 до 112 бит [1]. Степень защиты атаки «встреча по середине» напрямую зависит от количества раундов. Увеличив количество раундов, увеличится и стойкость от таких атак.

Атака дифференциальным анализом

Основная идея данного метода состоит в изучении преобразований *дифференциалов (разностей)*

между шифруемыми значениями на различном этапах шифрования блоков. Дифференциал в данном случае — это результат сложения по модулю 2 некоторых параметров.

Характеристика — это пара дифференциалов, один из которых образован входными значениями некоторого преобразования, а второй — выходными значениями этого же преобразования. Дифференциал на входе преобразования также часто называют входной разностью, а дифференциал на выходе преобразования — выходной разностью. **Входной дифференциал** — это разность, которая подаётся на S блок. **Выходной дифференциал** — это разность, которая получается после выхода с S блока.

Злоумышленник при использовании криптосистемы свободно оперирует с входными и выходными данными.

Непосредственная атака заключается в использовании заранее подготовленных текстах M_1 и M_2 , где:

$$\Delta M = M_1 \oplus M_2 \quad (8)$$

и с помощью ΔM пытается определить каким должен быть дифференциал шифротекстов:

$$\Delta C = C_1 \oplus C_2 \quad (9)$$

Данный криптоанализ никогда не обеспечивает достоверное получение дифференциала шифротекстов. В основном это преобразование используется для вскрытия значительной части ключа с достаточной вероятностью, чтобы облегчить грубую атаку прямым перебором.

Предположим, что злоумышленник решил проверить дифференциал 0b10101010. Для этого выполняется генерация произвольного байта X_1 , и вычисление:

$$X_2 = X_1 \oplus 10101010$$

Далее атакующий прогоняет X_1 и X_2 через функцию S_{box1} и получает значения Y_1 и Y_2 . Для каждой такой пары X_1 и X_2 , дифференциал которых равен 0b10101010, атакующий в состоянии получить дифференциал ΔY . Анализируя полученные значения, атакующий выбирает такое значение ΔY , которое имеет большую вероятность возникновения.

Предположим, что из всех m пар X_1 и X_2 , в n случаях $Y_1 \oplus Y_2 = 101100$. Таким образом, вероятность того, что при заданном $\Delta X = 0b10101010$, значение $\Delta Y = 101100$, составляет n/m . Это в свою очередь означает, что при заданном

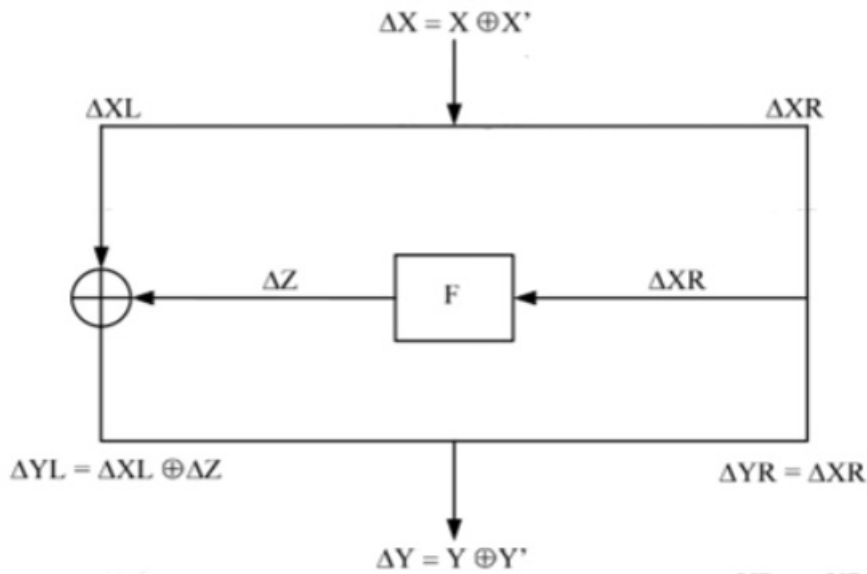


Рис. 12. Дифференциальный анализ 1-го раунда

$$\Delta X = 10101010$$

с вероятностью

$$P_1 = \frac{n}{m}$$

на вход второго раунда попадут два значения U_1 и U_2 , такие что $\Delta U = 101100$.

При следующих вычислениях число 101100 подаётся как входной дифференциал для следующего блока S_{box2} . Проводятся те же вычисления для нахождения выходного дифференциала. Итоговая вероятность будет равна

$$P = P_1 \cdot P_2 = \frac{n_1}{m_1} \cdot \frac{n_2}{m_2} \tag{10}$$

Обладая этим фактом, атакующий генерирует несколько пар текстов таких, что $\Delta M = M_1; M_2; M_3; \dots$ где каждая $M_n = 10101010$ — это и есть блок по 64 бита. Приступает к побайтовому подбору подключа. Вычисляется

$$U_1 = S_{box}(C_1 \oplus key[0]) \quad U_2 = S_{box}(C_2 \oplus key[0]),$$

где $key[0]$ — это первый байт третьего раунда. Подобранным таким образом наиболее вероятный первый байт

подключа, атакующий может перейти ко второму байту и действуя аналогичным образом вскрыть весь ключ третьего раунда [10].

Эта атака непрактична из-за чрезмерных требований к подбору данных и сложности организации атаки по выбранному открытому тексту (понадобится много памяти, а также относительно большая скорость обработки). Очевидная защита от таких атак заключается в увеличении размера раундового ключа, а также количества преобразований подобных S блокам [2].

Заключение

В данной работе рассмотрены алгоритмы организации атак на алгоритм DES. Предложены программные решения, которые непосредственно реализуют эти алгоритмы. С помощью этих приложений выполнена визуализация этапов атаки линейным анализом, что позволяет самостоятельно определять уязвимости у классического алгоритма DES. Сгенерированы LAT таблицы для всех S блоков. А также были программно найдены исследованные Мацуи уязвимости.

Подробно проведён анализ 4-х распространённых атак на DES. Рассмотрены возможные варианты защиты от подобных атак.

ЛИТЕРАТУРА

1. 3DES // Википедия. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Triple_DES (дата обращения: 24.09.2020).
2. DES // Википедия. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/DES> (дата обращения: 25.09.2020).
3. Biryukov A., Christophe D. Data Encryption Standard (DES). In Encyclopedia of Cryptography and Security. Netherlands: 2011. Vol. 3. 691 p.

4. Сمارт Н. Криптография. М.: Техносфера, 2006. 528 с.
5. Matsui M. Linear cryptanalysis method for DES cipher // Computer & Information Systems Laboratory. 1998. Pp. 1–12.
6. P. Patil, P. Narayankar, D.G. Narayan, S.M. Meena. A Comprehensive Evaluation of Cryptographic Algorithms: DES, 3DES, AES, RSA and Blowsh // Procedia Computer Science. 2016. Pp. 1–8.
7. Pascal J. On the Complexity of Matsui's Attack // Security and Cryptography Laboratory. 2001. Pp. 1–13.
8. Stephane M. Meet-in-the-Middle Attacks: Autoref. Dis. . . . Doctor of Engineering Sciences: "Analytical". Thousand Oaks, California, U.S., 2010. 2 p.
9. Li J. Attack on DES: Autoref. Dis. . . . Doctor of Engineering Sciences: "Analyst". California, 1985. 33 p.
10. Howard M. Linear and Differential Cryptanalysis: Autoref. Dis. . . . Doctor of Engineering Sciences: "Cryptographer". St. John's, NL, Canada, 2002. 33 p.
11. Grabbe J. The DES algorithm illustrated // Laissez Faire City Times. 1992. Pp. 1–13.

© Березовский Александр Дмитриевич (sashulber@mail.ru), Романенков Александр Михайлович (romanaleks@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Московский авиационный институт

СОЗДАНИЕ МНОГООКОННЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ SDI СТИЛЯ В СРЕДЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ DELPHI

CREATING MULTI-WINDOW SDI STYLE APPLICATIONS IN THE DELPHI

D. Zdor
E. Savelyeva

Summary. Object. Reveal the meaningful elements of the design technology for a multi-window SDI style application in the Delphi programming environment, illustrate the main stages and technological methods with a specific example.

Methods. Analysis and synthesis of special literature on the research problem, generalization and systematization, modeling.

Findings. The windowed graphical interface is predominant. When developing a windowed application in Delphi, the main building block of an application window is the form. Multi-window applications can be MDI (Multi Document Interface) style or SDI (Single Document Interface) style. The article reveals the content elements of the design technology for a multi-window SDI style application. The main elements of the described technology include: 1) designing the start window interface; 2) adding a new form (several forms) to the project, designing their interface, taking into account the relationship with other forms of the project; 3) implementation of the interconnection of modules corresponding to the interconnected forms of the project; 4) writing event handlers to implement window functions, including software implementation of the transition between windows of a multi-window application.

Conclusions. The article describes the technology for designing a multi-window SDI-style application in the Delphi programming environment. The technology is described using an example of a specific application with an illustration of fragments of program code. The content elements of the presented technology can serve as a practical basis for building a multi-window SDI-style application in the Delphi programming environment. The results obtained can be used in the further development of issues of creating multi-window applications.

Keywords: multi-window application; the form; form style; form interface.

Здор Дмитрий Валерьевич

К.п.н., доцент, ФГБОУ ВО «Приморская
государственная сельскохозяйственная академия»
dmitriy.dv@inbox.ru

Савельева Екатерина Владимировна

К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Приморская
государственная сельскохозяйственная академия»
savva.6969@mail.ru

Аннотация. Цель. Выявить содержательные элементы технологии проектирования многооконного приложения SDI стиля в среде программирования Delphi, проиллюстрировать на конкретном примере основные этапы и технологические приемы.

Методы. Анализ и синтез специальной литературы по проблеме исследования, обобщение и систематизация, моделирование.

Результаты. Оконный графический интерфейс является преобладающим. При разработке оконного приложения в Delphi основным строительным блоком окна приложения является форма. Многооконные приложения могут иметь стиль MDI (Multi Document Interface) или стиль SDI (Single Document Interface). В статье выявлены содержательные элементы технологии проектирования многооконного приложения SDI стиля. К основным элементам описанной технологии относятся: 1) проектирование интерфейса стартового окна; 2) добавление к проекту новой формы (нескольких форм), проектирование их интерфейса с учетом взаимосвязи с другими формами проекта; 3) осуществление взаимосвязи модулей, соответствующих взаимосвязанным по смыслу формам проекта; 4) написание обработчиков событий для реализации функций окон, в том числе, осуществление программной реализации перехода между окнами многооконного приложения.

Выводы. В статье представлено описание технологии проектирования многооконного приложения SDI стиля в среде программирования Delphi. Технология описана на примере конкретного приложения с иллюстрацией фрагментов программного кода. Содержательные элементы представленной технологии могут служить практической основой для построения многооконного приложения SDI стиля в среде программирования Delphi. Полученные результаты могут быть использованы в дальнейшей разработке вопросов создания многооконных приложений.

Ключевые слова: многооконное приложение; форма; стиль формы; интерфейс формы.

Введение

В настоящее время оконный графический интерфейс является преобладающим видом интерфейса пользователя в современных операционных системах. В связи с этим, в процессе разработки прикладного программного обеспечения для графических операционных систем одной из актуальных задач является создание либо использование графических объектов [7, с. 40]. При этом большинство программ имеет многооконную структуру. В рамках данной статьи рассматривается проблема создания многооконных приложений в среде программирования Delphi.

Delphi является системой программирования очень высокого уровня. Она берет на себя значительную часть работы по управлению компьютером, что делает возможным в простых случаях обходиться без особых знаний о деталях ее работы [12, с. 33].

Различным аспектам программирования в среде Delphi посвящены многие работы.

Общетеоретические аспекты объектно-ориентированного программирования в среде Delphi и основные конструкции языка Object Pascal (Delphi) рассмотрены в работах С. Тейксейра [1], А.Я. Архангельского [2], готовые алгоритмы решения стандартных задач обработки информации приведены в работе Р. Стивине [13]. Обзор компонентов разработки приложений в среде Delphi проведен в работах А.Я. Архангельского [2], В.Э. Гофмана [3], П.Г. Дарахвелидзе [5], В.М. Пестрикова [11], при этом вопросу создания новых компонентов уделяет внимание в своей работе Р. Конопка [8].

Форма как основной компонент создания оконного приложения в среде Delphi рассмотрен получил специальное рассмотрение в работах В.Э. Гофмана [3], П.Г. Дарахвелидзе [5]. Авторами проведена характеристика форм, вопросы создания и уничтожения форм, визуализация форм, организация взаимодействия форм. Рассмотрение данных вопросов носит общий характер, выполнен без конкретизации применения технологических приемов работы с формами при создании многооконных приложений.

Технология создания оконного приложения рассмотрена в работах Н.Б. Культина [9], В.М. Пестрикова [11], А.Г. Федорова [14]. При этом в данных работах акцент авторами сделан на графические возможности Delphi при создании приложений, работу с мультимедиа. А.А. Ремнев [12] приводит примеры готовых приложений в среде Delphi, эти примеры многообразны в контексте демонстрации технологических приемов

создания приложений. Однако вопрос создания многооконных приложений остался без внимания.

Принципиальное значение для нас имеет вопрос создания дочерних окон в приложениях Delphi, рассмотренный в работе М.Е. Фленова [15]. Ученый анализирует методы работы с окнами, модальные и немодальные окна, многодокументные MDI-окна, приведены отдельные операторы и фрагменты программных кодов по управлению окнами. При этом вопрос о создании многооконных приложений SDI стиля не получил детального рассмотрения в данной работе.

Анализ литературы показал, что вопрос проектирования многооконных приложений не получил достаточного внимания авторов. В большинстве работ не исследованы вопросы технологии создания многооконного приложения с использованием форм.

Полученные результаты послужили основой для рассмотрения вопроса о поиске содержательных элементов технологии проектирования многооконного приложения в среде Delphi.

При разработке оконного приложения в Delphi форма является основным строительным блоком окна приложения. Любая программа имеет как минимум одну связанную с ней форму, которая называется главной,— эта форма появляется на экране в момент старта программы. Однако программа может иметь сколько угодно форм, каждая из которых решает какую-то локальную задачу и появляется на экране по мере необходимости [2, с. 439].

Многооконные приложения могут иметь стиль MDI (Multi Document Interface) или стиль SDI (Single Document Interface). В стиле MDI создается главное окно, которое при этом является родительским, а внутри главного окна создаются дочерние окна. Дочерние окна не могут выходить за пределы родительского окна, все элементы управления располагаются в родительском окне, имеется механизм обеспечения взаимодействия родительского окна с дочерними. Данный стиль многооконных приложений не нашел большого распространения в практике программирования, хотя можно привести примеры достаточно популярных приложений Windows, выполненных в стиле MDI.

В большинстве случаев многооконные приложения составляются как SDI. В этом случае все окна работают независимо друг от друга, отсутствуют ограничения на их размеры и расположение, любое из окон может быть объявлено формально главным в рамках приложения, каждое из окон имеет, как правило, свои интерфейсные элементы управления.

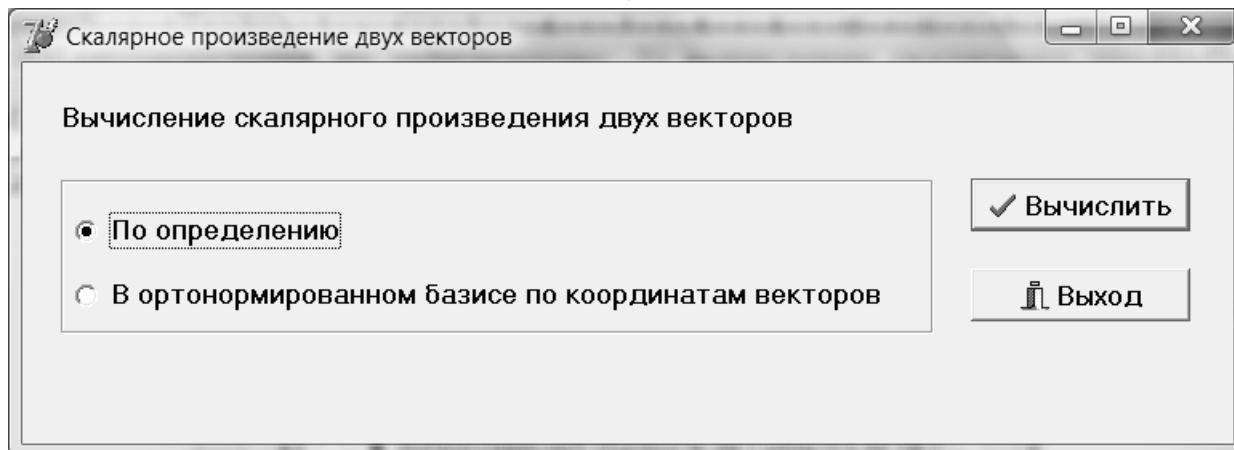


Рис. 1. Примерный вид главного окна приложения

Стандартные однодокументные (SDI) формы подразделяются в свою очередь на немодальные и модальные. Немодальная форма реализует стандартное окно Windows, которое имеет заголовок, стандартный набор оконных кнопок, допускает наличие главного меню, и может в любое время терять фокус, то есть становится пассивным. Модальные формы реализуют в основном диалоговые окна Windows, которые при активизации запрещают переключение фокуса на другие формы приложения (но не других приложений), пока оно не будет закрыто. Модальные окна, как правило, не имеют полного набора оконных кнопок, главного меню и т.п.

Зафиксированный выше результат позволил сфокусироваться на основном направлении нашего исследования — технологии проектирования многооконного приложения SDI стиля.

Методы и методология

Методологической базой служила научная литература по проблеме исследования. Теоретической базой служили пособия и рекомендации по программированию в среде программирования Delphi.

Методы исследования: анализ и синтез специальной литературы по проблеме исследования, обобщение и систематизация, моделирование, тестирование программного обеспечения.

Обсуждение

По умолчанию каждый новый проект Delphi состоит только из одной формы. Чтобы в проект добавить новую форму, следует обратиться к хранилищу объектов, в котором выбрать форму необходимой разновидности.

Менеджер проекта автоматически подключает новую форму, вносит соответствующие изменения в файл проекта. Первая из подключенных к проекту форм является главной. Главная форма служит основой прорисовки стартового окна приложения. Следует заметить, что в приложениях SDI стиля любая из добавленных к проекту форм может являться главной. Таким образом, программист может назначить любую форму в качестве главной, обратившись в окно настройки параметров проекта.

Заметим, что автоматически при запуске приложения на экране появляется только главная форма. Чтобы отобразить на экране окно какой-либо другой форме необходимо в программном коде предусмотреть обращение к методам Show или ShowModal. Метод Show вызывает окно соответствующей формы в качестве немодального, а ShowModal, соответственно в качестве модального. Метод Hide скрывает окно. Метод Close закрывает окно. Рассмотренные методы являются основой технологии проектирования многооконного приложения SDI стиля.

Рассмотрим содержательно элементы технологии проектирования многооконного приложения на конкретном примере.

Приложение «Скалярное произведение двух векторов» будет состоять из главной формы (рис. 1), в которой пользователю будет предложен выбор способа вычисления скалярного произведения: 1) вычисление скалярного произведения по определению; 2) вычисление скалярного произведения в ортонормированном базисе по координатам векторов. В зависимости от выбора пользователя должно открываться вспомогательное окно, в котором осуществляется решение данной задачи выбранным пользователем способом.

Рис. 2. Примерный вид вспомогательного окна (вычисление скалярного произведения по определению)

Рис. 3. Примерный вид вспомогательного окна (вычисление скалярного произведения по координатам векторов)

Работа начинается с создания интерфейса окна. Свойству Name главной формы зададим значение MainForm. Добавим в проект две новые формы, задав свойство Name для них: Determination (для вспомогательной формы вычисления скалярного произведения по определению), и Coordinates (для вычисления скалярного произведения по координатам векторов). Установим в инспекторе объектов свойство FormStyle

для всех форм в fsNormal поскольку разрабатываемое многооконное приложение будет иметь SDI стиль. Теперь необходимо спроектировать интерфейс форм Determination (рис. 2) и Coordinates (рис. 3), используя компоненты Label, Edit, BitBtn, Panel.

Осуществим связь модуля, соответствующего главной форме приложения, с двумя другими модулями, ко-

торые, в свою очередь, свяжем с модулем, соответствующим главной форме. Для этого используется команда главного меню *File — Use Unit...*

Напишем обработчики события OnClick для командных кнопок формы MainForm.

Кнопка *Вычислить*

```
procedure TMainForm.BitBtn1Click(Sender: TObject);
begin
if RadioGroup1.ItemIndex=0 then
begin
Determination.Show; // отобразить форму
MainForm.Hide; // скрыть форму
end
else begin
Coordinates.Show; // отобразить форму
MainForm.Hide; // скрыть форму
end;
end;
```

Кнопка *Выход*

```
procedure TMainForm.BitBtn2Click(Sender: TObject);
begin
Mainform.Close; // закрыть форму
end;
```

Напишем обработчики события OnClick для командных кнопок формы Determination.

Кнопка *Вычислить*

```
procedure TDetermination.BitBtn3Click(Sender:
TObject);
var s: real;
begin
s:=StrToFloatDef(Edit1.Text,0)*StrToFloatDef(Edit2.
Text,0)*
cos(StrToFloatDef(Edit3.Text,0)*pi/180);
Panel1.Caption:='Скалярное произведение = '+
FloatToStrF(s, ffFixed,10,2);
end;
```

Кнопка *Очистить*

```
procedure TDetermination.BitBtn4Click(Sender:
TObject);
begin
Edit1.Text:='';
Edit2.Text:='';
Edit3.Text:='';
Panel1.Caption:='Скалярное произведение =';
end;
```

Кнопка *Вернуться на главную*

```
procedure TDetermination.BitBtn1Click(Sender:
TObject);
begin
Mainform.Show; // показать главную форму
Determination.Hide; // скрыть вспомогательную форму
end;
```

Кнопка *Выход*

```
procedure TDetermination.BitBtn2Click(Sender:
TObject);
begin
Application.Terminate;
end;
```

Результаты

Обобщение на теоретическом уровне приведенной технологии проектирования многооконного приложения, представленной на конкретном примере, позволяет сформулировать содержательные элементы технологии проектирования многооконного приложения SDI стиля в среде программирования Delphi. К основным элементам описанной технологии относятся: 1) проектирование интерфейса стартового окна; 2) добавление к проекту новой формы (нескольких форм), проектирование их интерфейса с учетом взаимосвязи с другими формами проекта; 3) осуществление взаимосвязи модулей, соответствующих взаимосвязанным по смыслу формам проекта; 4) написание обработчиков событий для реализации функций окон, в том числе, осуществление программной реализации перехода между окнами многооконного приложения.

Выводы

Таким образом, на примере приложения была реализована технология проектирования многооконного приложения SDI стиля в среде программирования Delphi. На каждом этапе реализации технологии определено содержание элементов технологии.

Комментарии к программному коду поясняют назначение операторов, необходимость в использовании которых продиктована программной реализацией элементов рассматриваемой технологии.

Жанр работы не позволяет привести ряд других примеров и подробнее описать выполнение технологических операций. Вместе с тем, в работе достаточно полно представлено описание технологии проектирования многооконного приложения SDI стиля в среде программирования Delphi.

Содержательные элементы представленной технологии могут служить практической основой для построе-

ния многооконного приложения SDI стиля в среде программирования Delphi. Опора на описанную технологию позволяет разработку многооконных приложений пере-

вести в разряд шаблонных задач. Полученные результаты могут быть использованы в дальнейшей разработке вопросов создания многооконных приложений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Borland Delphi 6: руководство разработчика: Пер. с англ. [Текст] / Стив Тейксейра, Ксавье Пачеко. — М.: Вильямс, 2002. — 1112 с.
2. Архангельский А.Я. Delphi 7 [Текст] / А.Я. Архангельский. — М.: Изд-во БИНОМ, 2003. — 1023 с.
3. Гофман В.Э. Delphi. Быстрый старт [Текст] / В.Э. Гофман, А.Д. Хомоненко. — СПб.: БХВ-Петербург, 2003. — 288 с.
4. Дантемман Джефф. Программирование в среде Delphi: Пер. с англ. [Текст] / Джефф Дантемман, Джим Мишел, Дон Тейлор. — Киев: НИПФ «ДиаСофт Лтд», 1995. — 608 с.
5. Дарахвелидзе П.Г. Delphi 2005 для Win32 [Текст] / П.Г. Дарахвелидзе, Е.П. Марков. — СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 1112 с.
6. Здор Д.В. Информационные технологии обработки текста: программная реализация средствами Delphi [Текст] / Д.В. Здор // Информационные технологии в жизни современного человека: Материалы международной научно-практической конференции. — Саратов: Изд-во ЦИМ «Академия бизнеса», 2013. — С. 44–49.
7. Здор Д.В. Технология создания и использования графики в приложениях Delphi [Текст] / Д.В. Здор // Научная мысль. — 2017. — № 4. — С. 40–44.
8. Конопка Р. Создание оригинальных компонент в среде Delphi: Пер. с англ. [Текст] / Р. Конопка. — Киев.: НИПФ «ДиаСофт Лтд», 1996. — 512 с.
9. Культин Н.Б. Основы программирования в Delphi XE [Текст] / Н.Б. Культин. — СПб.: БХВ-Петербург, 2011. — 416 с.
10. Мизрохи С.В. Turbo Pascal и объектно-ориентированное программирование [Текст] / С.В. Мизрохи. — М.: Финансы и статистика, 1992. — 193 с.
11. Пестриков В.М. Delphi на примерах [Текст] / В.М. Пестриков, А.Н. Маслобоев. — СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 496 с.
12. Ремнев А.А. Курс Delphi для начинающих. Полигон нестандартных задач [Текст] / А.А. Ремнев, С.В. Федотова. — М.: Солон-Пресс, 2015. — 360 с.
13. Стивене Р. Delphi. Готовые алгоритмы: Пер. с англ. [Текст] / Род Стивене — М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2004. — 384 с.
14. Федоров А.Г. Создание Windows-приложений в среде Delphi [Текст] / А.Г. Федоров. — М.: ТОО «Компьютер Пресс», 1999. — 347 с.
15. Фленов М.Е. Библия Delphi [Текст] / М.Е. Фленов. — 2-е изд., перераб. и доп. — СПб.: БХВ-Петербург, 2008. — 800 с.

© Здор Дмитрий Валерьевич (dmitriy.dv@inbox.ru), Савельева Екатерина Владимировна (savva.6969@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МЕТОДЫ АНАЛИЗА И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ FRAUD-ОПЕРАЦИЙ В СИСТЕМАХ ДИСТАНЦИОННОГО БАНКОВСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

METHODS OF ANALYSIS AND PREVENTION OF FRAUD OPERATIONS IN REMOTE BANKING SYSTEMS

V. Zinovev
O. Romashkova

Summary. The article is devoted to the study of methods of modeling and building analytical software systems to prevent FRAUD operations when conducting transactions in remote banking services. The analysis of information security requirements in Antifraud systems is performed. The architecture of the Antifraud system is described and an algorithm for its construction is developed. An innovative conceptual model of the Antifraud system concept has been developed.

Keywords: anti-fraud systems, remote banking services, banking systems, protection of bank transactions.

Зиновьев Владимир Иванович

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

Ромашкова Оксана Николаевна

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

Аннотация. Статья посвящена исследованию методов моделирования и построения аналитических программных систем для предотвращения FRAUD-операций при проведении транзакций при дистанционном банковском обслуживании. Выполнен анализ требований защиты информации в Antifraud-системах. Представлено описание архитектуры Antifraud-системы и разработан алгоритм ее построения. Разработана инновационная концептуальная модель концепта Antifraud-системы.

Ключевые слова: антифрод-системы, дистанционное банковское обслуживание, банковские системы, защита банковских транзакций.

Введение

Стремительный рост количества банковских онлайн транзакций с каждым днем вызывает соответствующее увеличение количества мошенничества в области онлайн платежей и переводов (далее — fraud). Только за 2019 год на территории России кредитные организации в рамках борьбы с онлайн мошенничеством, по приблизительным подсчетам аналитических сводок, предотвратили хищение банковских средств со счетов граждан в размере более 48 миллиардов рублей. При этом, в результате fraud, с банковских счетов было выведено почти 6,5 миллиардов рублей (по выкладкам отчетов ФинЦЕРТ ЦБ РФ). В рамках статистики, усредненная сумма успешных fraud-транзакций составляла 10 тысяч рублей [1]. Это позволяет рассчитать приблизительное количество fraud операций, в которые входят как успешные (далее successful), так и предотвращенные (далее failed), а также рассчитать процентное соотношение successful fraud-транзакций (1).

$$\sum Fr = \frac{54,5 \text{ млрд.}}{10 \text{ тыс.}} = 5,45 \text{ млн} \quad (1)$$

где, $\sum Fr = Fs + Ff$ — сумма всех successful (Fs) и failed (Ff) транзакций.

Рассчитаем количество successful проведенных fraud-транзакций в количественном выражении (2).

$$\sum Fs = \frac{6,5 \text{ млрд.}}{10 \text{ тыс.}} = 650 \text{ тыс.} \quad (2)$$

А также к процентному соотношению (3).

$$Fs = \frac{650 \text{ тыс.} \times 100\%}{5,45 \text{ млн}} \approx 11,93\% \quad (3)$$

Таким образом, количество successful fraud-транзакций в процентном соотношении равно 11,93%.

В количественном выражении каждая восьмая fraud операция заканчивается потерей денег владельцами банковских счетов (4).

$$F_s = \frac{5,45 \text{ млн}}{650 \text{ тыс.}} \approx 8,4 \quad (4)$$

Как мы видим, самые элементарные расчеты показывают довольно низкий процент надежности Antifraud систем. Реальное же положение дел представляется несколько иным (в худшую сторону). Это связано с тем, что большинство кредитных организаций или не раскрывают статистику, или намеренно ее занижают, так как это чревато репутационными рисками, что в свою очередь снижает финансовую прибыль, из-за негативного отношения инвесторов, партнеров и клиентов.

1. Требования к стандартам безопасности Antifraud-системы ДБО «IntelSola»

Согласно стандарту безопасности PCI DSS (Payment Card Industry Data Security

Standard), логика разрабатываемой Antifraud-системы ДБО «IntelSola» соответствует основным группам критериев: защите безопасности сети и config-components модулей; построению многоуровневой защиты и шифрованию хранимых и передаваемых данных, а также настройке управления доступом к Cardholders; antivirus protection, сопровождению, физической защите, и контролю защищенности IT инфраструктуры; построению методов шифрования и защиты алгоритмов аутентификации; организации логирования внутренних процессов и сетевой активности; разработке системы управления безопасностью [2, 3].

Согласно протоколам стандарта PCI-DSS, система не хранит на своей стороне критичные аутентификационные данные (КАД): TRACK, CVV2, PIN, PIN-block карты (кроме исключения, когда производится хранение номера карты PAN (Primary Account Number) в зашифрованном виде эмитентом, для авторизации транзакции). Это означает, что в случае, если в antifraud-системе данные КАД были записаны в базу данных (БД), срабатывает сервисный job, который получая максимальный приоритет в очереди операций, удаляет все данные.

2. Архитектура Antifraud-системы ДБО «IntelSola»

Ярко выраженная модульно-компонентная структура разрабатываемой Antifraud-системы предполагает большое количество архитектурных паттернов. Это приводит к необходимости организации структуры системы, в виде гетерогенной микросервисной архитектуры, в основе которой лежит сервис-ориентированный подход (service-oriented architecture, SOA), с использованием компонентных элементов, а также различных

технологий. Это позволяет: организовать максимальную автономность структурных компонентов; облегчить масштабируемость и развертываемость системы; неограниченное количество раз пере использовать методы разработанных сервисов в различных модулях и подсистемах; использовать различные технологии (несовместимые при интеграции в монолитной архитектуре). Помимо этого, формируется максимальная гибкость и устойчивость к сбоям, а также возможность изолированной отладки и рефакторингу.

При разработке системы используются несколько типов компонентов: сервисы, как микроприложения, функционирующие в собственных процессных компонентах, и масштабируемые изолированно; библиотеки, как компонентные конструкторы в изолированных подсистемах. Каждый из компонентов формируется в виде отдельного микросервиса, изолированного от остальных, обладающего собственной структурой хранения данных (далее DB — Data Bases), и доступного для CRUD операций исключительно посредством интерфейсных компонентов.

В результате деления структур микросервисов на обособленные DB, формирование консистентности данных (далее consistency) строится на профильных сервисных службах, которые инициируют срабатывание процедур проверки данных по граничным триггерам типов after/before. Если триггеры не срабатывают, или обрабатывают с ошибкой, то транзакция отменяется.

Формирование frontend/backend связей на уровне пользовательского интерфейса (далее UI — user interface), предполагает отсутствие декомпозиции UI для дальнейшего взаимодействия с протоколами http и https. Так как отправка запросов в микросервисной архитектуре сопряжена со сложностями построения очереди, то для решения возможных коллизий возникновения таймаутов, http/https запросы формируются в виде небольших асинхронных пакетов [4].

3. Анализ построения Antifraud-системы ДБО «IntelSola»

Методы обнаружения подозрительной активности, а также предотвращения как потенциальных fraud-активностей, так и уже совершающихся FRAUD-транзакций, являются бесконечным циклом операций, содержащих огромное количество процессов и потоков процессов, необходимых для: мониторинга активностей; обнаружения на основании мониторинговых сигналов подозрительных активностей; принятия решения на основании корневых концептов (баз правил, инцидентов; алгоритмов; инструментария); интеллектуального обучения [5, 6].

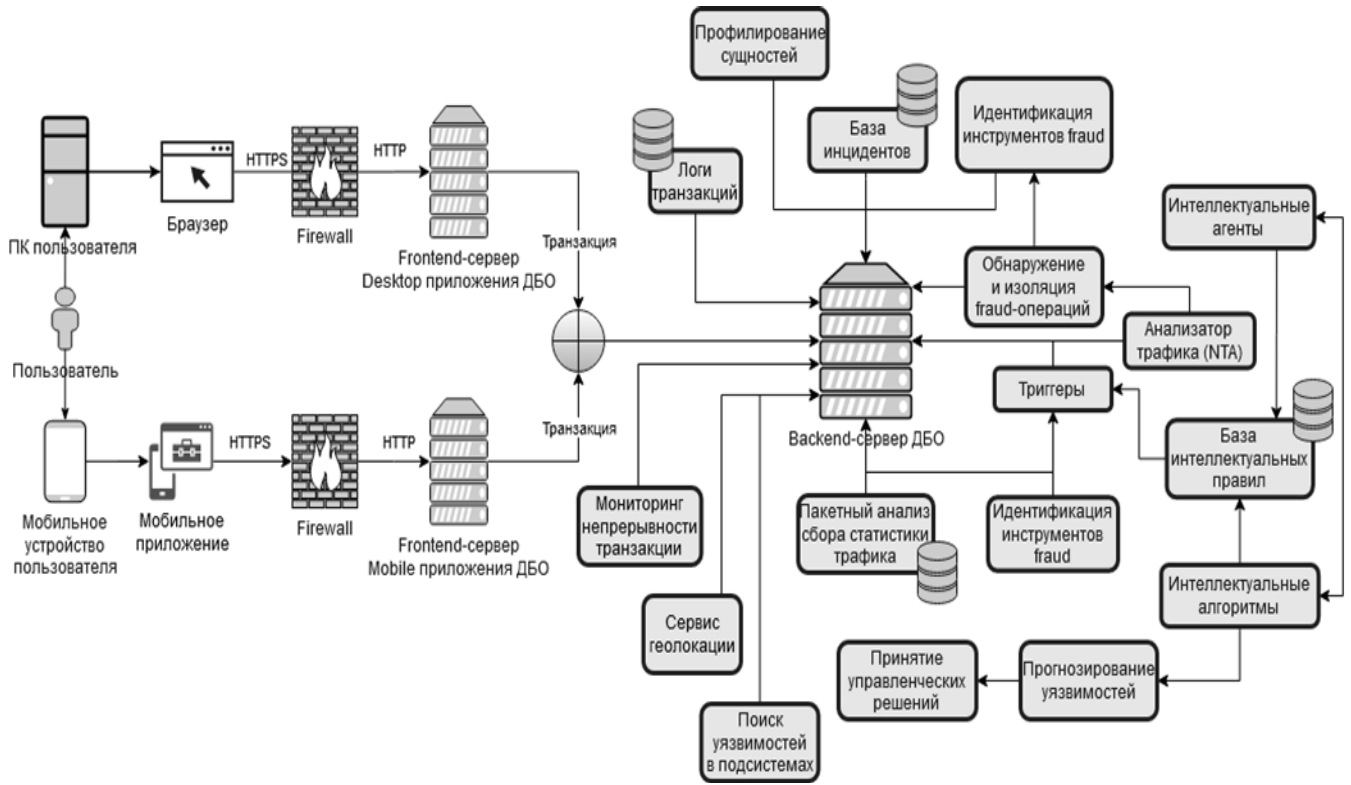


Рис. 1. Система ДБО «IntelSola»

Таким образом, на основании проведенного ранее функционального анализа, декомпозируем разрабатываемую модель antifraud-системы дистанционного банковского обслуживания (ДБО) «IntelSola», на следующие подсистемы (модули), необходимые для комплексного подхода в решении задачи (рисунок 1):

- ◆ Мониторинг непрерывности транзакции — модуль мониторинга и предотвращения прерывания транзакции между backend-сервером системы и банком-эмитентом;
- ◆ Сервис геолокации — модуль анализа геолокации проводимых транзакций;
- ◆ Предиктивный анализ сетевого трафика — модуль пакетного анализа для сбора статистики в разрезе заданных метрик, для предотвращения атак;
- ◆ Выявление аномалий, и установка маркеров обнаружения подозрительной сетевой активности — модуль анализа сетевого трафика (Network Traffic Analysis — далее NTA);
- ◆ Системный анализ смежных областей потенциальных направлений fraud-атак — аналитический модуль поиска уязвимостей в подсистемах;
- ◆ Обнаружение fraud-операций — модуль обнаружения и изоляции вредоносных процессов в подсистемах;

- ◆ Идентификация инструментов fraud — модуль идентификации вредоносных инструментов, их классификация, и декомпозиция для дальнейшего формирования базы правил;
- ◆ Формирование базы интеллектуальных правил — модуль формирования контуров интеллектуального отклика системы на соответствующее событие;
- ◆ Формирование базы инцидентов — модуль статистики всех инцидентов (как предотвращенных, так и совершившихся);
- ◆ Алгоритмы машинного обучения — модуль интеллектуальных алгоритмов;
- ◆ Когнитивные вычисления — модуль интеллектуальных агентов;
- ◆ Автоматизированная настройка и срабатывание триггеров — модуль автоматизированных настроек действий системы;
- ◆ Автоматизированное профилирование сущностей — модуль создания новых профилей, а также тонких настроек существующих;
- ◆ Выявление проблемных областей, и прогнозирование на основе уязвимостей потенциальных направлений FRAUD-атак — модуль прогнозирования уязвимостей;
- ◆ Принятие управленческих решений на основе типа fraud-атаки — модуль принятия соответ-

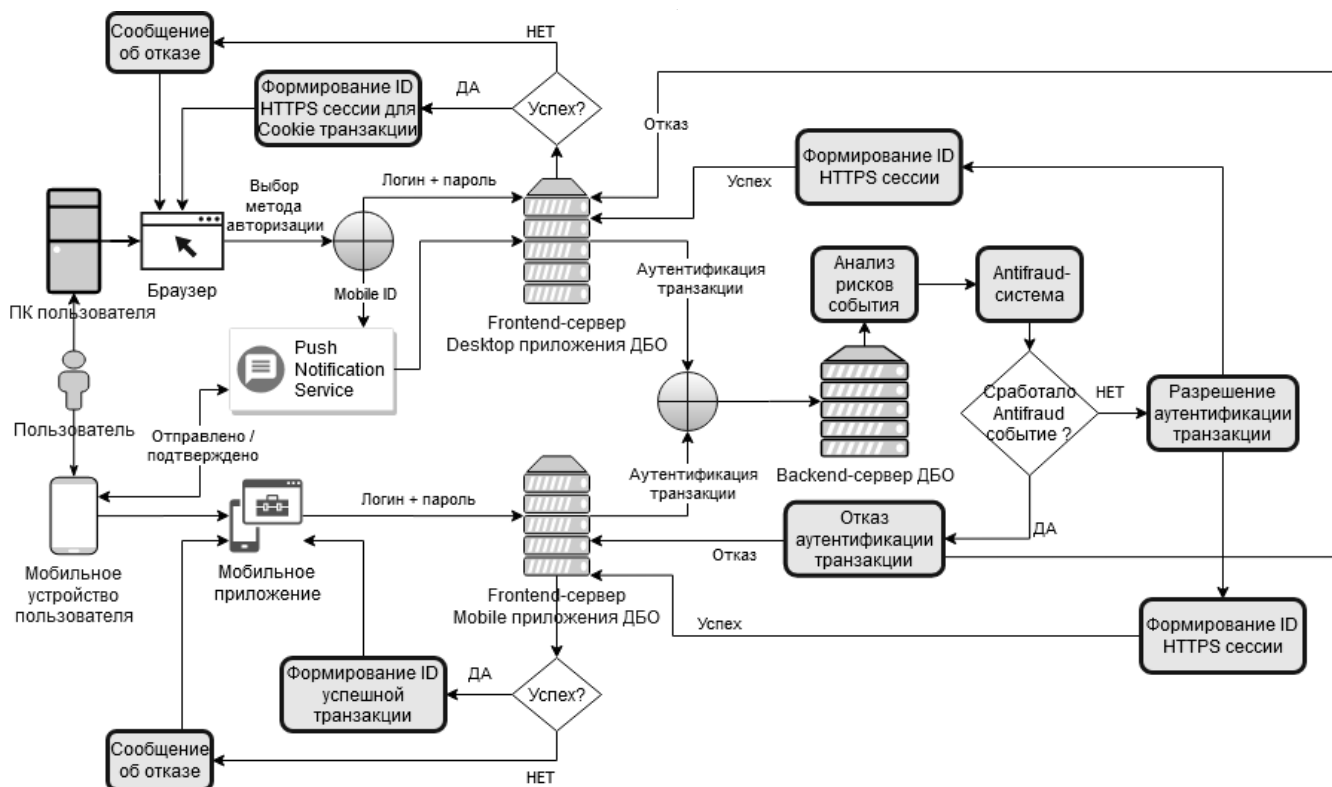


Рис. 2. Аутентификация транзакции

ствующего решения, как при потенциальной атаке, так и при совершившемся действии.

Аутентификация транзакции в общем виде представляет собой оценку рисков Antifraud-системой ее легитимности [7, 8], и на основании проведенного анализа или подтверждается, или отклоняется (рисунок 2).

Важную роль в структуре разрабатываемой системы имеет связь модулей: Интеллектуальные агенты; Интеллектуальные алгоритмы; База интеллектуальных правил. В общем виде концепт взаимодействия можно представить как адаптивные автономные алгоритмы, корректирующие свой математический аппарат итеративными шагами уменьшения дисперсии нестандартными методами гибридизации интеллектуальной системы, представляющими собой совокупность взаимодействующих между собой полиморфных структур: рекомбинантных агентов (структурных моделей); автономных интеллектуальных агентов интеграторов; интеллектуальных агентов принятия решений; базисных автономных интеллектуальных агентов; совокупной структуры интеллектуальной базы данных (рисунок 3).

Рассмотрим назначение основных агентов концепта гибридной модели мультиагентной подсистемы искусственного интеллекта Antifraud-системы:

1. Рекомбинантные агенты (модели): лингвистический агент — языковой модуль обработки и преобразования текстовых и графических массивов данных; логический агент — формализация нечеткой логики; аналитический агент — многомерный и многоуровневый анализ прогнозирования; стохастический агент — генератор вероятностных методов стохастической оптимизации и генетических алгоритмов; агент векторного квантования задач классификации — сети векторного квантования (минимизация искажения при кодировании), самоорганизующиеся карты Кохонена (аппроксимация данных); агент дискриминантного анализа нечетких систем — классификация обучающих выборок N совокупностей (групп); агент кластеризации эвристического нейросетевого алгоритма — решение задач отнесения образца к одному из нескольких попарно не пересекающихся множеств; алгоритм графового метода кластеризации — приближенный алгоритм поиска оптимума; агент адаптивных линейных сумматоров — нерекурсивный адаптивный фильтр для обработки сигналов и регулирования весовых коэффициентов. Совокупность вышеперечисленных рекомбинантных агентов позволяет создать мощную гибридную составляющую

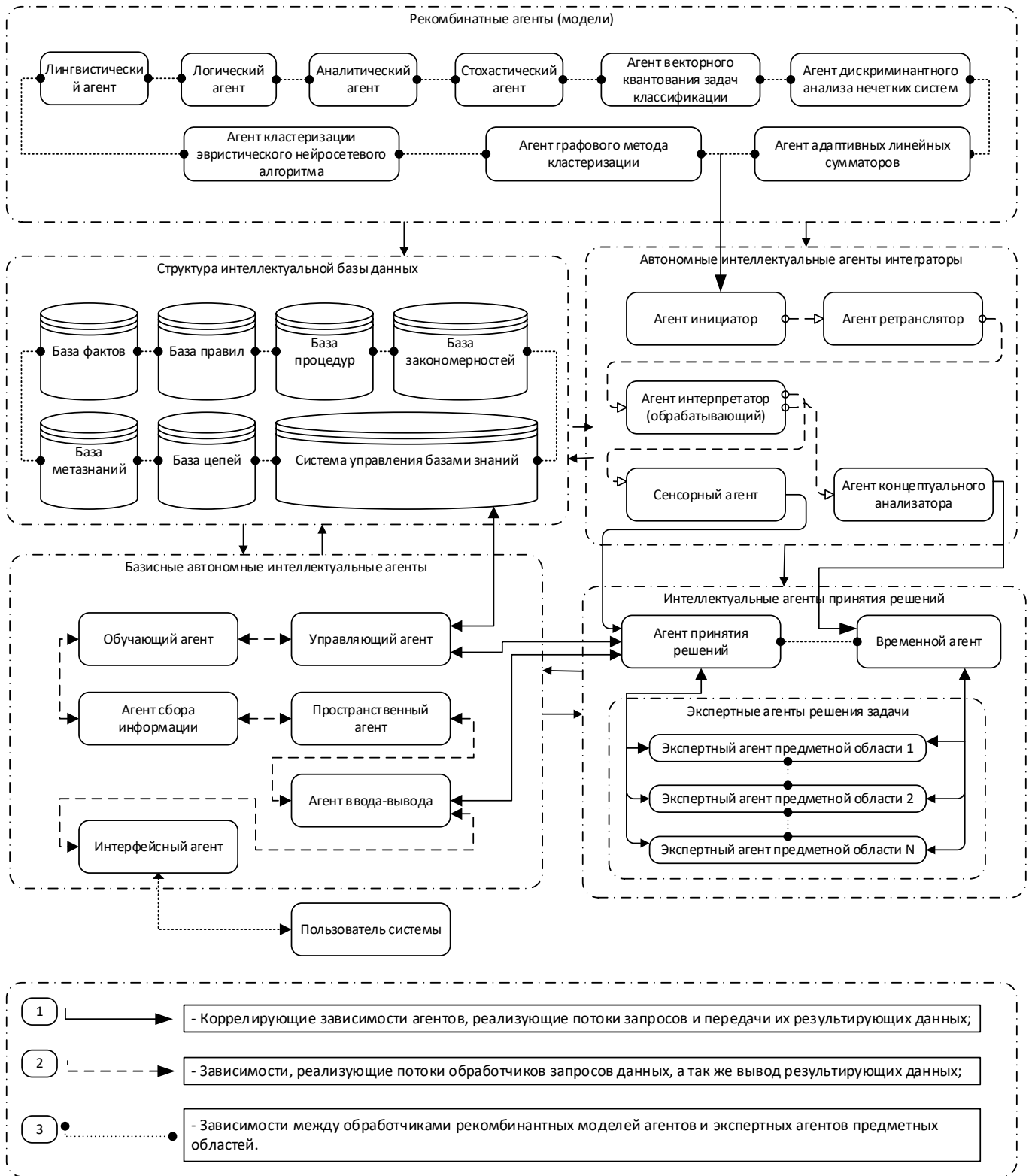


Рис. 3. Концепт гибридной модели мультиагентной подсистемы искусственного интеллекта Antifraud-системы

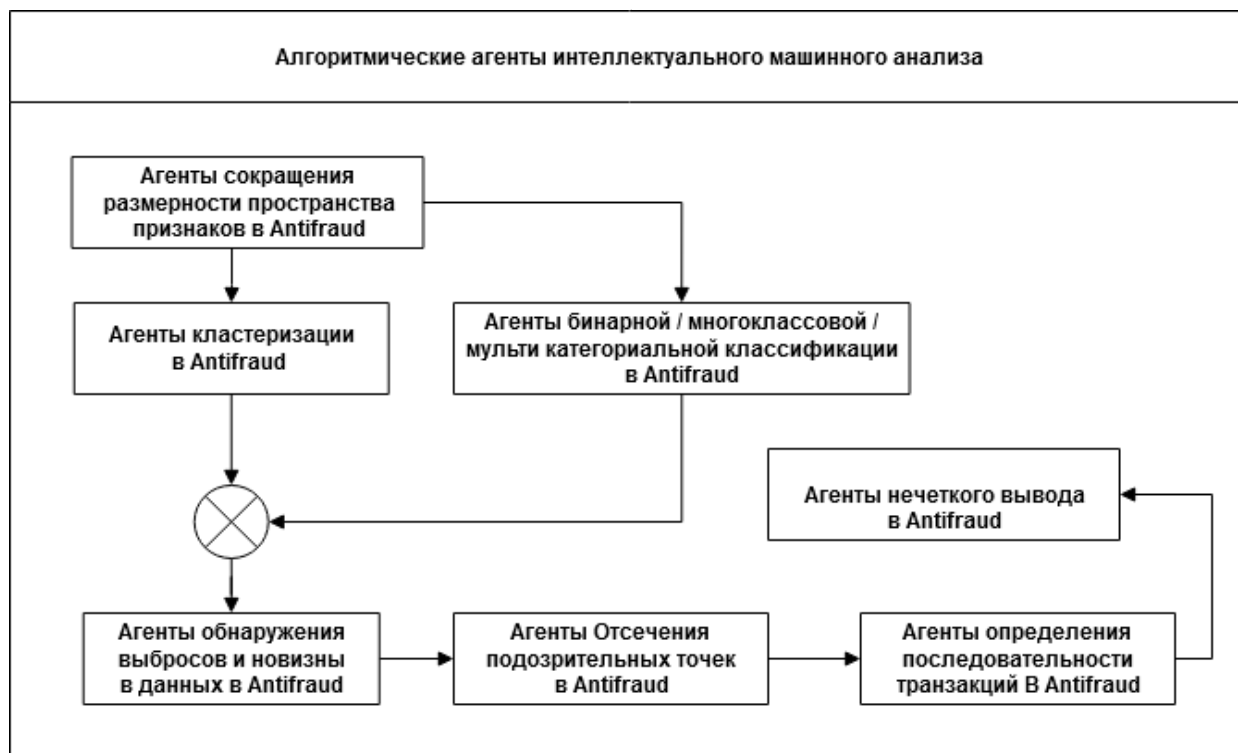


Рис. 4. Укрупненная модель алгоритмических агентов

будущей интеллектуальной системы принятия решений, отвечающую за первоначальную обработку, аналитику, а также инициацию пакетов предварительно обработанных алгоритмов, для дальнейших принятий интеллектуальных решений, с минимальным количеством степеней вероятностных отклонений.

2. Автономные интеллектуальные агенты интеграторы: агент инициатор — сбор и отправка систематизированных данных (буфер между рекомбинантными агентами и автономными интеллектуальными агентами); агент ретранслятор — обеспечение коммуникации (коммуникация между рекомбинантными агентами и автономными интеллектуальными агентами); обрабатывающий агент интерпретатор — решение типовых проблем распознавания речи; сенсорный агент — обработка сенсорных сигналов при помощи нейросетевых алгоритмов; агент концептуального анализатора — прогнозирование действий системы по оперативным данным, и создание рабочего сценария поиска решения. Таким образом автономные интеллектуальные агенты интеграторы позволяют обработать и систематизировать данные, с минимизацией временных интервалов, необходимых для системно-интеллектуальной аналитики.
3. Интеллектуальные агенты принятия решений: временной агент — принятие системой опера-

тивных решений; агент принятия решений — непосредственное принятие взвешенных решений; экспертные агенты решения задачи N предметных областей.

4. Базисные автономные интеллектуальные агенты: обучающий агент — внесение усовершенствований, обучение; управляющий агент — управление структурами; агент сбора информации — сбор и предварительная обработка информационных структур; пространственный агент — моделирование информационно-имитационного пространства рабочей среды; агент ввода-вывода — система ввода-вывода информации; интерфейсный агент — адаптивный интерфейс пользователя.
5. Структура интеллектуальной базы данных — база фактов; база правил; база процедур; база закономерностей; база метазнаний; база цепей; система управления базами знаний (СУБД).

Вышеописанная модель гибридной интеллектуальной системы поддержки управленческих решений не просто соответствует общей концепции построения принятия решения, но и позволяет построить и адаптировать информационную модель проблемной предметной области исследования [7–9], координируя процесс организации вычислений такими значимыми преимуществами, как: минимизация временных и стоимостных

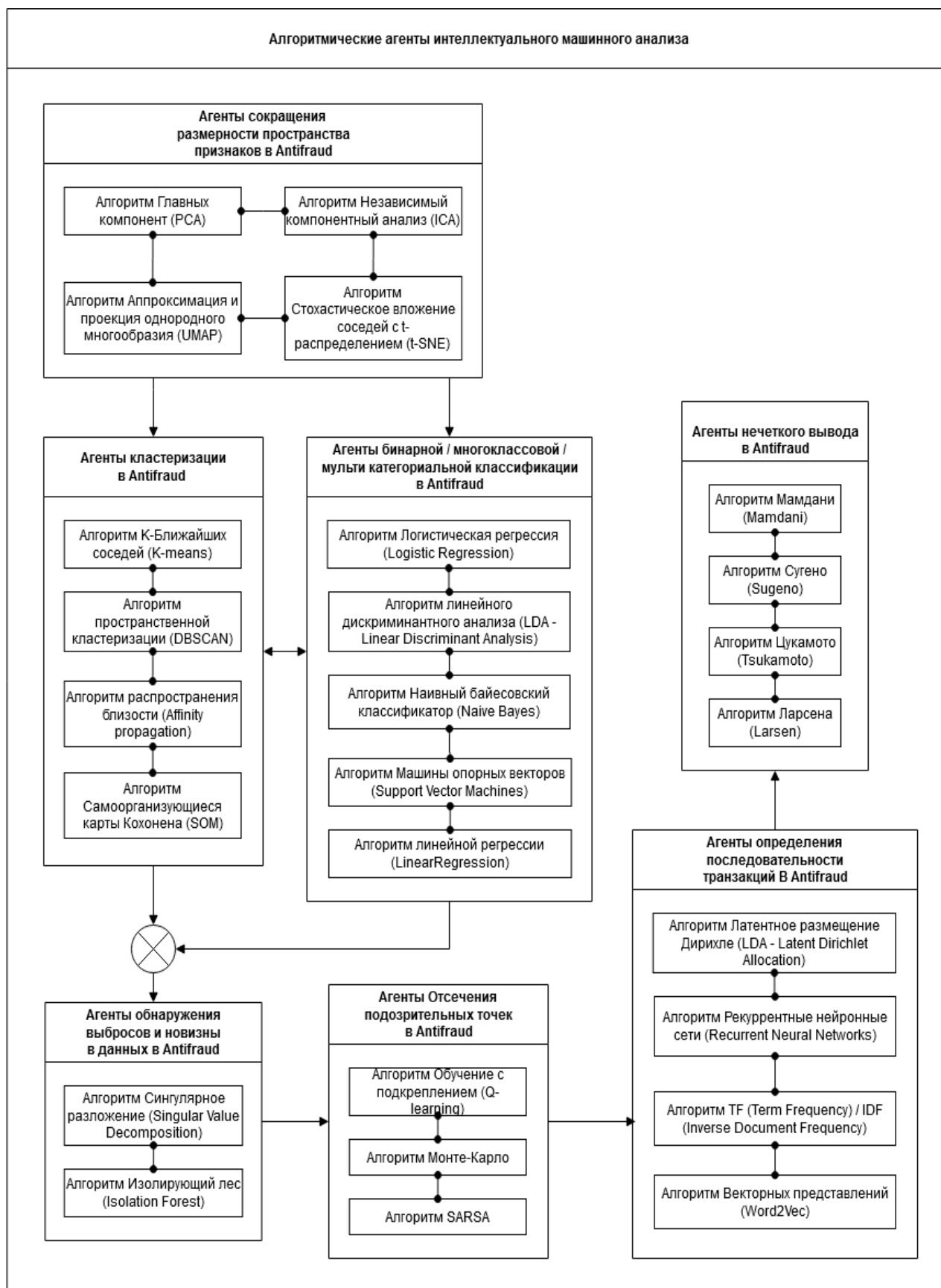


Рис. 5. Детализация модели алгоритмических агентов

показателей, повышение интегративных возможностей в процессе проведения асинхронных вычислений.

В общем виде структура алгоритмических агентов интеллектуального машинного анализа включает в себя следующие составляющие (рисунок 4):

1. Агенты сокращения размерности пространства признаков.
2. Агенты кластеризации.
3. Агенты бинарной / многоклассовой / мульти категориальной классификации.
4. Агенты обнаружения выбросов и новизны в данных.
5. Агенты отсеечения подозрительных точек.
6. Агенты определения последовательности транзакций.
7. Агенты нечеткого вывода.

Агенты снижения размерности пространства позволяют моделям быстрее учиться, тратить гораздо меньше времени на переобучение. Признаки и факторы ранжируются в зависимости от значимости и приоритетов в той или иной логике, при срабатывании триггера, определяющего тип события в Antifraud.

Агенты кластеризации декомпозируют массивы данных на N количество групп, по категориальным и групповым признакам.

Агенты бинарной / многоклассовой / мульти категориальной классификации производят обучение классификаторов, на основе декомпозированных данных, и дальнейшего их использования для прогнозирования меток.

Агенты обнаружения выбросов и новизны в данных позволяют идентифицировать экстремумы значений, которые выходят за пределы обучающих выборок. Таксономия методов идентификации выбросов в данном контексте агентов определяется: анализом экстремальных значений базисных распределений; построением вероятностных и статистических моделей; построением проекционных алгоритмов в линейных моделях; построением моделей на основе изолированных классов (на основе близости к кластеру); обнаружением экземпляров классов, удлиняющих совокупности наборов структурированных и упорядоченных данных; обнаружением выбросов в размерностях кластерных каналов, с декомпозицией на основе близости к экстремумам функций. Вышеописанная таксономия является критически важной совокупностью моделей определения и интерпретируемости выбросов, так как на основе принятого решения агентами, производится определение, является ли анализируемый экземпляр класса выбросом или нет.

Агенты отсеечения подозрительных точек производят: балансировку данных, фильтрацию транзакций, доработка массивов выборки на предмет определения fraud-транзакций; обнаружение и формирование взаимосвязей, аномалий, и закономерностей в массивах данных.

Агенты определения последовательности транзакций формируют модель неявных групп, при помощи которой интерпретируются результаты наблюдений массивов данных, для определения степени нечеткости при построении иерархической потоковой последовательности операций.

Агенты нечеткого вывода позволяют получить и интерпретировать заключения в виде нечетких продукционных правил, на основе нечетких условий или инфологических состояниях анализируемых массивов данных.

Детализация модели алгоритмических агентов представляет собой совокупность различных алгоритмов, комбинации которых позволяют достичь максимально релевантных результатов в разрабатываемой Antifraud-системе (рисунок 5).

Построение динамических моделей интеллектуального анализа на основе представленных комбинаций и последовательностей алгоритмов машинного анализа [10–12] позволяет:

- ◆ минимизировать: риски проведения мошеннических транзакций; риски отклонения валидных транзакций; риски принятия некорректных управленческих решений на основе полученных аналитических сводок и выкладок;
- ◆ максимизировать: скорость обработки транзакций; процесс декомпозиции транзакции на потоки; процент валидных транзакций; скорость и качество принятия управленческих решений.

Заключение

Таким образом, в рамках исследований проведен концептуальный анализ построения аналитических систем предотвращения FRAUD-операций при проведении банковских транзакций, результаты которого могут быть использованы для повышения качества и защищенности обрабатываемой информации в финансовых организациях. Описаны основные требования к стандартам безопасности Antifraud-системы и формирования ее архитектурная модель. Проведен анализ построения Antifraud-системы. Разработана концептуальная модель AntiFraud-системы, которая может быть рекомендована в качестве основы для реализации физической системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ричардсон Крис, Микросервисы. Паттерны разработки и рефакторинга. — СПб.: Питер, 2019. — 544 с.: ил. — (Серия «Библиотека программиста»). ISBN978-5-4461-0996-8.
2. Ньюмен С. Создание микросервисов. — СПб.: Питер, 2016. — 304 с.: ил. — (Серия «Бестселлеры O'Reilly»). ISBN978-5-496-02011-4.
3. Gaidamaka Y.V., Romashkova O.N., Ponomareva L.A., Vasilyuk I.P. Application of information technology for the analysis of the rating of university // CEUR Workshop Proceedings 8. Сер. "ITMM 2018 — Proceedings of the Selected Papers of the 8th International Conference "Information and Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-Tech Systems"" 2018. С. 46–53.
4. Литвак Б.Г., Стефановский Д.В. Моделирование и построение глобального управленческого цикла // В книге: Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2011). Материалы пятой международной конференции. 2011. С. 124–126.
5. Горелов Г.В., Ромашкова О.Н. Оценка качества обслуживания в сетях с пакетной передачей речи и данных // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Прикладная и компьютерная математика. 2003. Т. 2. № 1. С. 23–31.
6. Dr. Anasse Bari, Mohamed Chaouchi, Tommy Jung. Predictive Analytics For Dummies // For Dummies; 2nd edition (October 31, 2016). — 464 pages. ISBN10 8126567937 (ISBN13 978-1119267003).
7. Ромашкова О.Н., Федин Ф.О., Фролов П.А. Применение нейросетевых технологий для проверки благонадежности контрагентов сетевой торговой компании // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. 2018. № 7. С. 126.
8. Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville, Deep Learning. The MIT Press; Illustrated edition (November 18, 2016). — 800 pages. ISBN10 0262035618 (ISBN13 978-0262035613).
9. Ромашкова О.Н., Яковлев Р.И. Анализ моделей и методов для оценки живучести инфокоммуникационных сетей в условиях чрезвычайных ситуаций // Т-Сотт: Телекоммуникации и транспорт. 2012. Т. 6. № 7. С. 165–170.
10. Ромашкова О.Н., Федин Ф.О., Ермакова Т.Н. Нейросетевая компьютерная модель для поддержки принятия решений в образовательных комплексах // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2017. № 61. С. 54–59.
11. Пономарева Л.А., Ромашкова О.Н., Василиук И.П. Алгоритм оценки эффективности работы кафедр университета для управления его рейтинговыми показателями // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2018. № 64. С. 102–108.
12. Gorelov G.V., Kazanskii N.A., Lukova O.N. Communication quality assessment in speech packet transmission networks with random service interrupts // Automatic Control and Computer Sciences. 1993., vol.27., no.1., p.62.

© Зиновьев Владимир Иванович (legrang@yandex.ru), Ромашкова Оксана Николаевна (ox-rom@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223–2966.2021.03.15

ИНТЕГРАЦИЯ АНСАМБЛЕВЫХ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

INTEGRATION OF ENSEMBLE MACHINE LEARNING METHODS INTO DECISION SUPPORT SYSTEMS

**V. Zinovev
O. Romashkova**

Summary. The possibility of integrating Ensemble machine learning methods into management decision support systems has been investigated. An example of consolidation and practical application of ensemble methods in decision support systems is considered.

Keywords: management decisions, decision-making systems, predictive analysis, machine learning, ensemble methods.

Зиновьев Владимир Иванович

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

Ромашкова Оксана Николаевна

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

Аннотация. Исследована возможность интеграции ансамблевых методов машинного обучения в системы поддержки принятия управленческих решений. Рассмотрен пример консолидации и практического применения ансамблевых методов в системах поддержки принятия решений.

Ключевые слова: управленческие решения, системы принятия решений, предиктивный анализ, машинное обучение, ансамблевые методы.

Введение

Предиктивная аналитика является одним из самых важных аспектов в управленческой деятельности, так как на основе полученных прогнозов, ежедневно в той или иной отрасли принимаются управленческие решения, которые влияют как на отдельные показатели в существующих бизнес-процессах, так и на общие показатели в организации [1–3]. В подобных случаях, даже небольшой неправильно интерпретируемый показатель в отдельном сегменте бизнес-процес-

са может привести к непредсказуемым последствиям на любом уровне.

Несмотря на бурный рост технологий предиктивного анализа, основная часть управленческих решений на практике до сих пор принимается на основе сводных выгрузок существующей BI (Business intelligence) отчетности, отображающих реальные данные. Выгрузки в различных срезах данных анализируются. Далее выводятся ключевые показатели, на основе которых ведущие менеджеры организации формируют модели,

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
ID_пользователя	Пол	Полит_ой	Партнер	Идентификатор_ендс	Срок_в_компании_мес	Наличие_телефона	Несколько_линий_связи	Наличие_линии_интернета	Антивирус_файл_вол	Резервное_копию_ванне	Моб_интернет_да_йрвол	Теплоддержка	Смарт_ТВ	Смарт_видео	Срок_контракта	Онлайн_счет	Способ_оплаты	Ежемесячный_платеж	Общая_сумма_долженств	Отток_денег_абонентов
7001	0052-YHYOT	Female	0	No	67	Yes	No	No	No internet service	No internet service	No internet service	No internet service	No internet service	No internet service	One year	No	Electronic check	20,55	1343,4	No
7002	6304-JF5Q	Male	0	No	3	Yes	No	DSL	No	Yes	No	No	No	No	Month-to-month	Yes	Mailed check	49,9	130,1	Yes
7003	9586-GQKH	Female	0	Yes	64	Yes	No	Fiber optic	No	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Two year	Yes	Bank transfer (automatic)	105,4	6794,75	No
7004	4501-VQPK	Male	0	No	26	No	No phone service	DSL	No	No	Yes	No	No	No	Month-to-month	No	Electronic check	35,75	1022,5	No
7005	6075-SLNL	Male	0	No	38	Yes	Yes	Fiber optic	No	Yes	Yes	No	No	Yes	Month-to-month	Yes	Credit card (automatic)	95,1	3691,2	No
7006	9347-AERL	Male	0	Yes	23	Yes	No	No	No internet service	No internet service	No internet service	No internet service	No internet service	No internet service	One year	No	Credit card (automatic)	19,3	486,2	No
7007	0093-VWZY	Male	0	No	40	Yes	Yes	Fiber optic	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Two year	Yes	Bank transfer (automatic)	104,5	4036,55	Yes
7008	0274-XUATA	Male	1	Yes	72	No	No phone service	DSL	Yes	Yes	No	No	No	No	Month-to-month	Yes	Credit card (automatic)	63,1	4695,55	No
7009	1980-KXPM	Female	1	No	3	Yes	Yes	Fiber optic	No	No	No	No	No	No	Month-to-month	Yes	Credit card (automatic)	75,05	256,25	Yes
7010	7703-ZEKF	Male	0	No	23	Yes	Yes	Fiber optic	No	No	Yes	No	No	No	Month-to-month	Yes	Electronic check	81	1917,1	Yes
7011	0723-DRCLG	Female	1	Yes	1	Yes	Yes	Fiber optic	No	Yes	No	No	No	No	Month-to-month	Yes	Electronic check	74,45	74,45	Yes
7012	5482-NPWA	Female	0	No	4	Yes	No	DSL	Yes	Yes	No	Yes	No	No	Month-to-month	Yes	Mailed check	60,4	272,16	Yes
7013	6691-OCNA	Female	0	Yes	62	Yes	Yes	DSL	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Two year	Yes	Electronic check	84,95	5160,55	No
7014	1685-BQULA	Female	0	No	40	Yes	Yes	Fiber optic	No	Yes	No	Yes	No	No	Month-to-month	Yes	Bank transfer (automatic)	93,4	3756,4	No
7015	9053-EUJNL	Male	0	No	41	Yes	Yes	Fiber optic	No	Yes	No	No	No	No	Month-to-month	Yes	Electronic check	89,2	3645,75	No
7016	0666-UKTJO	Male	1	Yes	34	Yes	No	Fiber optic	No	No	Yes	No	Yes	No	Month-to-month	Yes	Credit card (automatic)	85,2	2874,45	No
7017	4471-GQKQ	Female	0	No	1	Yes	No	DSL	No	Yes	No	No	No	No	Month-to-month	No	Electronic check	49,95	49,95	No
7018	1807-LZYQ	Female	0	No	51	Yes	No	No	No internet service	No internet service	No internet service	No internet service	No internet service	No internet service	Two year	No	Bank transfer (automatic)	20,65	1020,75	No
7019	1122-MTJW	Male	0	Yes	1	Yes	No	Fiber optic	No	No	No	No	No	No	Month-to-month	Yes	Mailed check	70,65	70,65	Yes
7020	9710-AJERN	Female	0	No	39	Yes	No	No	No internet service	No internet service	No internet service	No internet service	No internet service	No internet service	Two year	No	Mailed check	20,15	826	No
7021	9837-FWLCH	Male	0	Yes	12	Yes	No	No	No internet service	No internet service	No internet service	No internet service	No internet service	No internet service	Month-to-month	Yes	Electronic check	19,2	239	No
7022	1699-HFSBG	Male	0	No	12	Yes	No	DSL	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	One year	Yes	Electronic check	59,8	727,8	Yes
7023	2019-OYKCT	Male	0	No	72	Yes	Yes	Fiber optic	No	Yes	No	Yes	Yes	Yes	One year	Yes	Electronic check	104,95	7544,3	No
7024	1035-IPQPU	Female	1	Yes	63	Yes	Yes	Fiber optic	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Month-to-month	Yes	Electronic check	103,5	6479,4	No
7025	7398-LGXV	Male	0	No	18	Yes	Yes	Fiber optic	Yes	No	Yes	No	No	No	Month-to-month	Yes	Credit card (automatic)	84,8	3626,35	No
7026	2823-LX4BH	Female	0	No	44	Yes	Yes	Fiber optic	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Month-to-month	Yes	Bank transfer (automatic)	95,05	1679,4	No
7027	8775-CBBJ	Female	0	No	9	Yes	No	DSL	No	No	No	No	No	No	Month-to-month	Yes	Bank transfer (automatic)	44,2	403,35	Yes
7028	0550-DCALH	Male	0	No	13	Yes	No	DSL	No	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Month-to-month	No	Mailed check	73,35	931,55	No
7029	9281-CEDRU	Female	0	Yes	68	Yes	No	DSL	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Two year	No	Bank transfer (automatic)	64,1	4326,25	No
7030	2235-DWJWJ	Female	1	No	6	No	No phone service	DSL	No	No	No	No	Yes	Yes	Month-to-month	Yes	Electronic check	44,4	263,05	No
7031	0871-OPBXM	Female	0	No	2	Yes	No	No	No internet service	No internet service	No internet service	No internet service	No internet service	No internet service	Month-to-month	Yes	Mailed check	20,05	39,25	No
7032	3605-JSJB	Male	1	Yes	55	Yes	Yes	DSL	Yes	Yes	No	No	No	No	One year	No	Credit card (automatic)	60	3316,1	No
7033	7750-EYVWZ	Female	0	No	12	No	No phone service	Fiber optic	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Month-to-month	Yes	Electronic check	75,75	75,75	Yes
7034	6894-LFHLV	Male	1	No	1	Yes	Yes	Fiber optic	No	No	No	No	No	No	Month-to-month	Yes	Credit card (automatic)	69,5	2625,25	No
7035	0639-TSICW	Female	0	No	67	Yes	Yes	Fiber optic	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Month-to-month	Yes	Credit card (automatic)	102,95	6886,25	Yes
7036	8456-QDQVC	Male	0	No	19	Yes	No	Fiber optic	No	No	No	No	No	No	Month-to-month	Yes	Bank transfer (automatic)	78,7	1495,1	No
7037	7750-EYVWZ	Female	0	No	12	No	No phone service	DSL	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Month-to-month	No	Electronic check	60,65	743,3	No
7038	5658-WGGERO	Female	0	No	72	Yes	No	No	No internet service	No internet service	No internet service	No internet service	No internet service	No internet service	Two year	Yes	Bank transfer (automatic)	21,15	1419,4	No
7039	6840-RESVB	Male	0	Yes	24	Yes	Yes	DSL	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	One year	Yes	Mailed check	64,8	1900,5	No
7040	2234-VADUH	Female	0	Yes	72	Yes	Yes	Fiber optic	No	Yes	No	Yes	Yes	Yes	One year	Yes	Credit card (automatic)	103,2	7362,9	No
7041	4801-JAZL	Female	0	Yes	11	No	No phone service	DSL	Yes	No	No	No	No	No	Month-to-month	Yes	Electronic check	29,6	346,45	No
7042	8361-LJMKO	Male	1	Yes	4	Yes	Yes	Fiber optic	No	No	No	No	No	No	Month-to-month	Yes	Mailed check	74,4	306,6	Yes
7043	3186-AJEEK	Male	0	No	66	Yes	No	Fiber optic	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Two year	Yes	Bank transfer (automatic)	105,95	6844,5	No

Рис. 1. Матрица данных

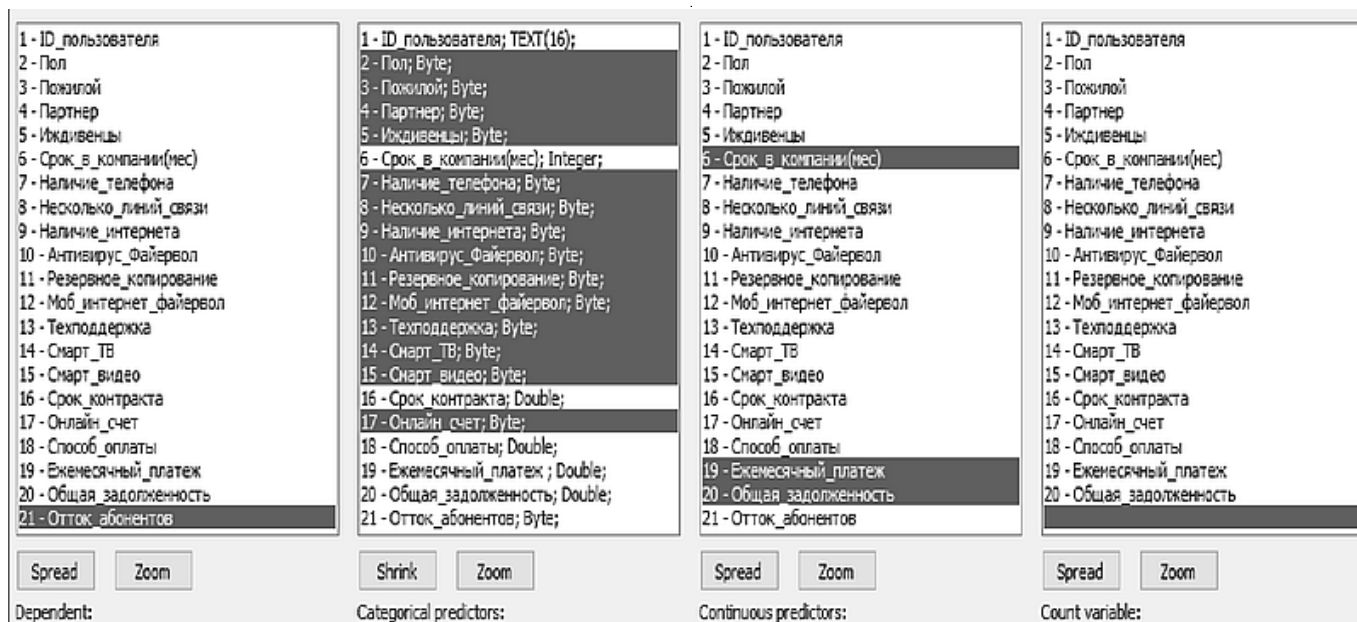


Рис. 2. Выбор признаков

позволяющие в той или иной степени спрогнозировать спад или подъем ключевых факторов [4, 5]. Иными словами, большая часть прогнозных сводок зависит от экспертного уровня того или иного сотрудника. Помимо этого, текущие и ретроспективные аналитические выкладки не помогают увеличить процент уровня валидности предикторов, так как не учитывают регрессионные коэффициенты линейных и нелинейных комбинаций, при определении прогнозной функции. Стандартизированные же функции приводят к низкому уровню предиктивного анализа. Адаптация моделей хоть и дает некоторые улучшения, но при любом отклонении в исходных параметрах, увеличивает дисперсию случайной величины, пропорционально уровню изменений в исходных предикторах [6, 7].

Для повышения уровня прогнозной аналитики, экстраполяция предикторов функции должна учитывать ориентированные графы семантических сетей на уровнях: ретроспективных критериев и закономерностей; существующих факторов, с учетом их ранжирования; комбинаторных моделей аналитических прогнозов. Помимо этого, уровень корректности прогноза зависит от уровня объема и качества входной информации, а также выбора необходимого алгоритма (или комбинации алгоритмов), в рамках используемого метода, при решении конкретной задачи. Конкатенация вышперечисленных семантических графов в правильной последовательности, приводит к формированию валидных результатов при прогнозировании [8, 9]. На основе полученных результатов процесс принятия управленческих решений (как в долгосрочной, так и в краткосроч-

ной перспективах) будет приносить положительную динамику роста показателей в организации.

1. Выбор Ансамблевых методов машинного обучения для принятия управленческих решений

Основные направления в системах поддержки принятия решений (СППР) предполагают формирование выводов, основанных или на правилах (rules), или на прецедентах (cases). Это означает, что чем ниже уровень формализации задачи (в результате недостаточности или некорректности данных), тем выше уровень дисперсии. Ансамблевая система методов принятия управленческих решений предполагает возможность формирования результатов прогноза в условиях, когда существующего количества rules или cases недостаточно для полноценного проведения машинного анализа существующих данных. На основе предварительных изысканий в исследуемой области [10, 11], в качестве предиктивной модели будут использоваться контролируемые методы обучения консолидированной связи алгоритмов «Случайный лес» (далее Random Forest) и Градиентный бустинг (далее Gradient Boosting). Random Forest представляет из себя множество принимающих решения деревьев, в виде таксономической классификации графа, декомпозируемого на интерпретируемые в процессе обучения признаки. Random Forest был выбран в качестве моделирования прогнозных предикторов в связи с тем, что он максимально соответствует основному принципу ансамблирования, а также одинаково эффективен как в задачах класси-

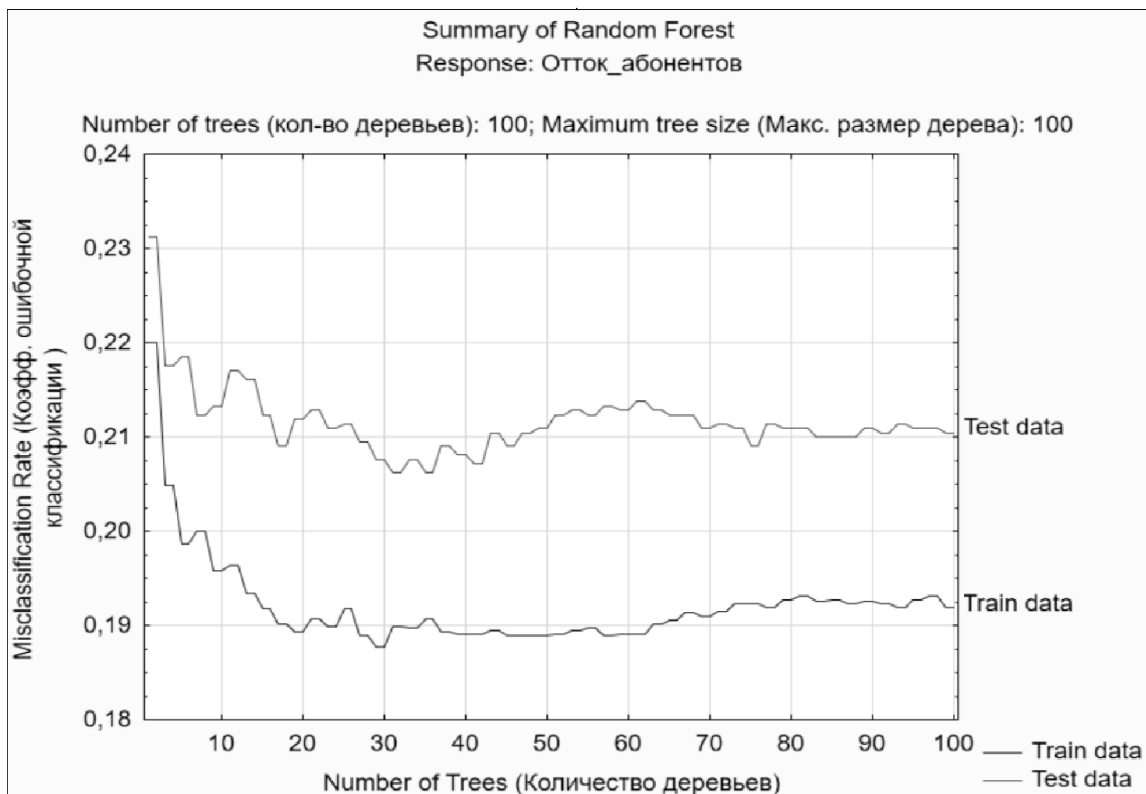


Рис. 3. Обучение модели

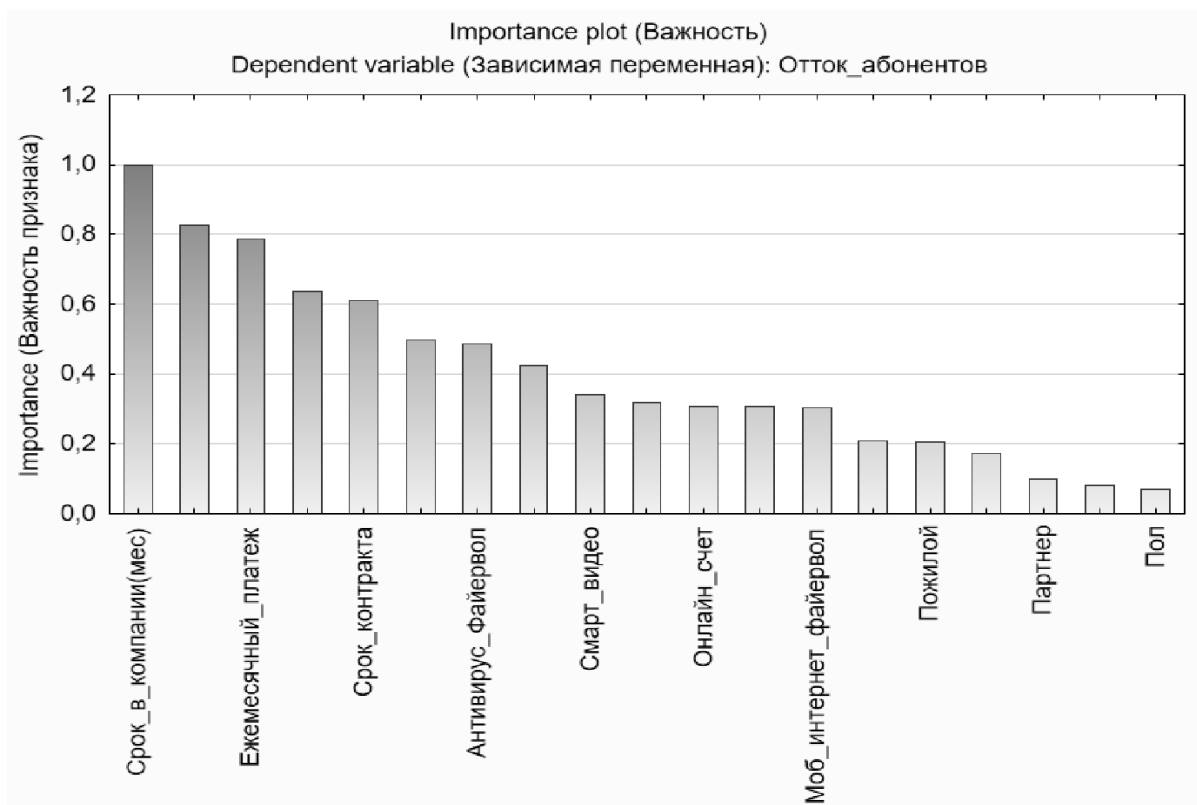


Рис. 4. Важность признака

Predictor importance - Важность предиктора (Customer.sta)		Response: Отток_абонентов		
	Variable Rank	Importance		
Срок в компании(мес)	100	1,000000		
Общая задолженность	83	0,825526		
Ежемесячный платеж	79	0,787593		
Наличие интернета	64	0,636705		
Срок контракта	61	0,612791		
Способ оплаты	50	0,498522		
Антивирус_Файервол	49	0,487351		
Техподдержка	42	0,423808		
Смарт_видео	34	0,338972		
Смарт_TV	32	0,320283		
Онлайн_счет	31	0,309611		
Резервное копирование	31	0,309388		
Моб_интернет_файервол	30	0,303941		
Несколько линий связи	21	0,207844		
Пожилый	21	0,206187		
Иждивенцы	17	0,173988		
Партнер	10	0,097770		
Наличие телефона	8	0,082400		
Пол	7	0,070920		

Рис. 5. Ранг признаков

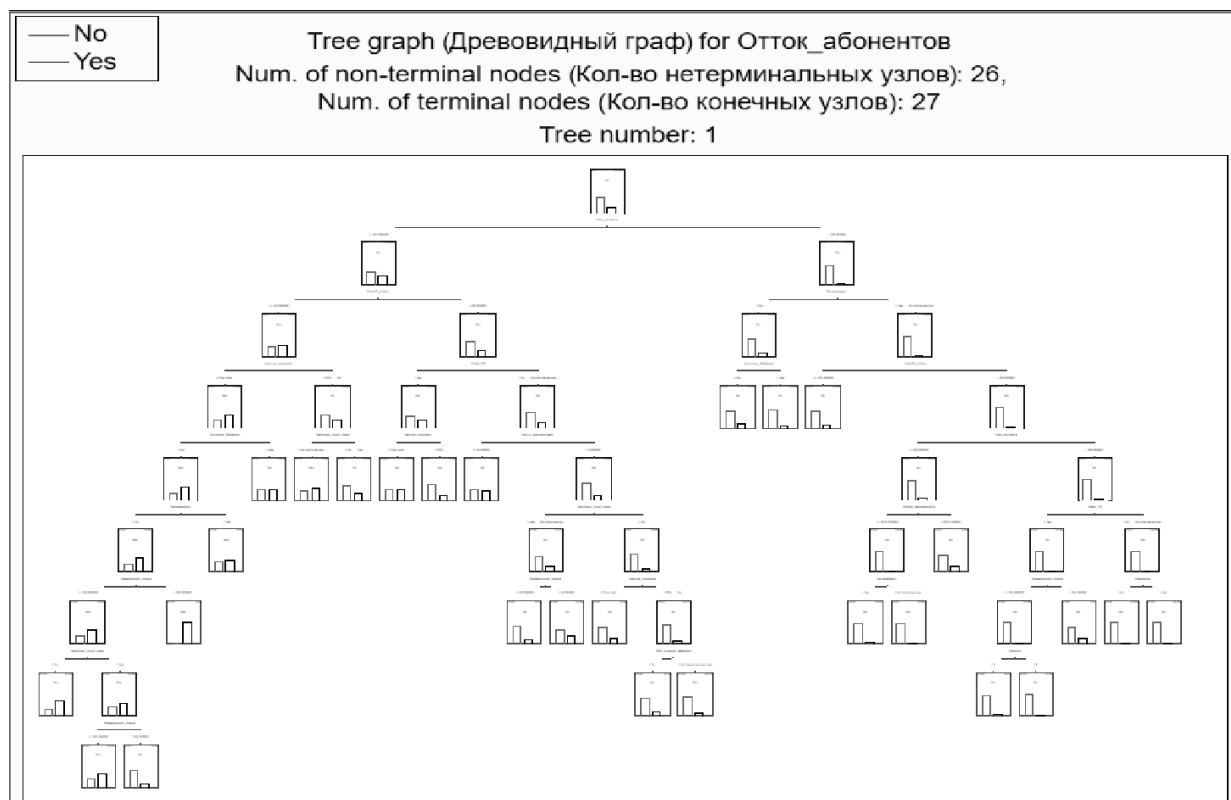


Рис. 6. Древовидный граф

Classification matrix - Матрица классификации (Customer.sta) Response: Отток_абонентов Training set sample; Number of trees: 200				
	Observed	Class Predicted No	Class Predicted Yes	Row Total
Number	No	3344	263	3607
Column Percentage (Столбец Процент)		82.90%	29.92%	
Row Percentage (Строка Процент)		92.71%	7.29%	
Total Percentage (Итоговый процент)		68.06%	5.35%	73.42%
Number	Yes	690	616	1306
Column Percentage (Столбец Процент)		17.10%	70.08%	
Row Percentage (Строка Процент)		52.83%	47.17%	
Total Percentage (Итоговый процент)		14.04%	12.54%	26.58%
Count (Итоговый расчет по группам)	All Groups	4034	879	4913
Total Percent (Итоговый процент)		82.11%	17.89%	

Рис. 7. Матрица классификации

фикационного, так и в задачах регрессионного анализа [12]. Основной концепцией эффективности алгоритма Gradient Boosting является способность обучения на ошибках предыдущей модели. Для этого Gradient Boosting создает ансамбль предикторов, и формирует функцию потерь, плавно производя ее минимизацию.

2. Практическое применение комбинации алгоритмов Random Forest и Gradient Boosting в системах поддержки принятия решений

В качестве практического примера реализации, подготовлены и загружены данные, содержащие статистику оттока абонентов компании Интернет-провайдера (рисунок 1). Атрибуты столбцов представляют следующие характеристики: «ID_пользователя» — уникальный идентификатор пользователя; «Пол» — пол абонента; «Пожилрой» — бинарный признак, определяющий возрастной критерий; «Партнер» — бинарный признак, определяющий семейный статус абоненты; «Иждивенцы» — бинарный признак, определяющий наличие детей, или иждивенцев абонента; «Срок_в_компании(мес)» — числовой признак, определяющий кол-во месяцев, которое абонент непрерывно является, или являлся клиентом провайдера; «Наличие телефона» — бинарный признак, определяющий, является ли клиент провайдера телефонным абонентом; «Несколько_линий_связи» — признак, отображающий наличие нескольких линий связи; «Наличие_интернета» — при-

знак, отображающий наличие и тип интернет линии; «Антивирус_файервол» — признак, отображающий наличие подключенной услуги антивируса, сетевого экрана; «Резервное_копирование» — признак, отображающий наличие подключенной услуги резервного копирования данных; «Моб_интернет_файервол» — признак, отображающий наличие подключенной услуги мобильного интернета, или файервола; «Техподдержка» — признак, отображающий наличие подключенной услуги техподдержки; «Смарт_TV» — признак, отображающий наличие подключенной услуги цифрового телевидения; «Смарт_видео» — признак, отображающий наличие подключенной услуги цифрового видео контента; «Срок_контракта» — признак, отображающий срок контракта абонента и провайдера; «Онлайн_счет» — признак, отображающий регистрацию пользователя в системе, для совершения онлайн платежей; «Способ_оплаты» — признак, отображающий предпочитаемый тип оплаты для каждого абонента; «Ежемесячный_платеж» — признак, отображающий размер ежемесячного платежа абонента; «Общая_задолженность» — признак, отображающий наличие задолженности по счетам абонента; «Отток_абонента» — бинарный признак, отображающий отказ текущего абонента от услуг провайдера.

На первом этапе построения модели был применен алгоритм Random Forest. Была произведена декомпозированная выборка: Зависимого признака, Категориальных признаков, Непрерывных признаков (рисунок 2).

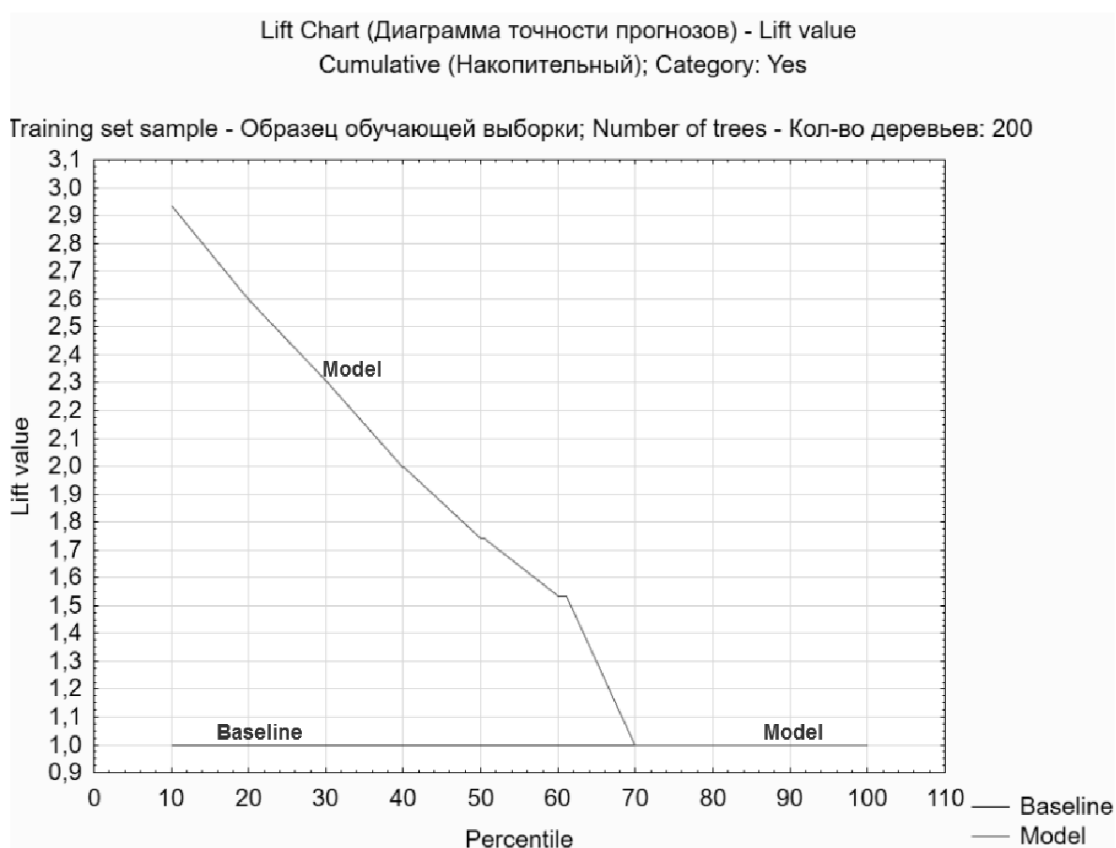
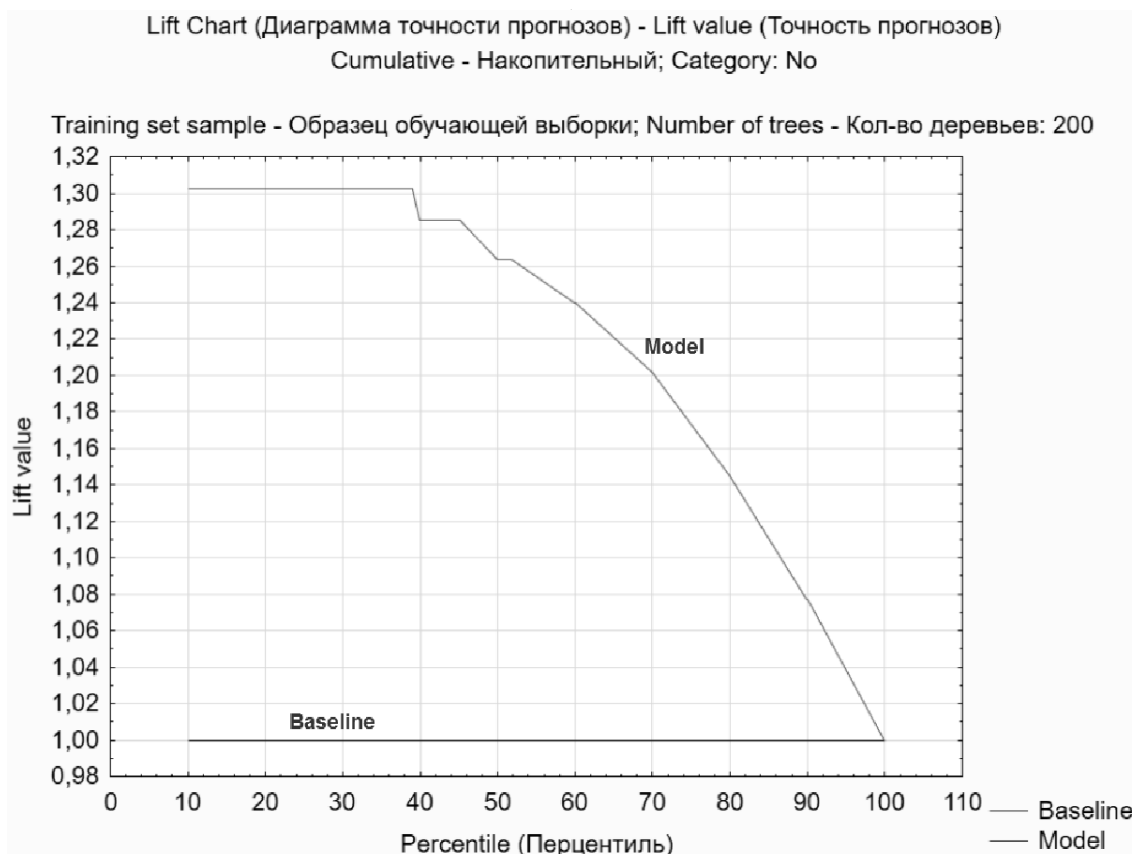


Рис. 8. Диаграмма точности прогнозов

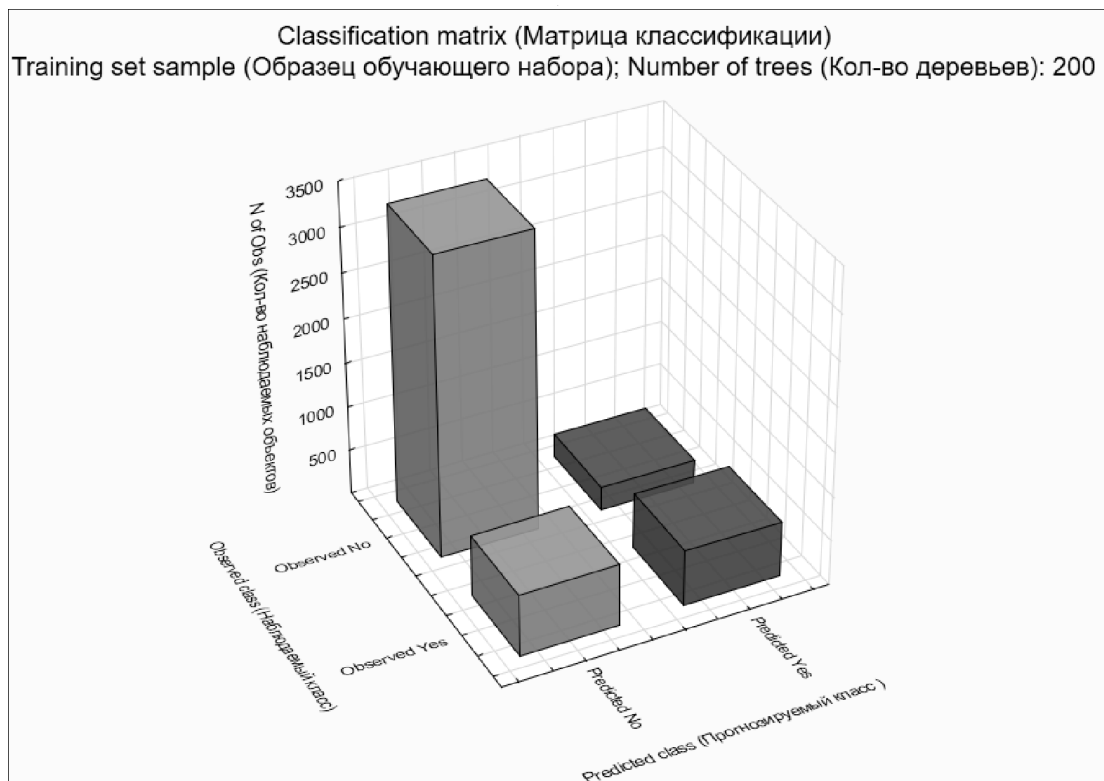


Рис. 9. Столбиковая диаграмма матрицы классификации

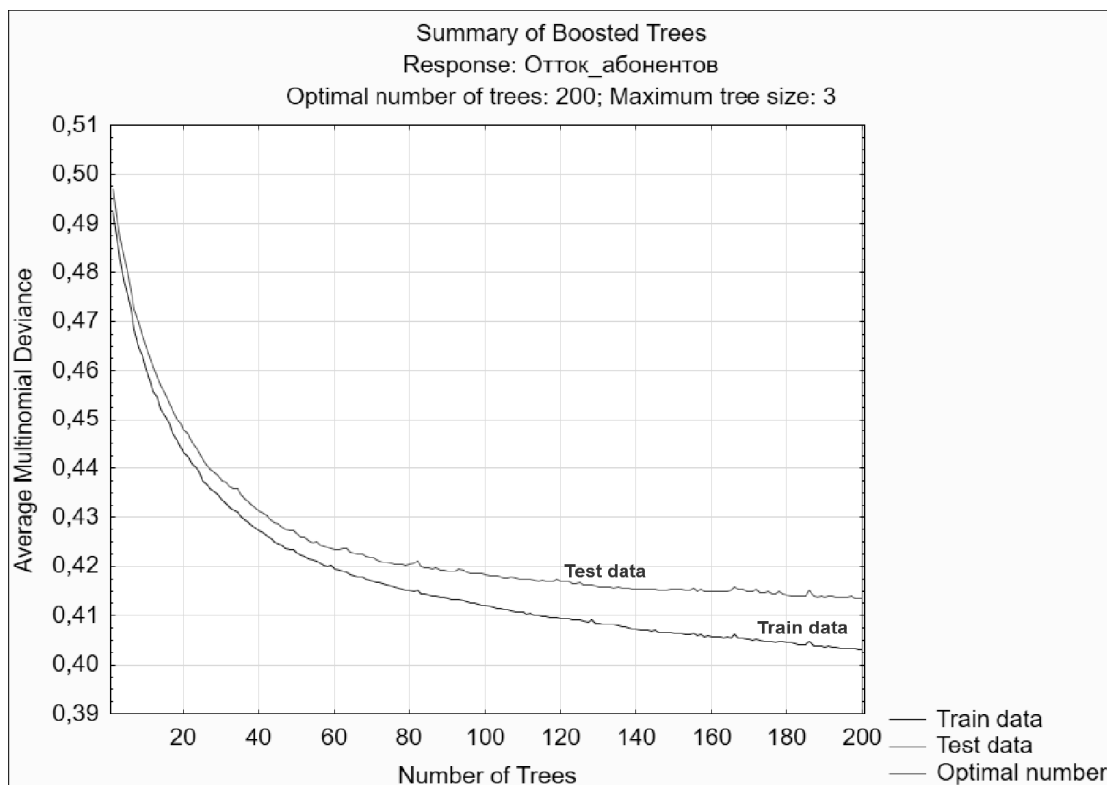


Рис. 10. Обучение модели

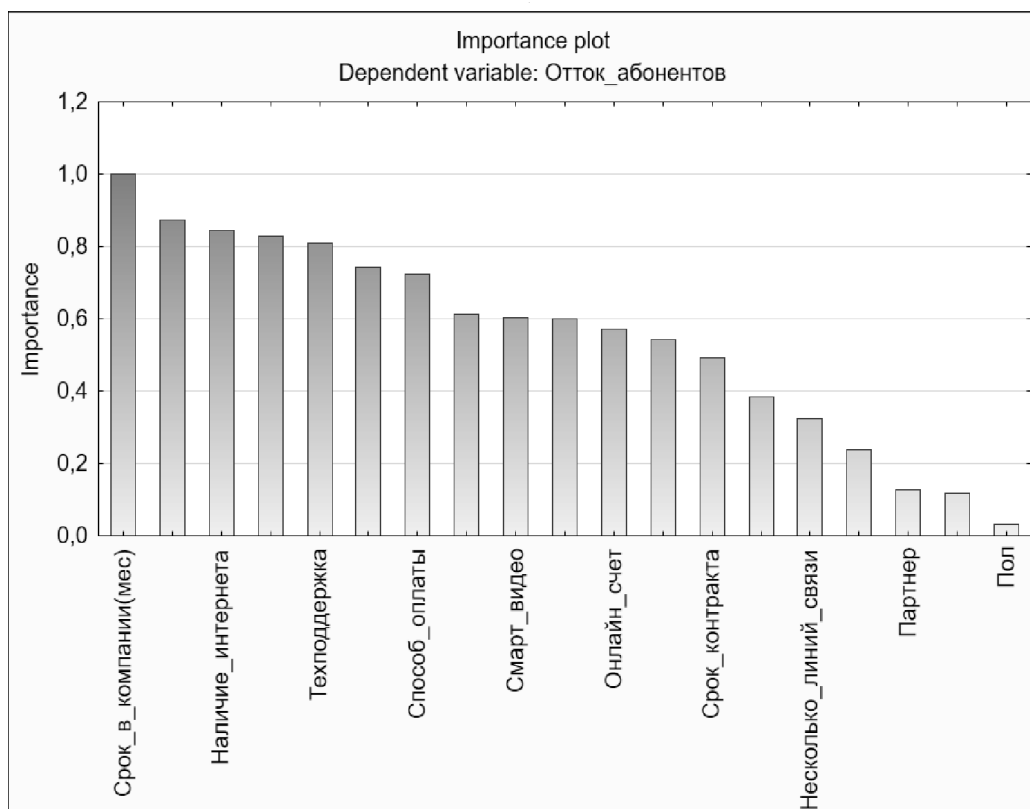


Рис. 11. Важность признака

Predictor importance (Customer.sta)		
Response: Отток_абонентов		
	Variable Rank	Importance
Срок_в_компании(мес)	100	1,000000
Антивирус_Файервол	87	0,874304
Наличие_интернета	85	0,845102
Ежемесячный_платеж	83	0,828819
Техподдержка	81	0,809696
Общая_задолженность	74	0,741701
Способ_оплаты	72	0,724640
Смарт_ТВ	61	0,612892
Смарт_видео	60	0,604784
Резервное_копирование	60	0,599122
Онлайн_счет	57	0,572783
Моб_интернет_файервол	54	0,544352
Срок_контракта	49	0,493200
Пожилой	38	0,384816
Несколько_линий_связи	32	0,323587
Иждивенцы	24	0,239210
Партнер	13	0,126499
Наличие_телефона	12	0,118921
Пол	3	0,032816

Рис. 12. Ранг признаков

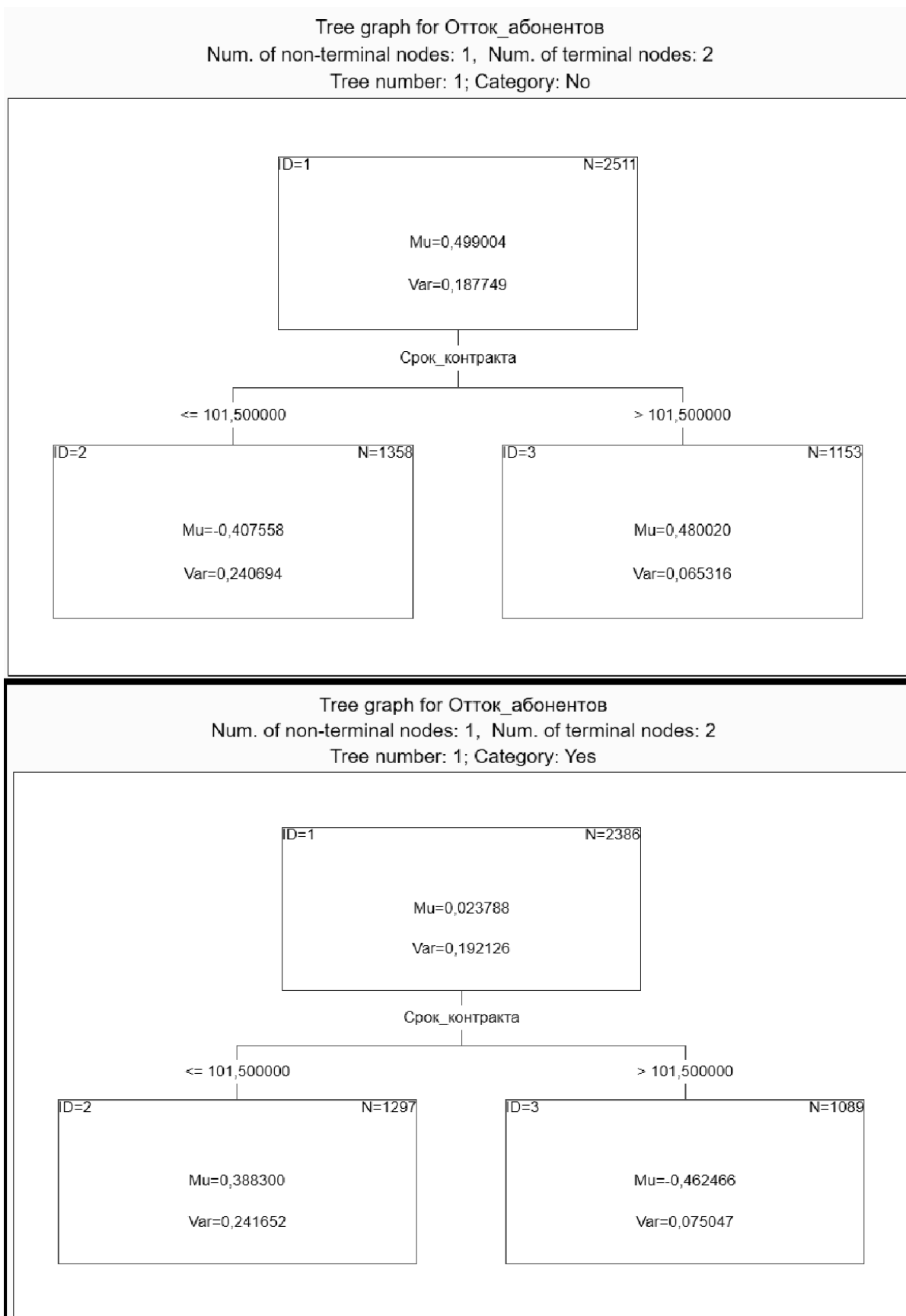


Рис. 13. Дерево графов

Classification matrix - Матрица классификации (Customer.sta)				
Response: Отток_абонентов				
Analysis sample; Number of trees: 200				
	Observed	Predicted No	Predicted Yes	Row Total
Number	No	2690	971	3661
Column Percentage (Столбец Процент)		91.68%	48.26%	
Row Percentage (Строка Процент)		73.48%	26.52%	
Total Percentage (Итоговый процент)		54.39%	19.63%	74.02%
Number	Yes	244	1041	1285
Column Percentage (Столбец Процент)		8.32%	51.74%	
Row Percentage (Строка Процент)		18.99%	81.01%	
Total Percentage (Итоговый процент)		4.93%	21.05%	25.98%
Count (Итоговый расчет по группам)	All Groups	2934	2012	4946
Total Percent (Итоговый процент)		59.32%	40.68%	

Рис. 14. Матрица классификации

Далее произведено обучение модели, с построением таксономической структуры обучающих деревьев (рисунок 3), на которой в качестве оси ординат у выступает расчет степени коэффициента ошибочной классификации, в качестве оси абсцисс x выступает обучающая выборка (количество деревьев).

В конце процесса обучения модели оценка риска соотношений тренировочной и тестовой выборок в исчисляемом эквиваленте составляла 0,192323314378554 к 0,209532798489854, стандартное отклонение ошибки составило 0,00561662874919609 к 0,00884102168259427.

Построен график градации важности признаков, на котором по оси ординат отложены результаты расчета коэффициента важности признака, а по оси абсцисс отмечены анализируемые признаки (рисунок 4).

Важность анализируемых предикторов можно представить в табличном виде (рисунок 5).

Построен древовидный граф с рассчитанным количеством нетерминальных узлов, а также конечных узлов (рисунок 6).

Сформирована матрица классификации (рисунок 7), на которой отображены процентные соотношения предсказанных результатов и расхождения между реальными данными по оттоку абонентов.

По результатам предварительного анализа, процент предсказанного оттока абонентов (Category = «Yes») недостаточно хорош (рисунок 8).

На графике трехмерной столбиковой диаграммы соотношения наблюдаемого и прогнозируемого классов выглядят следующим образом (рисунок 9).

Применим к модели алгоритм Gradient Boosting и продолжим обучение. После завершения обучения модели снова построим таксономическую структуру обучающих деревьев, и сразу же увидим изменения в динамике. Кривые обучения более плавные и без скачков. Причем кривая обучения максимально приближена к результатам тестовых данных (рисунок 10).

Оценка риска соотношений тренировочной и тестовой выборок в исчисляемом эквиваленте теперь составляет 0,245653052972099 к 0,252265140677158, стандартное отклонение ошибки составляет 0,00612096076138834 к 0,00948425494103256. При построении нового графика градации важности признаков параметры меняются (рисунок 11).

Важность анализируемых предикторов теперь выглядит иначе (рисунок 12).

Построим дерево графов для предикторов градиентного бустинга (рисунок 13).

Итоговая матрица классификации теперь изменилась. Процент предсказанных значений по признаку «Отток_абонентов» сильно увеличился (рисунок 14).

На диаграмме точности прогнозов процент предсказанного оттока абонентов максимально приблизился наивысшим положительным показателям (рисунок 15).

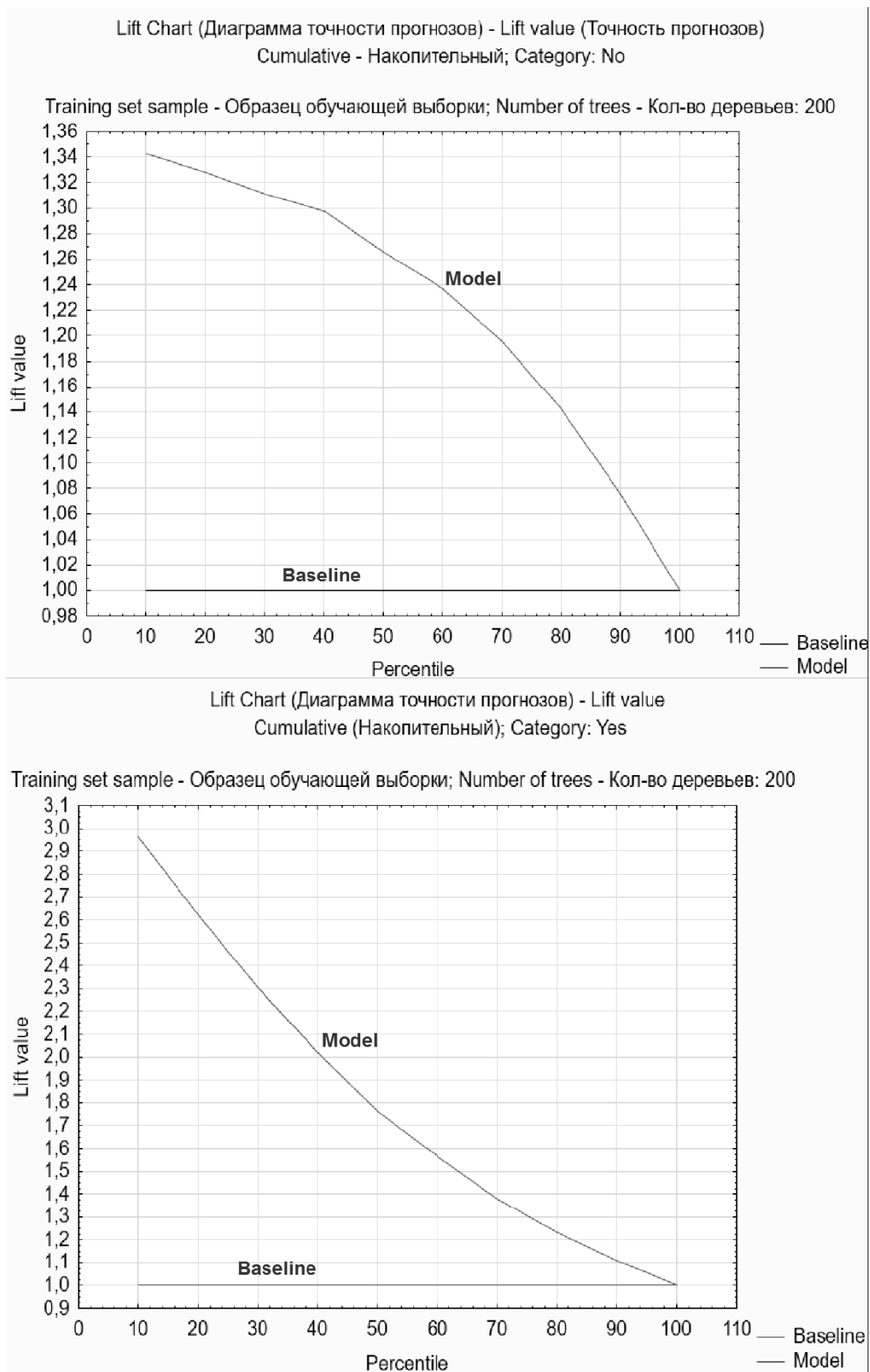


Рис. 15. Диаграмма точности прогнозов

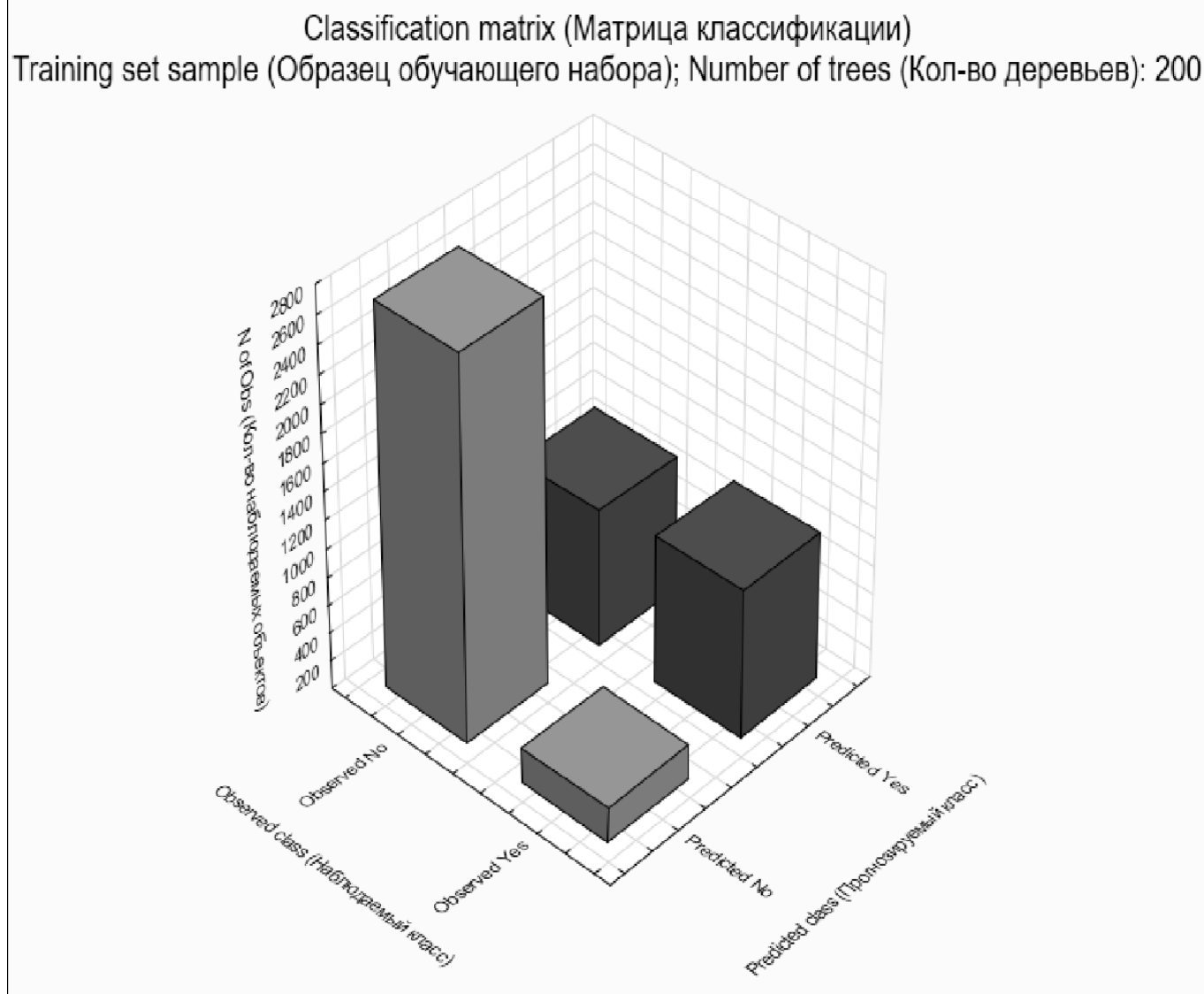


Рис. 16. Столбиковая диаграмма матрицы классификации

Построим столбиковую диаграмму соотношения наблюдаемого и прогнозируемого классов (рисунок 16), на которой видно, что предсказанные моделью результаты почти совпадают с тестовыми данными.

На примере отрезка фактической выгрузки результатов сравнения наблюдаемых и предсказанных значений видно (рисунок 17), что все ошибки модели связаны с излишней осторожностью, что нивелируется дополнительными настройками модели. При этом, основную задачу выявления каналов потенциального оттока клиентов можно считать успешно завершённой.

Далее осуществляем связку полученных результатов с признаком «ID_пользователя», а также сбор ранжированных признаков с количественными ха-

рактеристиками, которые влияют на отток абонентов. Данные передаются в формате JSON для метода API, и в требуемом формате визуализируются для бизнес-аналитиков предприятия. В результате эффективность принятия правильных управленческих решений возрастает. Для абонентов, теряющих лояльность компании, могут быть предоставлены новые услуги или реорганизованы текущие. Также производится фокусировка на внутренних бизнес-процессах и услугах компании, которые не отвечают конъюнктуре существующих реалий.

Заключение

Таким образом, проведено исследование возможности интеграции ансамблевых методов машинного обу-

Predicted values (Customer.sta)				
Response: Отток_абонентов				
Analysis sample; Number of trees: 200				
	Observed (Наблюдаемое) value	Predicted (Предсказанное) value	Probability (Вероятность) for No	Probability (Вероятность) for Yes
5591	No	No	0,810932	0,189068
5593	No	No	0,935654	0,064346
5596	No	No	0,580759	0,419241
5598	Yes	Yes	0,315133	0,684867
5599	No	No	0,958397	0,041603
5600	Yes	Yes	0,311336	0,688664
5601	Yes	Yes	0,292992	0,707008
5602	No	No	0,857896	0,142104
5603	No	No	0,786445	0,213555
5604	Yes	Yes	0,295958	0,704042
5606	No	No	0,510757	0,489243
5609	No	No	0,908840	0,091160
5610	Yes	Yes	0,375589	0,624411
5612	No	Yes	0,305759	0,694241
5615	No	No	0,857326	0,142674
5617	No	No	0,730691	0,269309
5618	No	No	0,617957	0,382043
5619	No	No	0,770054	0,229946
5621	No	No	0,674240	0,325760
5624	No	No	0,594861	0,405139
5630	Yes	Yes	0,341584	0,658416
5632	No	Yes	0,287866	0,712134
5634	No	No	0,700159	0,299841
5635	Yes	Yes	0,257306	0,742694
5636	No	No	0,622114	0,377886
5639	Yes	Yes	0,313191	0,686809
5640	No	No	0,711250	0,288750
5642	No	No	0,943279	0,056721
5643	No	No	0,948575	0,051425
5645	Yes	Yes	0,095378	0,904622
5647	Yes	No	0,533465	0,466535
5648	No	No	0,557012	0,442988
5654	Yes	Yes	0,161514	0,838486
5655	No	No	0,795096	0,204904
5660	No	No	0,937082	0,062918
5662	No	Yes	0,457713	0,542287
5663	Yes	Yes	0,074561	0,925439
5665	Yes	Yes	0,194510	0,805490
5666	No	No	0,526718	0,473282
5667	No	No	0,851328	0,148672
5668	No	No	0,552026	0,447974

Рис. 17. Сравнительные результаты

чения в системы поддержки принятия управленческих решений. Рассмотрен пример консолидации и практического применения ансамблевых методов в системах

поддержки принятия решений, на основании которого можно сделать выводы о степени точности прогнозных оценок, и возможности их применения на практике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хенрик Бринк, Джозеф Ричардс, Марк Феверолф. Машинное обучение. — Питер, 2017. — 336 с. ISBN: 978–5–496–02989–6.
2. Gorelov G.V., Kazanskii N.A., Lukova O.N. Communication quality assessment in speech packet transmission networks with random service interrupts // Automatic Control and Computer Sciences. 1993., vol.27., no.1., p.62.
3. Пономарева Л.А., Ромашкова О.Н., Василюк И.П. Алгоритм оценки эффективности работы кафедр университета для управления его рейтинговыми показателями // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2018. № 64. С. 102–108.
4. Литвак Б.Г., Стефановский Д.В. Моделирование и построение глобального управленческого цикла // В книге: Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2011). Материалы пятой международной конференции. 2011. С. 124–126.
5. Дж. Вандер Плас. Python для сложных задач. Наука о данных и машинное обучение. — Питер, 2018. — 575 с. ISBN: 978–5–496–03068–7.
6. Ромашкова О.Н., Яковлев Р.И. Анализ моделей и методов для оценки живучести инфокоммуникационных сетей в условиях чрезвычайных ситуаций // Т-Сотт: Телекоммуникации и транспорт. 2012. Т. 6. № 7. С. 165–170.
7. Ромашкова О.Н., Федин Ф.О., Ермакова Т.Н. Нейросетевая компьютерная модель для поддержки принятия решений в образовательных комплексах // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2017. № 61. С. 54–59.
8. Dr. Anasse Bari, Mohamed Chaouchi, Tommy Jung. Predictive Analytics For Dummies // For Dummies; 2nd edition (October 31, 2016). — 464 pages. ISBN10 8126567937 (ISBN13 978–1119267003).
9. Gaidamaka Y.V., Romashkova O.N., Ponomareva L.A., Vasilyuk I.P. Application of information technology for the analysis of the rating of university // CEUR Workshop Proceedings 8. Сер. "ITMM 2018 — Proceedings of the Selected Papers of the 8th International Conference "Information and Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-Tech Systems"" 2018. С. 46–53.
10. Горелов Г.В., Ромашкова О.Н. Оценка качества обслуживания в сетях с пакетной передачей речи и данных // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Прикладная и компьютерная математика. 2003. Т. 2. № 1. С. 23–31.
11. Maimon O. and Rockach L. (Eds.) Data Mining and Knowledge Discovery Handbook: A Complete Guide for Practitioners and Researchers," Published May 10th 2014 by Springer (first published January 1st 2005), ISBN1282980823 (ISBN13 9781282980822).
12. Ромашкова О.Н., Федин Ф.О., Фролов П.А. Применение нейросетевых технологий для проверки благонадежности контрагентов сетевой торговой компании // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. 2018. № 7. С. 126.

© Зиновьев Владимир Иванович (legrang@yandex.ru), Ромашкова Оксана Николаевна (ox-rom@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

НАПРАВЛЕНИЯ И ПОТЕНЦИАЛ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ В ОМНИКАНАЛЬНОМ КОНТАКТ-ЦЕНТРЕ ПРОВАЙДЕРА ТЕЛЕКОМ-УСЛУГ

Капусткин Максим Владимирович

Санкт-Петербургский Государственный
Политехнический Университет Петра Великого
kapustkin.mv@edu.spbstu.ru

FIELDS AND PROSPECTS OF PROCESS AUTOMATION IN A TELECOM PROVIDER'S OMNI-CHANNEL CONTACT CENTRE

M. Kapustkin

Summary. Following extensive digital trends in the mass service provision, telecom industry contact centers (CC) take robust advantages of both omni-channel customer care and routine job automation experience. This paper spotlights fields of the routine business process automation in a telecom provider's traditional model-featured omni-channel CC. For each of the fields introduced, underlying technologies of software solution framework are described, then a predictive estimation of the achievable business process automation scale is provided. Crucial constraints of complete automation approach are considered as based on takeaways of earlier researches, exploration of available software solutions too. Because flexible professional techniques are critical to enhance the customer satisfaction with CC services, and certain risks of non-constructive innovation management still exist, the importance of gradual advances in business task automation is primarily suggested.

Keywords: automaton; routine process; contact center; customer service; omni-channel interaction; telecom industry; business innovations; autonomous system; artificial intelligence; artificial neural network; virtual assistant, etc.

Аннотация. Поддерживая технологические тенденции в сфере массового обслуживания, контакт-центры (КЦ) провайдеров телеком-услуг реализуют переход к омниканальному сервису и внедряют средства автоматизации рутинных задач. В предлагаемой статье рассмотрены направления автоматизации бизнес-процессов в рамках стандартной операционной модели омниканального КЦ предприятия телеком-отрасли. Для каждого из направлений предложен обзор технологических аспектов IT-решений и приведена концептуальная оценка возможностей автоматизации ассоциированных с ним процессов. На основе результатов исследований и анализа характеристик современного программного обеспечения для центров обслуживания установлены факторы, ограничивающие потенциал всеобъемлющей автоматизации. С учётом гибкой реализации отдельных функций, рисков избыточного и нескоординированного внедрения инноваций подчёркивается необходимость планомерного, сопровождающегося поэтапным увеличением масштаба задач перехода к модели автономного КЦ.

Ключевые слова: автоматизация; рутинный процесс; контакт-центр; клиентское обслуживание; омниканальное взаимодействие; телеком-индустрия; бизнес-инновации; автономная система; искусственный интеллект; искусственная нейронная сеть; виртуальный ассистент и др.

За десятилетия утверждения и развития методик улучшения потребительских практик (Customer Experience, CX) услуги контакт-центров (КЦ) стали неотъемлемой частью организации публичного сервиса как на основе институциональных, так и деловых стандартов взаимодействия с инициаторами обращений (заявителями, действующими и потенциальными клиентами). Массовая востребованность КЦ обусловлена удобством и оперативностью дистанционного формата связи, получившего особую значимость (а в отдельных сегментах рынка услуг оказавшегося безальтернативным) с началом пандемии COVID-19 [11]. Глобальный прогноз [19] фиксирует ожидания устойчивого роста оборота и стоимости услуг КЦ (на уровне 5–6% в годовом выражении) вплоть до завершения указанного в исследовании периода (2020–2027 гг. включительно).

Рутинный характер большинства запросов и высокий спрос на дистанционные сервисы, предоставляемые компаниями массового рынка, в т.ч. провайдерами телеком-услуг, определяют актуальность инициатив по внедрению технологий автоматизации задач, до недавнего времени выполнявшихся персоналом профильных отделов: подготовка электронной отчётности, эскалация жалоб и протоколов инцидентов, сбор статистики о причинах обращений и т.д. Программное обеспечение, успешно заменяющее операторов в обработке типовых запросов (информирование о балансе, статусе заявок, заказ продукции и др.), даёт стимул к масштабной трансформации бизнес-процессов, сопровождающейся освоением новых, высокотехнологичных подходов к выполнению функций КЦ [12]. Согласно результатам исследования [10], мировой рынок решений для автоматизации КЦ ждёт

двузначный ежегодный прирост оборота (около 18%) с близким к 4-кратному увеличением общей стоимости контрактов за рассмотренный период (2020–2025 гг. включительно). В свою очередь, итоги отраслевого мониторинга [55] [56], проведённого в странах СНГ, отчётливо указывают на заинтересованность ведущих менеджеров в применении технологий автоматизации: до 2022 года выполнять с их помощью не менее 50% операций, связанных с CX, планирует каждый пятый участник опроса, в то время как важность интеграции тех же решений для улучшения ключевых показателей бизнеса подтвердили свыше 80% респондентов.

Исходя из приведённых фактов, технологическую трансформацию следует рассматривать как долгосрочный вызов, определяющий актуальность изучения текущих и перспективных изменений в модели КЦ с традиционным доминированием человеческих ресурсов. В частности, в данном исследовании предпринята попытка выделения и анализа направлений внедрения, а также потенциала развития IT-решений для автоматизации процессов на базе омниканального (англ. omnichannel) КЦ телеком-провайдера, предоставляющего унифицированную платформу сервиса с обработкой обращений, полученных по телефону, через системы контроля заявок клиентов (CRM) и приложения экспресс-коммуникации в сети Интернет (социальные медиа, мессенджеры, онлайн-форумы, системы видеосвязи). К настоящему времени поддержка омниканальности во взаимодействии с аудиторией рассматривается как стандартная практика, в значительной мере влияющая на оценку уровня и качества оказания услуг КЦ [58]. С учётом внимания к данному аспекту среди исследователей и представителей делового сообщества интерес к специфике автоматизации с учётом омниканальности, обозначенный в работе, следует назвать способствующим более полному и конструктивному обзору актуальной тенденции.

Предлагаемая работа включает введение, представление основных релевантных источников, основную часть, заключение и список литературы. Материал основной материал состоит из 3 разделов. В разделе 1 устанавливаются мотивы перехода к модели инновационного омниканального КЦ провайдера телеком-услуг, приводятся базовые характеристики распространённых подходов к её внедрению, выделяются критерии для оценки эффективности проектов по развитию платформы нового типа. В разделе 2 определены направления автоматизации процессов, соответствующие модели специализации трудовых ресурсов типового центра обслуживания. В разделе 3 отмечены особенности решений, соответствующих направлениям автоматизации задач КЦ в рамках телеком-отрасли, зафиксированы важнейшие недостатки и ближайшие цели для улучше-

ний существующих программных средств. Выводы к основному содержанию обзора изложены в заключении.

ОСНОВНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Трансформация операционной модели КЦ в условиях бума IT-разработок отражает генеральную тенденцию, характерную как для сферы услуг, так и для всех отраслей современной экономики. В этой связи среди значимых публикаций последнего времени преобладают работы, обобщающие опыт мониторинга и подготовки прогнозов автоматизации в различных сегментах массового обслуживания. В глобальном исследовании [21], наряду с макроконъюнктурой цифровых преобразований в государственном и корпоративном секторах, анализируются масштаб и динамика внедрения автоматических программных комплексов в системы предприятий-операторов услуг. Обоснование предположений и прогнозы ускоренной автоматизации производственных процессов, прежде всего в сфере работы с клиентами, представлены в материалах аналитических агентств Forrester [37] и Gartner [49].

Более детальный анализ факторов и направлений трансформаций в модели КЦ доступен в статьях Jose и др. [27], Kirkpatrick [29], Saberi и др. [42] ежегодных общемировых [6] [10] [19] и региональных [55] [56] обзорах конъюнктуры и тенденций отрасли.

Анализ технологических факторов и перспектив улучшения метрик обслуживания в компаниях телеком-индустрии, в т.ч. при взаимодействии с клиентами на базе КЦ, проведён Imbug и др. [23], Johansson и др. [26]. В статье Rendón и др. [40] введена модель измерения качества услуг, предоставляемых клиентам телеком-провайдеров, с учётом эффективности поддержки, количества и доступности дистанционных каналов связи.

Преимущества и технологические аспекты предоставления омниканального сервиса на платформе КЦ раскрыты в исследовании Золотухиной и Голубевой [58]. Участниками проекта [17] предложен прототип программного фреймворка, унифицирующего приём и обработку обращений через оффлайн- и онлайн-каналы взаимодействия с аудиторией. В работе Susi и др. [46] изложен опыт организации омниканального центра обслуживания с автоматизацией задач при ведении диалога с клиентом в социальной сети и через мессенджер.

Значительная часть публикаций, отвечающих актуальной теме и включённых в список источников, содержит описания индивидуальных и групповых проектов по внедрению программных решений для автоматизации различных функций операторов и аналитиков КЦ.



Рис. 1. Стимулы внедрения (развития) технологических инноваций на базе КЦ.

Преимущественно на их основе выделены общеотраслевые и ориентированные на телеком-провайдеров разработки, подвергнутые обзору в основной части (раздел «Особенности и потенциал программных решений»). Экспериментальные системы на основе технологий автоматического распознавания (Automatic Speech Recognition, ASR) и синтеза (Text-to-Speech Technology, TTS) речи предложены в статьях Khandelwal и др. [28], Tarasiev и др. [48], Vasilateanu и др. [50]. Практический потенциал систем искусственного интеллекта (ИИ) на основе искусственных нейронных сетей (ИНС), находящий применение в т.ч. в автоматизации задач КЦ, продемонстрирован в работах Suciu и др. [46], Völkle и др. [51], Wang и др. [52]. Варианты реализации программных комплексов для сбора и анализа больших данных (Big Data) на базе КЦ представлены в работах Chanpanit и др. [5], Stepanov и др. [45], Неустроева [60]. Возможности алгоритмов машинного обучения в адаптации нейронных сетей, позволяющих вести анализ и контроль потока обращений в КЦ, проработаны в исследованиях Albrecht и др. [2], Hernandez и др. [22], Mateo [33].

1. Автоматизация в работе КЦ: переход к платформе инноваций

1.1. Стимулы

Автоматизацию традиционного КЦ, включая подразделения компаний телеком-индустрии, можно рас-

сматривать как один из вариантов характерного для цифровой эпохи бизнес-кейса, предполагающего как однозначную формулировку целей, так и всесторонний анализ факторов, влияющих на выбор подхода и средств для достижения требуемого эффекта. Вид и масштаб оказываемых услуг, а также культура взаимодействия с их получателями обуславливают специфические глубину и сложность интеграции решений в организованные на базе отделов и центров обслуживания ИТ-системы. Несмотря на отсутствие универсальных триггеров для применения средств автоматизации, аналитический отчёт [55], подготовленный в Национальной ассоциации контактных центров (НАКЦ), позволяет зафиксировать ключевые предпосылки ухода от традиционной модели сервиса. Результаты мониторинга, сформированные путём сравнения данных глобального и регионального (в пределах стран СНГ и Украины) опросов представителей отрасли, наглядно свидетельствуют о значимости 4 групп стимулирующих факторов (рис. 1).

Основываясь на диаграмме, приводимой в отчёте, можно констатировать, что наиболее актуальными мотивами запуска и развития программ автоматизации КЦ оказываются операционно-исполнительские (рост производительности, оптимизация труда операторов), экономические (минимизация операционных издержек) и гуманитарные (обеспечение психологического комфорта сотрудников). При этом качествен-

Таблица 1. Подходы к автоматизации процессов КЦ.

Наименование подхода	Предпосылки внедрения	Сложности внедрения	Примеры
Автоматизация локальных задач	<ul style="list-style-type: none"> • выполнение рутинных задач на отдельных этапах выбранного процесса • потребность в сохранении базовой схемы и логики операций выбранного процесса 	<ul style="list-style-type: none"> • анализ локальных зависимостей и интерфейсов передачи данных • достижение совместимости с технологическим стеком в рамках одного процесса 	<ul style="list-style-type: none"> • маршрутизация входящих вызовов на основе вариантов интерактивного голосового меню (англ. Interactive Voice Response, IVR) • показ информации из профиля клиента в системе обработки звонков по результатам идентификации его номера
Автоматизация потоков задач	<ul style="list-style-type: none"> • поддержка процессов / подпроцессов, сводимых (на уровне этапов или в целом) к сериям задач рутинного типа • необходимость оптимизации объёма / сложности операций в ведении сотрудников при условии обеспечения их дальнейшего участия в конкретном процессе 	<ul style="list-style-type: none"> • организация непрерывных (бесшовных) переходов между задачами в структуре потока • настройка приёма и передачи данных между подразделениями (функциями), задействованными в обработке одного потока 	<ul style="list-style-type: none"> • автоматическая оценка качества обработки звонков / запросов с предварительным распознаванием и анализом речи / текста в сеансе общения • формирование прогноза объёма и интенсивности звонков / запросов в ходе автономного мониторинга характеристик потока обращений (общее количество, средняя длительность обслуживания, количество на 1 сотрудника и др.)
Автоматизация каналов коммуникаций	<ul style="list-style-type: none"> • приём обращений со стандартным набором тематик в пределах одного или нескольких каналов обслуживания • необходимость поддержания и контроля работы ПО специалистами 	<ul style="list-style-type: none"> • адаптация к специфике языка и сценариев коммуникации в рамках предметной области • достижение скорости и конструктивности реакции на уровне, аналогичном или максимально близком человеческому общению 	<ul style="list-style-type: none"> • интеграция голосовых помощников и чат-ботов для обработки звонков и обращений через онлайн-каналы связи
Роботизация исполнителей	<ul style="list-style-type: none"> • значительная доля рутинных, поддающихся автоматизации задач среди реализуемых в рамках выбранного подразделения или функции • опыт успешной интеграции решений для автоматизации потоков задач и/или каналов коммуникаций 	<ul style="list-style-type: none"> • настройка операций с программным окружением, сформированным для учёта обращений, создания отчётов, аналитики и т.д. • адаптация алгоритма к нестандартным ситуациям (конфликтам, прецедентным практикам потребителей и т.д.) 	<ul style="list-style-type: none"> • передача функций телефонных операторов системам разговорного AI • интеграция технологий автоматического ведения задач анализа и прогнозирования

Таблица 1. Подходы к автоматизации процессов КЦ (продолжение).

Наименование подхода	Предпосылки внедрения	Сложности внедрения	Примеры
Автоматизация операционной платформы	<ul style="list-style-type: none"> высокий потенциал автоматизации всех основных бизнес-процессов в действующей модели КЦ опыт успешного внедрения средств автоматизации исполнительских функций / каналов коммуникаций / потоков задач 	<ul style="list-style-type: none"> определение и анализ зависимостей технологических подсистем (уровня подразделений, групп) согласно бизнес-логике для платформы нового типа оценка полноты и качества перехода с учётом числа, структурной специфики и глубины взаимодействия подсистем в платформе нового типа 	<ul style="list-style-type: none"> адаптация комплексных решений на базе облачных платформ RingCentral [9], Five9 [15], Genesys [16] и других IT-вендоров
Интеграция автономного КЦ-решения	<ul style="list-style-type: none"> низкая производительность или минимальный потенциал улучшений существующей технологической платформы КЦ необходимость оперативного развёртывания услуг КЦ без привлечения штатных или внешних (через договор аутсорсинга) исполнителей 	<ul style="list-style-type: none"> отсутствие полного контроля аппаратно-программного обеспечения для реализации функций центра обслуживания; риск несовместимости с ранее интегрированным ПО сторонних вендоров (системы управления предприятием, заявками клиентов и др.) 	<ul style="list-style-type: none"> внедрение автоматических систем, предлагаемых Replicant [41], Neuro.net [59] и другими специализированными вендорами

ные аспекты IT-решений, в частности обеспечение масштабируемости, отличает меньшая релевантность, что объясняется преобладающей экспериментальностью проектов по внедрению передовых технологий игроками отрасли, продолжающими оценивать практические эффекты автоматизации с учётом первичных требований (производительность, ресурсоэффективность, удобство использования, рентабельность). Следует ожидать, что по мере комплексного анализа и углубления базового опыта функциональные преимущества, отличающие предложения IT-вендоров, будут приобретать всё большую значимость как стимул к полной трансформации платформы и модели обслуживания.

1.2. Подходы

Опыт автоматизации внутренних процессов в действующих КЦ описан в многочисленных прикладных исследованиях [22] [27] [34]. Используя предложенный в них анализ проблемных факторов и вариантов технологических улучшений, а также сведения о текущих решениях IT-вендоров для провайдеров омниканального сервиса [7] [16] [41], возможно выделить несколько подходов, практикуемых в рамках различных стратегий освоения инноваций:

- ♦ автоматизация локальных задач ориентирована на полностью автономное проведение отдельных операций или этапов в рамках процессов, входящих в зону ответственности конкретного подразделения КЦ;
- ♦ автоматизация потоков задач (workflow) предусматривает обеспечение программного контроля над цепочкой операций, имеющих локальный (в рамках одного подразделения) или кросс-функциональный (с обменом информацией между подразделениями) характер;
- ♦ автоматизация каналов взаимодействия связана с внедрением программ, заменяющих сотрудников КЦ в рамках контактов с аудиторией по одному или нескольким каналам коммуникации;
- ♦ роботизация исполнителей проявляется в отказе от человеческих ресурсов, задействованных для выполнения стандартного набора операций (в составе подразделения или профильной группы), в пользу роботизированных процессов (англ. Robotics Process Automation, RPA);
- ♦ автоматизация операционной платформы основана на масштабном, продолжительном внедрении инноваций, гарантирующих автономную реализацию всех процессов в модели центра обслуживания;

- ♦ интеграция автономного КЦ-решения достигается приобретением и настройкой доступа к удалённой (облачной) платформе, предоставляющей технологии разговорного ИИ (conversational AI) и набор сопутствующих сервисов (распознавание речи, аналитика обращений, управление маршрутизацией и др.) при обеспечении основной функциональности — высококачественного имитирования практик обработки звонков/запросов операторами физического КЦ.

Предпосылки и потенциальные сложности внедрения, а также примеры использования каждого из подходов представлены в таблице 1.

Исходя из общей логики, положенной в основу подобного видения, целесообразно зафиксировать связь представленных подходов с масштабами проектов автоматизации. Сложность организации и ведения бизнес-процессов в омниканальном КЦ, входящем в структуру провайдера, диктует внедрение комплексных и подчас дорогостоящих решений, что, в свою очередь, обуславливает конструктивность поступательного перехода с уровня локальных операций до автоматизации функций, структурных подразделений и в перспективе — всей системы задач центра обслуживания. В то же время, в зависимости от практических результатов и стратегии развития, в рамках отдельных подсистем (например, процессов уровня подразделений) могут применяться комбинированные подходы (в частности, для отдела обслуживания стоит считать ожидаемой автоматизацию одного или нескольких каналов сервиса при одновременном внедрении роботизированного оператора).

1.3. Критерии эффективности

Общие признаки эффективности шагов по внедрению и поддержке инноваций в КЦ следует рассматривать аналогичными учитываемым в большинстве проектов по интеграции автономных IT-решений для нужд учреждений и предприятий. Факторы, заложенные в основу данных признаков, связаны с соответствием практических результатов автоматизации следующим критериям:

- ♦ достижение целевого уровня автоматизации (полная или частичная)
- ♦ выполнение требований (функциональных / нефункциональных) к итоговой системе или компоненту в рамках выбранного объектом автоматизации процесса (серии процессов)
- ♦ соблюдение ограничений на доступность ресурсов (финансовых, временных, человеческих и т.д.)

Регулярность работы, характерная для КЦ компаний телеком-индустрии, устанавливает особые требования к срокам реализации и контролю качества настройки решений для автоматизации ключевых процессов обслуживания и смежных функций. В проектах, охватывающих сервисы с особым режимом доступа (на основании запросов правоохранительных органов, экстренных, надзорных служб и т.д.), принципиальным характером обладают производительность и надёжность обработки данных при взаимодействии по любому из поддерживаемых каналов связи.

Успешность интеграции систем AI и RPA в поддержку омниканального сервиса (вплоть до автоматизации всего штата операторов) определяется точностью установления, корректностью и скоростью обработки информации (текстовой, речевой), т.е. эффективность проектов в данном сегменте инноваций зависит, прежде всего, от степени адаптации существующих технологий к специфике взаимодействия с клиентами провайдера. Этим обстоятельством обусловлен дополнительный набор метрик контроля качества (точность / задержка распознавания, средний интервал реагирования и др.), приводимых в текущих и итоговом отчётах проектных команд.

Результаты глобального опроса, проведённого Cisco [6], демонстрируют усиление внимания к аспектам информационной безопасности (ИБ), в частности защиты персональных данных пользователей услуг КЦ. С учётом данного факта следует ожидать, что набирающая обороты автоматизация КЦ в телеком-секторе будет сопровождаться всё более комплексными требованиями по минимизации рисков утечки данных и критических для всей операционной платформы уязвимостей ПО.

2. Направления проектов автоматизации

В настоящее время на рынке автоматических технологий для КЦ телеком-провайдеров, как и в предложениях для других отраслей, наблюдается доминирование решений, направленных на минимизацию потребности в человеческих ресурсах, привлекаемых к выполнению задач внутри конкретных подразделений (отделов) компании. Ассортимент профильных вендоров (Five9, RingCentral, Voximplant и др.) отражает распределение исполнительских функций, соответствующее типовой организационной модели современных центров дистанционного обслуживания. Основываясь на данной модели и понимании обстоятельств, обуславливающих рутинное выполнение различных функций, можно выделить ряд направлений с характерными составами объектов и технологий разработки средств автоматизации процессов КЦ:

Таблица 2. Охватываемые процессы и состав технологий в направлениях автоматизации КЦ.

Направление автоматизации	Процессы	Основные используемые технологии*
Клиентское обслуживание	<ul style="list-style-type: none"> • приём и обработка обращений клиентов по предоставленным каналам связи (телефония / CRM / email / онлайн-сервисы) • передача обращений в смежные отделы (в случае прецедента, эскалации, особого статуса клиента и т.д.) • подготовка служебных отчётов по факту оказания услуг 	<ul style="list-style-type: none"> • AI • ML • DL • ASR • TTS
Контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> • проверка соответствия качества обслуживания клиентов внутренним регламентам • подготовка служебных отчётов по результатам профильных операций 	<ul style="list-style-type: none"> • ML • ASR • BDP
Анализ и планирование	<ul style="list-style-type: none"> • консолидация и обработка данных о количестве, структуре и динамике обработки потока обращений • формирование прогноза операционной нагрузки на ресурсы отдела обслуживания • выработка плана и/или практических рекомендаций по организации ресурсов отдела обслуживания с учётом текущих и прогнозируемых коррекций нагрузки • подготовка служебных отчётов по результатам профильных операций 	<ul style="list-style-type: none"> • AI • ML • BDP
Администрирование IT-ресурсов	<ul style="list-style-type: none"> • мониторинг составляющих технологической платформы КЦ: локальной сети, пользовательских терминалов, вспомогательного оборудования, программных ресурсов и т.д. • предупреждение и локализация (в случае выявления формальных признаков) технических инцидентов, включая относящиеся к аспектам ИБ • подготовка служебных отчётов по результатам профильных операций 	<ul style="list-style-type: none"> • AI • ML

* Условные обозначения:

AI — Artificial Intelligence (искусственный интеллект)

ML — Machine Learning (машинное обучение)

DL — Deep Learning (глубокое обучение)

ASR — Automatic Speech Recognition (автоматическое распознавание речи)

TTS — Text-to-Speech (синтез речи)

BDP — Big Data Processing (обработка больших данных)

- ◆ автоматизация клиентского обслуживания
- ◆ автоматизация контроля качества
- ◆ автоматизация анализа и планирования
- ◆ автоматизация IT-администрирования

Структура объектов автоматизации (процессов) и технологий, достигших наибольшей актуальности

и масштабов применения в каждом из направлений, представлена в таблице 2.

Проводя общий анализ, необходимо подчеркнуть, что автоматизация в любом из направлений лишена зависимости от реализации аналогичных проектов в том или ином подразделении предприятия. Внедре-

ние специализированных решений для автономного контроля качества или обработки данных, обладающих ценностью для поддержки функций планирования, может достигаться при сохранении традиционной организации процессов в отделе обслуживания (т.е. в условиях приоритетного использования труда операторов). В текущем представлении данный тезис согласуется с подходом, предполагающим переход основного набора задач конкретного подразделения (профильной группы) под контроль роботизированных программных систем. Тем не менее, утверждая основным методом вывода направлений анализ конъюнктуры автоматизации в исследуемой области, следует констатировать, что сопоставленные им процессы отражают актуальность поступательного, а не одномоментного ввода инноваций. Специфика телеком-услуг, определяемая их технической сложностью и зачастую неоднозначным восприятием характеристик со стороны клиентов, диктует необходимость более гибких, комбинированных подходов (начиная с уровня отдельных задач) к автоматизации функций обслуживания. В то же время многообразие факторов, учитываемых при анализе и прогнозировании нагрузки на операторов (в частности, рост абонентской базы вследствие сделок с крупными предприятиями), создаёт риски неэффективной роботизации планирования, по крайней мере на раннем этапе применения подобной системы. Обосновывающие ту же идею примеры ситуаций возможно привести, сосредоточиваясь на аспектах управления качеством и IT-ресурсами КЦ.

Оценка программных решений, рассмотренных далее, в значительной мере аргументирует целесообразность поэтапного внедрения и увеличения масштаба инноваций в каждом из вышеуказанных направлений.

3. Особенности и потенциал программных решений

3.1. Клиентское обслуживание

Следуя потребности в обеспечении и развитии омниканального взаимодействия, разработчики решений для автоматизации задач операторов предлагают средства, учитывающие специфику обслуживания при ведении как голосовой, так и текстовой коммуникации с клиентами [12]. В то время как качественные распознавание и синтез речи, проводимые в режиме телефонного диалога, основаны на применении целого комплекса технологий, среди которых выделяются ИИ и нейронные сети глубокого обучения (Deep Neural Network, DNN), результативная и признаваемая удовлетворительной реакция на запросы, поступающие через публичные чаты и мессенджеры, всё чаще достигается путём внедрения программ-ассистентов (ботов)

с типовыми алгоритмами и наборами функций [30] [51]. Сопутствующие сервисы, поддерживающие автоматический мониторинг и учёт статистики обращений для подготовки индивидуальных и групповых отчётов, предоставляются рядом вендоров в рамках пакетных предложений, в частности вызывающих широкий интерес CCaaS-решений (Contact Center as a Service) на базе облачных технологий обработки и хранения данных [24].

Решающими факторами роботизации телефонного сервиса следует назвать точность распознавания и скорость синтеза речи с применением специализированных программных комплексов. На текущий момент в сегменте ASR/TTS-решений представлено большое число мультязычных систем с различной степенью соответствия обоим критериям, прежде всего обеспечению минимально возможной доли ошибок в наборе распознанных слов (Word Error Rate, WER) [57]. Возможности отдельных технологий (Google Speech API, Yandex SpeechKit), поддающихся быстрой интеграции и демонстрирующих сравнительно высокие результаты обработки разговорной речи, получают развитие в академических проектах, позволяющих оценить потенциал автоматического распознавания на основе прикладных моделей с воссозданием структуры и логики бизнес-процессов. Функциональность системы поиска и вывода подсказок, представленной в статье Vasileanu и др. [50], достигается на всём протяжении потокового анализа диалога оператора с клиентом телеком-провайдера. В проекте по разработке экспериментальной системы «Twin» [48], организованной путём интеграции обеих вышеуказанных технологий в единый модуль распознавания, определены релевантными и отражены в итоговом решении особенности, характерные для обмена информацией в реальном времени, в т.ч. и при звонках в КЦ (различная длительность фраз, наличие шума в канале связи, чередующиеся упоминания имён, данных о времени и др.). Указанные работы, а также другие исследования последних лет (преимущественно в области адаптации инструментов ASR/TTS к обработке аудиопотоков на региональных языках) могут рассматриваться как свидетельство придания научной важности аспектам качества распознавания и синтеза речи, их роли в разработке и развитии средств автоматизации бизнес-процессов.

Наиболее перспективные реализации ASR/TTS, составляющие основу абсолютного большинства решений современных вендоров, представляют примеры синергии искусственных нейронных сетей (ИНС) и технологий машинного обучения (к таким примерам относятся и ранее упомянутые продукты Google и Яндекс). Объективные преимущества ИНС в сравнении с сугубо алгоритмическим подходом проявляются не только в способности адаптироваться к сложным случа-

ям, до сих пор предполагавших обязательное участие человека, но и в возможности передачи его функций роботизированным (виртуальным) операторам, гарантирующим параллельное обслуживание всех каналов доступа к услугам КЦ [20]. В подобных обстоятельствах особое внимание исследователей и вендоров уделено выбору наиболее эффективных моделей ИИС, а также их интеграции в системы разговорного ИИ, поддерживающие целевой контекст обмена данными в режиме реального времени. Результаты, приводимые рядом авторов [18] [30] [52], подтверждают практическую ценность и доступность улучшений соответствующих систем для максимально реалистичного ведения диалога в широком спектре каналов связи.

Прогресс, достигнутый в проектах по созданию прототипов и промышленных моделей роботов для КЦ, не следует считать исчерпывающим. До настоящего времени углублённого изучения и всестороннего учёта при разработке решений требуют несколько факторов. Во-первых, критическими недостатками всех технологий ASR остаются низкая точность распознавания и необходимость повторения фраз, произнесённых с явным акцентом [28] или заметными речевыми дефектами (ситуация может неконтролируемо усугубляться фоновым шумом [25]). Во-вторых, как убедительно показано в исследовании Szumański и др. [47], общепризнанные бенчмарки, используемые в оценке корректности результатов ASR, совершенно не отражают сложность задач, возникающих при обработке информации во время телефонного разговора. В-третьих, серьёзные сомнения вызывает адаптивность виртуальных операторов к уровню эмоциональности фраз, с учётом которого определяется модель конструктивного ведения диалога (для текущих бенчмарков распознавания эмоций актуальны те же противоречия, что и для используемых в измерении точности перевода речи в текст).

Учитывая значительную сложность и трудоёмкость исследований каждого из указанных аспектов, можно утверждать, что полная автоматизация задач, до настоящего времени выполняемых операторами КЦ, влечёт риски снижения CX-результатов обработки специфических и требующих подчеркнута гибкой реакции обращений (прежде всего в контексте услуг, оказываемых по телефону). Тем не менее, качественная интеграция, как и повышение инновационной составляющей решений, ориентированных на автоматическую обработку звонков / запросов рутинного характера (справочная поддержка, проверка ограничений на доступ к сервисам связи и др.), способствуют развитию тенденции к предельному уменьшению роли человеческих ресурсов в регулярном обслуживании. Наиболее показательные достижения в современной бизнес-практике, в частности применение собственного робота-опера-

тора в КЦ банка Тинькофф [54], характеризуются высокой деловой эффективностью и обнаруживают существенный потенциал для функционального углубления автоматизации.

3.2. Контроль качества

За последние несколько лет в системе организации контроля качества (Quality Assurance, QA) услуг КЦ, предлагаемых клиентам телеком-предприятий, были достигнуты существенные успехи, позволяющие рассматривать данное направление как одно из наиболее перспективных с точки зрения практической полноты и эффективности автоматизации. Активно развиваемые инноваторами Computer Science технологии ASR, машинного обучения и Big Data послужили основой многочисленных фреймворков, исключаящих или сводящих к минимуму потребность в ручном управлении и коррекции настроек ПО. Возможности и результаты интеграции подобных систем продемонстрированы в целом ряде проектов [32] [38] [60]. Генеральная логика, характерная для фреймворка автоматизации контроля качества, предполагает компьютерную обработку текстов с результатами распознавания речи в разговоре оператора с абонентом (в работе Mariappan и др. [32] анализу подвергаются сообщения участников чата). Сопоставляя текущий состав фраз ключевым словам и выражениям, указывающим на признаки (не)соответствия регламенту ведения диалога с клиентом, система оценивает степень удовлетворения критериям качества, формируя детальный отчёт. Для эффективной агрегации и хранения больших данных в программных комплексах применяются технологии распределённых вычислений и Big Data (Hadoop, MapReduce, Hive и др.) [13] [45] [60].

Аналогичные или концептуально близкие реализации, предлагаемые в виде отдельных разработок и в рамках пакетных решений различных вендоров, имеют очевидный потенциал массового применения в КЦ, включая подразделения компаний телеком-индустрии. Вместе с тем, следует констатировать, что действующими факторами, ограничивающими полноту и выгоды автоматизации в направлении QA, выступают как риски ошибочного или частичного распознавания фраз, так и техническая сложность выявления контекста, влияющего на ход общения и, вследствие этого, специфику представления информации оператором. С учётом обоих факторов программные системы оценки качества, как и решения для роботизированного обслуживания, сохраняют актуальность для минимизации числа рутинных процессов и приводимых к ним цепочек операций (сбор материалов для контроля, структурный анализ разговора / переписки и т.д.). При этом полную автоматизацию процедур QA допустимо полагать ориентиром и потенциальным результатом

проектных усилий на пересечении технологий ИИ, распознавания речи и машинного обучения.

3.3. Анализ и планирование

Как и в направлении, связанном с контролем качества, автоматизация задач анализа и планирования ресурсов КЦ охватывает абсолютное большинство рутинных процессов, отличаясь высоким уровнем проработки и активным улучшением технологических фреймворков. Ключевыми элементами функциональности, реализуемой в данном сегменте решений, следует назвать перманентные сбор и обработку данных о конъюнктуре потока обращений (объём, интенсивность и распределение по каналам коммуникаций) для автоматического прогнозирования нагрузки на ресурсы отдела обслуживания (операторов и компоненты локальной сети). Ввиду значительного размера и комплексного состава входных данных, консолидирующих статистику по обращениям различных типов, в качестве универсальных составляющих технического дизайна систем применяются технологии Big Data [5] [39] [45]. В то же время стандартной практикой моделирования и разработки становится реализация нейросетевого подхода с усовершенствованным распознаванием признаков и оценкой изменений операционной нагрузки в режиме реального времени [2] [24].

Отсутствие субъективности и нечёткости в исходных данных, использование программируемых алгоритмов исследования и интерпретации результатов позволяют рассматривать подобные решения как способствующие автоматизации оперативного анализа и подготовки краткосрочных планов (рекомендаций) по поддержанию производительности основных процессов КЦ. Более того, в условиях массовой доступности и стабильной востребованности телеком-услуг, существенно ограничивающих влияние конъюнктурных изменений на отрасль и бизнес-процессы компаний [23], интеграцию автоматических систем целесообразно учитывать среди значимых факторов оптимизации более масштабного (в оценке временного интервала) мониторинга и прогнозирования активности клиентской аудитории. Тем не менее, данная перспектива не лишает актуальности опыт и навыки профессионального аналитика, проявляющиеся в грамотном определении и фиксации как стратегических, так и постоянных рисков, связанных с нерегулярными (в частности, при возникновении чрезвычайных ситуаций) всплесками запросов на услуги КЦ.

3.4. Администрирование IT-ресурсов

Проекты по автоматизации контроля IT-ресурсов, сосредоточенных на базе КЦ, выделяются в одно

из направлений корпоративных стратегий инноваций, реализуемых большинством компаний телеком-индустрии. К текущему моменту, исходя из общей логики построения и развития технологических систем для бизнес-целей, ключевым фактором изменений, достигаемых в масштабе КЦ, следует назвать автоматизацию управления корпоративной сетью, обеспечивающей передачу данных между всеми структурными подразделениями предприятия. К наиболее значимым характеристикам работы сети, предполагающим рутинный контроль со стороны администратора и, вследствие этого, усиливающим интерес к возможностям автоматического мониторинга и предотвращения инцидентов, относятся:

- ◆ пропускная способность
- ◆ полнота доставки пакетного трафика (уровень потерь данных)
- ◆ энергоэффективность

В масштабном исследовании [35], проведённом среди представителей фирм телеком-отрасли, дан обзор передовых практик организации и развития автономно управляемых локальных сетей. Наряду с системами алгоритмического сбора и анализа статистики операций для автоматической оптимизации трафика, авторами отмечены примеры эффективного внедрения решений на основе ИНС (главным образом для выявления и контроля рисков, вызванных задержками передачи и потерями данных). Оценки улучшений, приводимые в обзоре, особенно показательны с учётом ежедневных нагрузок на ресурсы локальных сетей крупных телеком-провайдеров (Vodafone, China mobile и др.), выступающих пионерами в разработках нейросетевого ИИ для администрирования собственных IT-платформ. Подобные эффекты допустимо рассматривать как способствующие росту скорости и качества коммуникаций во всех интегрированных в сеть подразделениях компаний, включая КЦ.

Результаты вышеупомянутого исследования, отражающие преобладание позитивных прогнозов операционных и экономических последствий автоматизации сетевого контроля в телеком-компаниях (в выгодах от её достижения убеждены более трёх четвертей респондентов), позволяют ожидать расширения функциональности профилактики инцидентов при одновременном увеличении масштаба автономно управляемых IT-систем. В зависимости от деловой стратегии ключевым фактором, способным поддержать подобные и более комплексные инновации, может выступать разработка оригинальных программных продуктов, организованная в соответствии со спецификой бизнес-процессов и технологического обеспечения конкретного предприятия. В то же время для обеспечения всеобъемлющей автоматизации в контексте задач системного

(сетевое) администрирования крайне важна углублённая проработка как сценариев автономного реагирования на технические сбои, так и путей минимизации угроз информационной безопасности. Можно утверждать, что последний аспект наиболее критичен для операций с персональными данными клиентов и, как следствие, определяет особые требования к защищённости систем ИТ-контроля в пределах КЦ.

Заключение

Внедрение технологий, минимизирующих долю ручных операций и, тем самым, потребность в человеческих ресурсах, кардинально трансформирует работу омниканальных КЦ, предлагающих услуги клиентам телеком-компаний [1]. Некогда рискованная стратегия автоматизации, поддержанная небольшим числом игроков отрасли, стала безальтернативной для всех предприятий, заинтересованных в высокой производительности и эффективности дистанционного сервиса. Обобщая варианты адаптации КЦ к современным и будущим вызовам, подходы, рассмотренные в данной работе, отражают различные масштабы и сценарии автоматизации процессов внутри центров и отделов обслуживания — от промежуточных операций до интеграции полнофункциональных систем на базе ИНС с возможностью автономного обучения. В то же время, обеспечив полный ассортимент соответствующих инноваций, вендоры специализированного ПО получают стимул к созданию продуктов, учитывающих операционные особенности ИТ-платформ и приоритеты конкретных бизнес-пользователей. В подобных условиях автоматизация рутинных задач перешла из области стратегического планирования в разряд конъюнктурных потребностей, предполагающих поиск эксклюзивных решений с минимальными рисками технически сложной интеграции.

Вместе с тем, несмотря на солидные характеристики и функциональность современных систем, возможности автоматизации процессов КЦ, связанной с их внедрением, объективно далеки от универсальных. Специфичность (вплоть до применения индивидуальных подходов) реагирования на прецедентные и чрезвычайные обращения клиентов в практике регулярного обслуживания заведомо ограничивает потенциал гибкого поведения роботов, вызывая риски коммерческих и репутационных издержек полной автоматизации услуг операторов. Наиболее предсказуемый характер задач, установленных в других направлениях, не детерминирует превосходящую эффективность программных систем, способных выполнять функции отдельных исполнителей и целых подразделений, но даёт импульс интенсивной оптимизации работы последних (при оценке качества обслуживания, предсказании клиентской активности, координации нагрузки на локальную сеть и т.д.). Текущие недостатки, прослеживаемые в критических для коммуникаций системах распознавания речи, определяют дополнительный аргумент в пользу тщательно проработанного, планомерного перехода от традиционной модели КЦ к информационно-технологической платформе нового типа, нивелирующей влияние рутинных операций на организацию рабочего времени, что особенно актуально для конструктивного применения навыков высококвалифицированных специалистов.

Компетентные выбор и интеграция решений для автоматизации неотделимы от понимания элементов и логики подвергаемых ей процессов. В этой связи перспективным предметом исследований видится подробная характеристика наиболее типовых локальных задач, с уровня которых целесообразно планировать и вести автоматизацию столь комплексных схем операций, как реализуемые в КЦ телеком-компаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. 6 Types of Call Center Automations You Should Have // getvoip.com: In-depth VoIP news and analytics platform URL: <https://getvoip.com/blog/2019/01/03/call-center-automations/> (дата обращения: 28.01.2021).
2. Albrecht T., Rausch T.M., Derra N.D. Call me maybe: Methods and practical implementation of artificial intelligence in call center arrivals' forecasting // Journal of Business Research. — 2021. — Т. 123. — С. 267–278.
3. Bojanić M., Delić V., Karpov A. Call redistribution for a call center based on speech emotion recognition // Applied Sciences. — 2020. — Т. 10. — № 13. — С. 4653.
4. Call Center Automation Depends on Collaborative AI // customerthink.com: customer experience solutions and strategies URL: <https://customerthink.com/call-center-automation-depends-on-collaborative-ai/> (дата обращения: 28.01.2021).
5. Chanpanit T., Udomsakdigool A. Big Data Framework for Incoming Calls Forecasting in a Call Center // 2020 International Conference on Electrical, Communication, and Computer Engineering (ICECCE). — IEEE, 2020. — С. 1–4.
6. Cisco Contact Center Global Survey 2020 // www.cisco.com: Cisco official website URL: <https://www.cisco.com/c/dam/en/us/products/collateral/contact-center/cc-global-survey-ebook.pdf> (дата обращения: 28.01.2021).
7. Cisco solutions to advance contact center automated experience // cisco.com: Cisco official website URL: <https://www.cisco.com/c/en/us/products/contact-center/index.html> (дата обращения: 28.01.2021).

8. Cohen Y., Reis J., Amorim M. Empirical Analysis of Call Center Load & Service Level for Shift Planning // International Conference on Exploring Services Science. — Springer, Cham, 2020. — С. 79–91.
9. Contact Center Platform Overview — RingCentral Software Products // ringcentral.co.uk: RingCentral official website URL: <https://www.ringcentral.co.uk/contact-centre/overview.html#ring-uk> (дата обращения: 28.01.2021).
10. Contact Center Transformation Market — Growth, Trends, Forecasts (2020–2025) // reportlinker.com: search engine for statistical counts, insights and forecasts URL: https://www.reportlinker.com/p05986888/Contact-Center-Transformation-Market-Growth-Trends-Forecasts.html?utm_source=PRN (дата обращения: 28.01.2021).
11. Covid-19 crisis has speeded up contact centre digital transformation // computerweekly.com: news headlines and analysis in digital industries URL: <https://www.computerweekly.com/feature/Covid-19-crisis-has-speeded-up-contact-centre-digital-transformation> (дата обращения: 28.01.2021).
12. Creating The Uncommon Customer Experience // tcs.com: IT innovations for business purposes URL: <https://www.tcs.com/perspectives/articles/reimagining-contact-center-digital-technologies> (дата обращения: 28.01.2021).
13. Dai J.J. et al. Bigdl: A distributed deep learning framework for big data // Proceedings of the ACM Symposium on Cloud Computing. — 2019. — С. 50–60.
14. Ding L. et al. “Forced Automation” by COVID-19? Early Trends from Current Population Survey Data. — Federal Reserve Bank of Philadelphia, 2020. — №. 88713.
15. Five9 Software Solution Website // five9.com: Five9 official website URL: <https://www.five9.com/> (дата обращения: 28.01.2021).
16. Full-featured software solutions for contact center automation // genesys.com: Genesys official website URL: <https://www.genesys.com/solutions/customer-service/contact-center> (дата обращения: 28.01.2021).
17. Gamess E., Mora F., Oliveros D., Urribarri D. Integrating a Unified Communications System with Social Networks // Revista Venezolana de Computación. 2018. Vol.5, No.1. С. 20–28.
18. Gilbert M. et al. Intelligent virtual agents for contact center automation // IEEE Signal Processing Magazine. — 2005. — Т. 22. — №. 5. — С. 32–41.
19. Global Call Centers Industry // reportlinker.com: search engine for statistical counts, insights and forecasts URL: https://www.reportlinker.com/p087286/World-Call-Centers-Markets.html?utm_source=GNW (дата обращения: 28.01.2021).
20. Han K.J. et al. Deep Learning-Based Telephony Speech Recognition in the Wild // INTERSPEECH. — 2017. — С. 1323–1327.
21. Hawksworth J., Berriman R., Goel S. Will robots really steal our jobs? An international analysis of the potential long term impact of automation // PricewaterhouseCoopers, <http://pwc.co.uk/economics>, access. — 2018. — Т. 13.
22. Hernandez L., Guzman H., Ospino J., Freyle J., Pranolo A. Design and implementation of a Marking Strategy to Increase the Contactability in the Call Centers, Based on Machine Learning // International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology. 2019. Vol.9, No.1. С. 1–7.
23. Imbug N. et al. The influence of customer experience on customer loyalty in telecommunication industry // International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences. — 2018. — Т. 8. — №. 3. — С. 103–116.
24. Intelligent automation in the telco contact center // inform.tmforum.org: TM Forum website — Telecom enterprise and e-content provider alliance URL: <https://inform.tmforum.org/research-reports/intelligent-automation-in-the-telco-contact-center/> (дата обращения: 28.01.2021).
25. Ivanov A.V., Fazluktinov P.S., Kolesnev V.A. Applying intelligent systems of speech recognition for optimizing the algorithm of noise reduction in audio records // Journal of Physics: Conference Series. 2020. Conf. Ser. 1441 012040. С. 1–10.
26. Johansson T., Kidron T. Improving Customer Experience in Telecommunications Company. — 2017.
27. Jose B., Kumar S.D.M., Cuzzocrea A. Enhancing contact center performance using cloud computing: a case study on telecom contact centers // Proceedings of the Second International Conference on Internet of things, Data and Cloud Computing. — 2017. — С. 1–8.
28. Khandelwal K. et al. Black-box Adaptation of ASR for Accented Speech // arXiv preprint arXiv:2006.13519. — 2020.
29. Kirkpatrick K. AI in contact centers // Communications of the ACM. — 2017. — Т. 60. — №. 8. — С. 18–19.
30. Kurachi Y., Narukawa S., Hara H. AI chatbot to realize sophistication of customer contact points // Fujitsu Scientific & Technical Journal. — 2018. — Т. 54. — №. 3. — С. 2–8.
31. Manoharan R., Ganesan R., Kumar K. A study of business and operational performances of call centers using speech technology // International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology. 2015. № Vol.10, No.1. С. 6601–6610.
32. Mariappan R. et al. QART: A Tool for Quality Assurance in Real-Time in Contact Centers // Proceedings of the 25th ACM International on Conference on Information and Knowledge Management. — 2016. — С. 2493–2496.
33. Mateo R.M.A. A Knowledge Extraction Framework for Call Center Analytics // Online World Conference on Soft Computing in Industrial Applications. — Springer, Cham, 2014. — С. 129–141.
34. Mononen M. et al. Robotic Process Automation and its effect on contact center agents' work and resourcing. — 2020.
35. Network automation using machine learning and AI // inform.tmforum.org: TM Forum website — Telecom enterprise and e-provider alliance URL: <https://inform.tmforum.org/research-reports/network-automation-using-machine-learning-and-ai/> (дата обращения: 28.01.2021).
36. Özlan B., Haznedaroğlu A., Arslan L.M. Automatic Fraud Detection In Call Center Conversations // 2019 27th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU). — IEEE, 2019. — С. 1–4.
37. Predictions 2021: Customer Service // forrester.com: survey and analytics services URL: <https://www.forrester.com/fn/16sPtW302SdUjlxUYTXCA5> (дата обращения: 28.01.2021).
38. Raju K.V.K., Manaswini V.N.S. Analyzing Call Data Through Live Calls Using Sphinx Tool // International Journal of Engineering & Technology. — 2018. — Т. 7. — №. 3.31. — С. 93–97.

39. Rashid O. et al. Intelligent decision making and planning for call center //2019 International Conference on Computer and Information Sciences (ICIS).— IEEE, 2019.— С. 1–6.
40. Rendón C.M.C. et al. Proposed Model for Measuring Customer Satisfaction with Telecommunications Services //Mediterranean Journal of Social Sciences.— 2017.— Т. 8.— № . 2.— С. 15–15.
41. Replicant Voice Contact Center Features// replicant.ai: Replicant official website URL: <https://www.replicant.ai/products/replicant-voice/> (дата обращения: 28.01.2021).
42. Saberi M., Hussain O., Chang E. Past, present and future of contact centers: a literature review // Business Process Management Journal. 2017. № Vol.23, No.3. С. 574–597.
43. Schneider S., Kokshagina O. Digital transformation: What we have learned (thus far) and what is next //Creativity and Innovation Management.— 2021.— Т. 1.— № . 1.— С. 12–25.
44. Sehgal R.R., Raj G. Interactive Voice Response Using Automatic Speech Recognition Techniques for Call Centers //Proceedings of 3rd International Conference on Internet of Things and Connected Technologies (ICIoTCT).— 2018.— С. 26–27.
45. Stepanov E. et al. Automatic summarization of call-center conversations //Conference: IEEE Automatic Speech Recognition and Understanding Workshop (ASRU2015).— 2015.
46. Suciú G. et al. Social Media Cloud Contact Center Using Chatbots //International Conference on Future Access Enablers of Ubiquitous and Intelligent Infrastructures.— Springer, Cham, 2019.— С. 437–442.
47. Szymański P. et al. WER we are and WER we think we are //arXiv preprint arXiv:2010.03432.— 2020.
48. Tarasiev A. et al. Development of an intelligent automated system for dialogue and decision-making in real time //2018 2nd European Conference on Electrical Engineering and Computer Science (EECS).— IEEE, 2018.— С. 387–391.
49. The Gartner 2021 Predictions: Accelerate Results Beyond RPA to Hyperautomation // gartner.com: market research and business trend analytics URL: <https://www.gartner.com/en/webinars/3991832/the-gartner-2021-predictions-accelerate-results-beyond-rpa-to-hy> (дата обращения: 28.01.2021).
50. Vasilateanu A., Ene R. Call-Center Virtual Assistant Using Natural Language Processing and Speech Recognition // Journal of ICT, Design, Engineering and Technological Science. 2018. Vol.2, No.2. С. 40–46.
51. Völkle C., Planing P. Digital Automation of Customer Contact Processes—an Empirical Research on Customer Acceptance of different Chatbot Use-cases // Digitalen Wandel gestalten.— Springer Gabler, Wiesbaden, 2019.— С. 217–229.
52. Wang L. et al. Voice-Based AI in Call Center Customer Service: Evidence from a Field Experiment //Call Center Customer Service: Evidence from a Field Experiment (June 22, 2020).— 2020.
53. Why Contact Centers Still Need People in the Digital Age // bcg.com: business analysis and decision-making URL: <https://www.bcg.com/publications/2017/operations-technology-contact-centers-people-digital-age> (дата обращения: 28.01.2021).
54. «Тинькофф» интегрировал в телефонный колл-центр голосового помощника Олега // comnews.ru: информ. портал URL: <https://www.comnews.ru/digital-economy/content/212814/2021-01-28/2021-w04/tinkoff-integririval-telefonnyu-koll-centr-golosovogo-pomoschnika-olega> (дата обращения: 28.01.2021).
55. Будущее контактных центров. Перспективы развития индустрии до 2023 года // callcenterguru.ru: специализ. информ.-аналит. портал URL: <https://callcenterguru.ru/cc365/publications/554> (дата обращения: 28.01.2021).
56. Глобальное бенчмаркиговое исследование контактных центров. Россия и страны региона — 2019/2020. Автоматизация и роботизация: глава аналит. отчёта // contact-center-benchmark.ru: сайт иссл. рынка контакт-центров URL: <https://contact-center-benchmark.ru/report-2020/chapter-5/> (дата обращения: 28.01.2021).
57. Демушкин А.А. Анализ существующих сервисов и средств для распознавания речи //Синтез междисциплинарного научного знания как фактор развития современной науки.— 2020.— С. 65–70.
58. Золотухина Е.Б., Голубева А.И. Автоматизация контактного центра с использованием инструментов омниканальности //Вектор экономики.— 2020.— № . 3.— С. 52–52.
59. Контакт-центр AI: основные сведения о программном решении // neuro.net: офиц. сайт URL: <https://neuro.net/ru#rec184351872> (дата обращения: 28.01.2021).
60. Неустроев М.Ю. Оценка эффективности работы центра обслуживания вызовов с использованием аналитики больших данных //Информационно-технологический вестник.— 2019.— № . 2.— С. 127–136.
61. Седойкина А.А. Перспективу внедрения системы искусственного интеллекта для повышения эффективности бизнес-процессов в call-центре //Журнал «Human Progress» <http://progress-human.com>.— 2020.— Т. 6.— № . 2.

© Капусткин Максим Владимирович (kapustkin.mv@edu.spbstu.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАПРОСОВ В РЕЛЯЦИОННЫХ БАЗАХ ДАННЫХ

OPTIMIZATION OF QUERY
IN RELATIONAL DATABASES

I. Kutsenko

Summary. This article considers statistical method for optimizing the query of relational databases. Methods for converting the current query into more efficient form using heuristic rules.

Keywords: database, query optimization, heuristic rules, query tree, relational algebra operations, canonical query tree.

Куценко Ирина Львовна

К.ф.-м.н., доцент, РУДН

i.kutsenko@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается статистический метод оптимизации запросов реляционных баз данных. Приведены способы преобразования текущего запроса в заведомо более эффективную форму с помощью эвристических правил.

Ключевые слова: база данных, оптимизация запросов, эвристические правила, дерево запроса, операции реляционной алгебры, каноническое дерево запроса.

Существуют два основных подхода к оптимизации запросов — статистический и алгебраический. Статистический метод основан на применении различных эвристик, с помощью которых можно сузить пространство поиска и выбрать оптимальный план выполнения запроса. Алгебраический метод основан на применении к запросу операций реляционной алгебры и математической логики, благодаря чему на выходе получается эквивалентный канонический запрос.

Эвристические методы
оптимизации запросов

Рассмотрим задачу минимизации количества операций, необходимых для обработки запроса z при заданных размерах таблиц базы данных:

$$N_z(n, a_1, a_2, \dots, a_m) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где N_z — количество операций в дереве реляционной алгебры, $a_1, a_2, \dots, a_m > 0$ — заданные параметры, характеризующие информационные стоимости операций.

Для решения задачи (1) можно использовать необходимые и достаточные условия экстремума функции нескольких переменных [1]. Однако, стоит отметить, что в данном случае целесообразнее применять эвристические методы, которые заключаются в использовании правил преобразования выражений, написанных на языке реляционной алгебры в некоторую эквивалентную форму, обработка которой будет более понятной и эффективной. К примеру, эффективнее произвести операции выборки данных, удовлетворяющих заданному условию (условиям) из отношений прежде, чем проводить связи между отношениями. Данные

правила будут использоваться для реструктуризации канонического дерева реляционной алгебры. Рассмотрим правила преобразования операций реляционной алгебры более подробно.

- a) Операция выборки с конъюнктивным предикатом можно преобразовать в последовательность операций выборки по членам конъюнкции (и обратно).
- b) Правило коммутативности операций выборки.
- c) В последовательности операций проекции необходима только последняя из операций.
- d) Правило коммутативности операций выборки и проекции.
- e) Правило коммутативности операции тета-соединения и прямого произведения.
- f) Правило коммутативности операций выборки и тета-соединения иди прямого произведения.
- g) Правило коммутативности операций проекции и тета-соединения.
- h) Правило коммутативности операций объединения и пересечения (но не разности множеств).
- i) Правило коммутативности операции выборки и операций над множествами (\cap, \cup, \setminus).
- j) Правило коммутативности операций проекции и объединения.
- k) Правило ассоциативности операции тета-соединения.
- l) Правило ассоциативности операций объединения и пересечения [2].

Пусть имеются три отношения R_1 — Гости, R_2 — Бронирование, R_3 — Отели, которые соответственно содержат информацию о гостях, операциях бронирования и информацию об отелях. Сформулируем запрос, который подыскивает для гостя определенного отеля с рейтингом ≥ 4 и с максимальной ценой 150000.

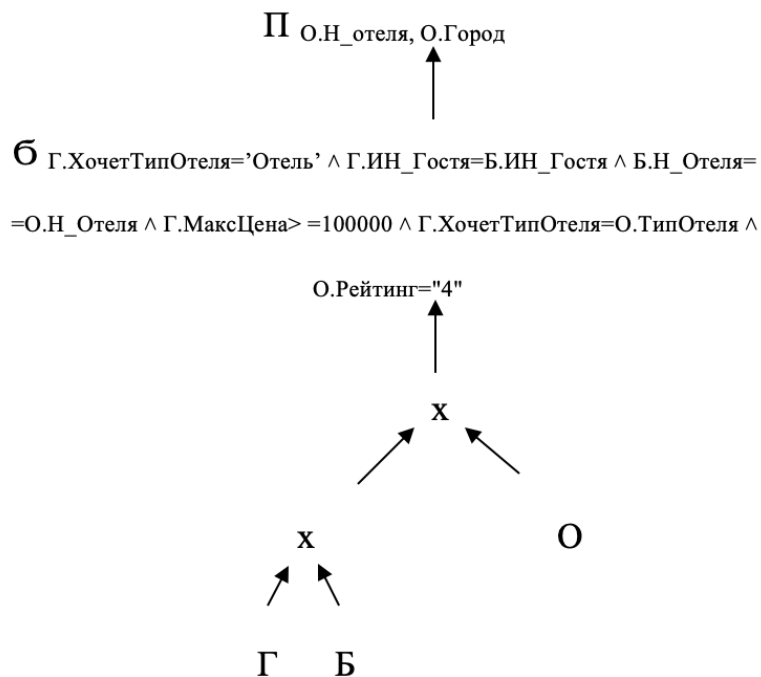


Рис. 1. Изначальное дерево реляционной алгебры.

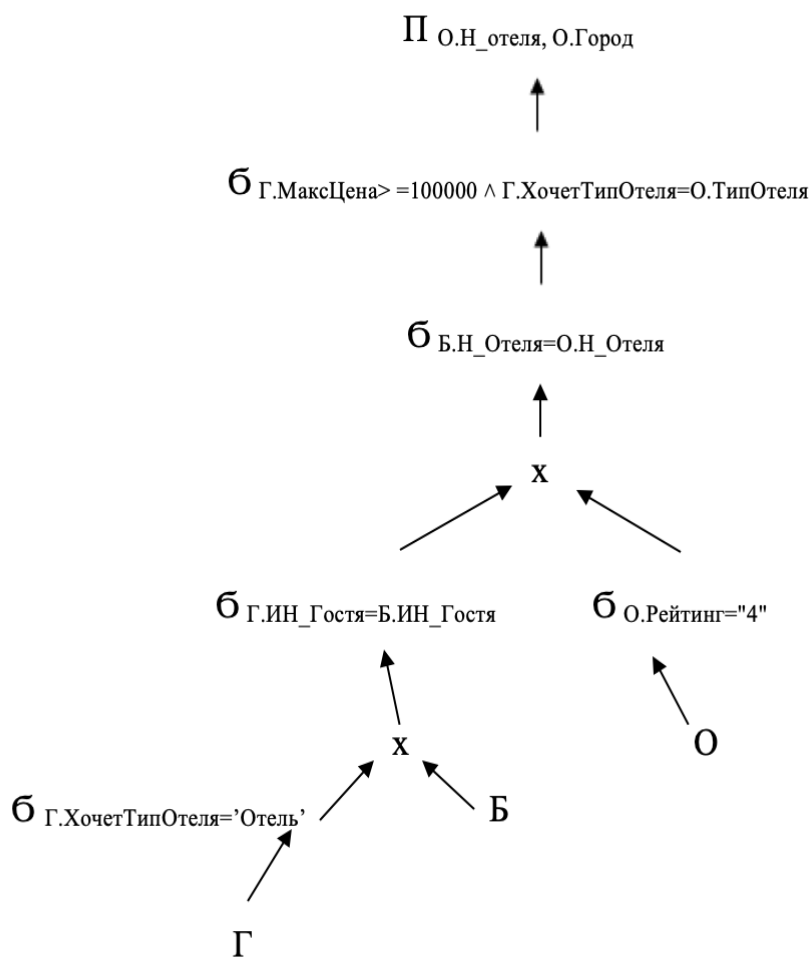


Рис. 2. Упрощённое дерево запроса.

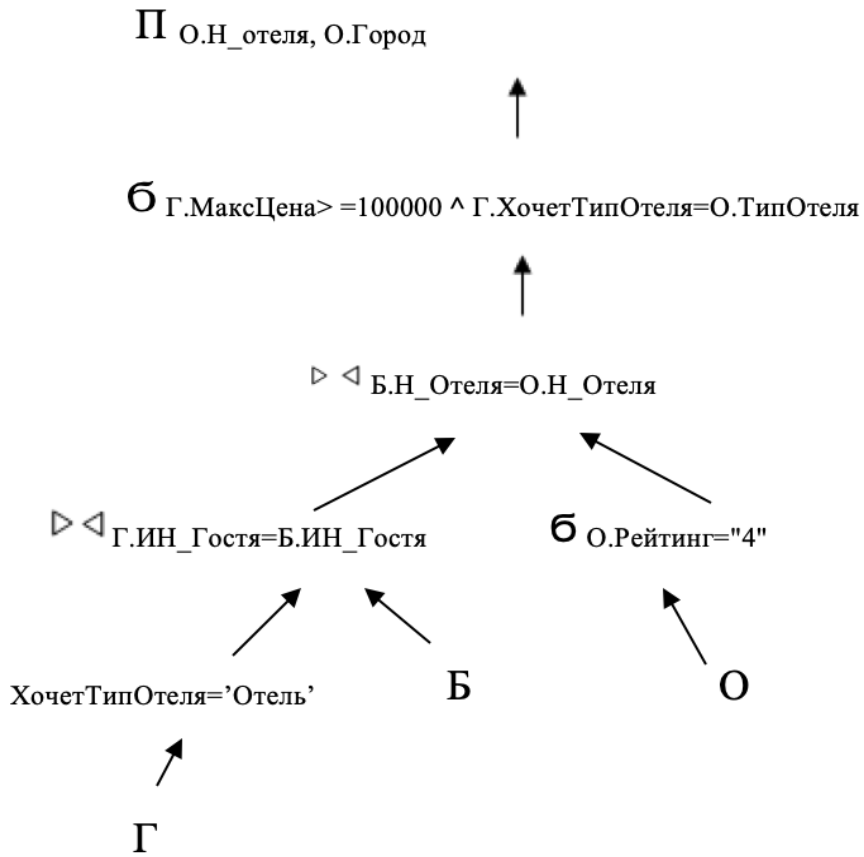


Рис. 3. Дальнейшее преобразование дерева запроса.

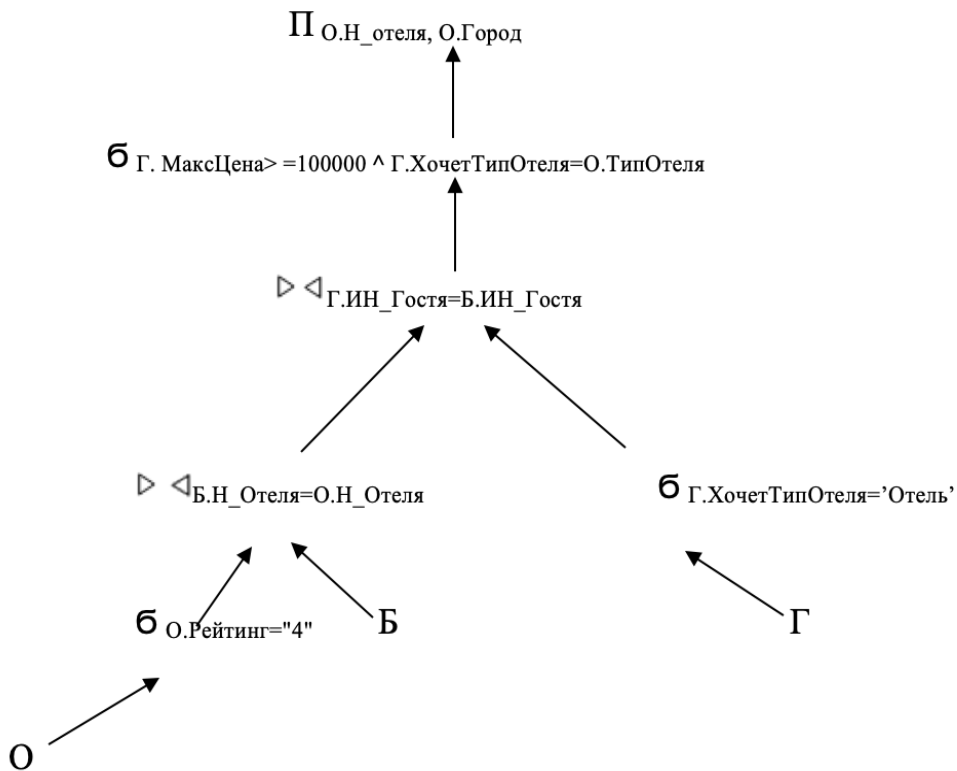


Рис. 4. Более эффективный план выполнения запроса.

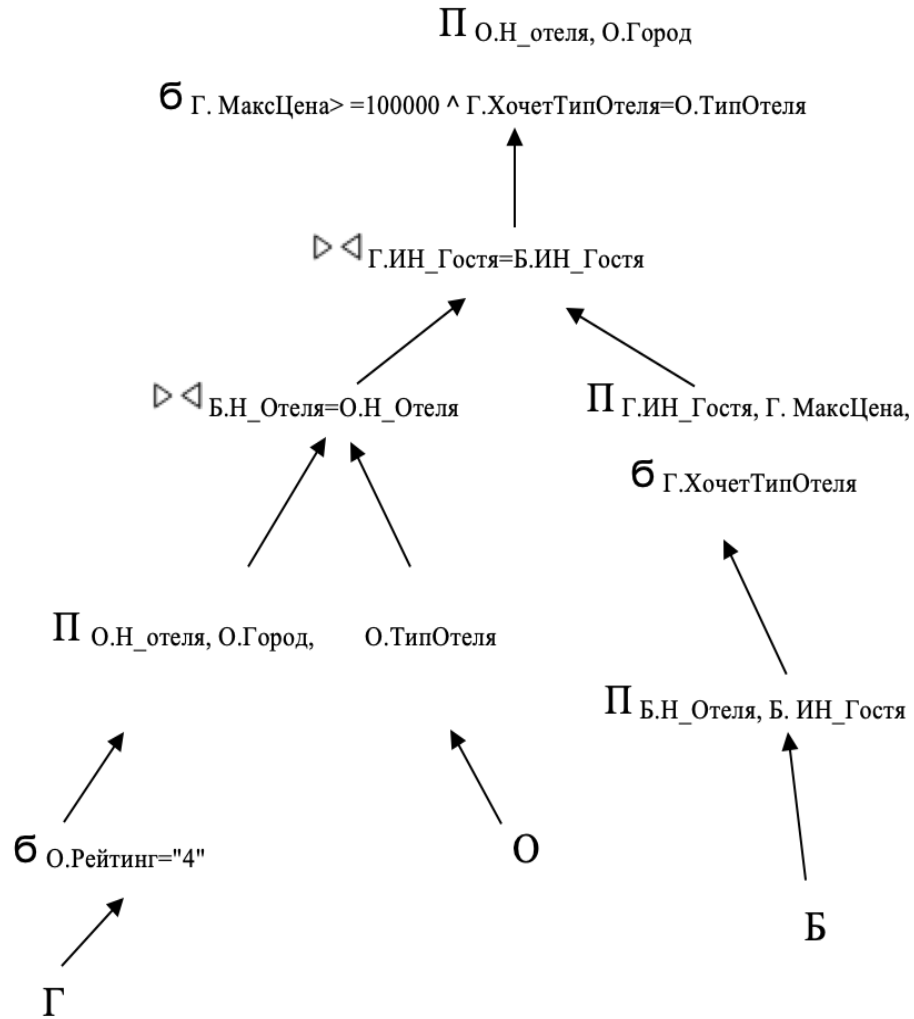


Рис. 5. Измененный план выполнения запроса.

Руководствуясь вышеперечисленными правилами трансформации выражений реляционной алгебры, рассмотрим запрос:

```
SELECT Отели.Н_отеля, Отели.Город
FROM Гости, Бронирование, Отели
WHERE Гости.ХочетТипОтеля='Отель' AND Гости.
ИН_Гостя=Бронирование.ИН_Гостя AND Бронирова-
ние.Н_Отеля=Отели.Н_Отеля AND Гости.ХочетТипОте-
ля=Отели.ТипОтеля AND Отели.Рейтинг=>4» AND Гости.
МаксЦена=150000
```

Перепишем данный SQL-запрос в терминах реляционной алгебры, выражение примет вид:

```
П О.Н_отеля, О. Город (Б Г. ХочетТипОтеля='Отель' ^ Г.ИН_Гостя=
Б.ИН_Гостя ^ Б.Н_Отеля=О.Н_Отеля ^ Г. МаксЦена >= 100000 ^
Г. ХочетТипОтеля=О.ТипОтеля ^ О. Рейтинг=>4» ((ГхБ)хО)),
```

где в дальнейшем будем обозначать в качестве Г отношение R1, Б отношение R2, О — отношение R3.

Дерево выполнения данного запроса имеет вид рис. 1.

Теперь, применяя правила преобразования выражений реляционной алгебры, покажем, как можно добиться повышения эффективности обработки запроса (его оптимизации).

Для начала воспользуемся правилом *a)* — преобразовывающее операцию выборки по конъюнкции условий в последовательность операций выборки по каждому отдельному условию, входящему в конъюнкцию. Далее применим *b)* и *f)*, т.е. изменим порядок последовательности операций выборки, а затем применим правило коммутативности к операциям выборки и декартова произведения.

Дерево примет вид рис. 2.

Воспользуемся правилом, по которому операции выборки по предикату, включающему соединение по эквивалентности и декартово произведение, преобразуются в операцию соединения по эквивалентности:

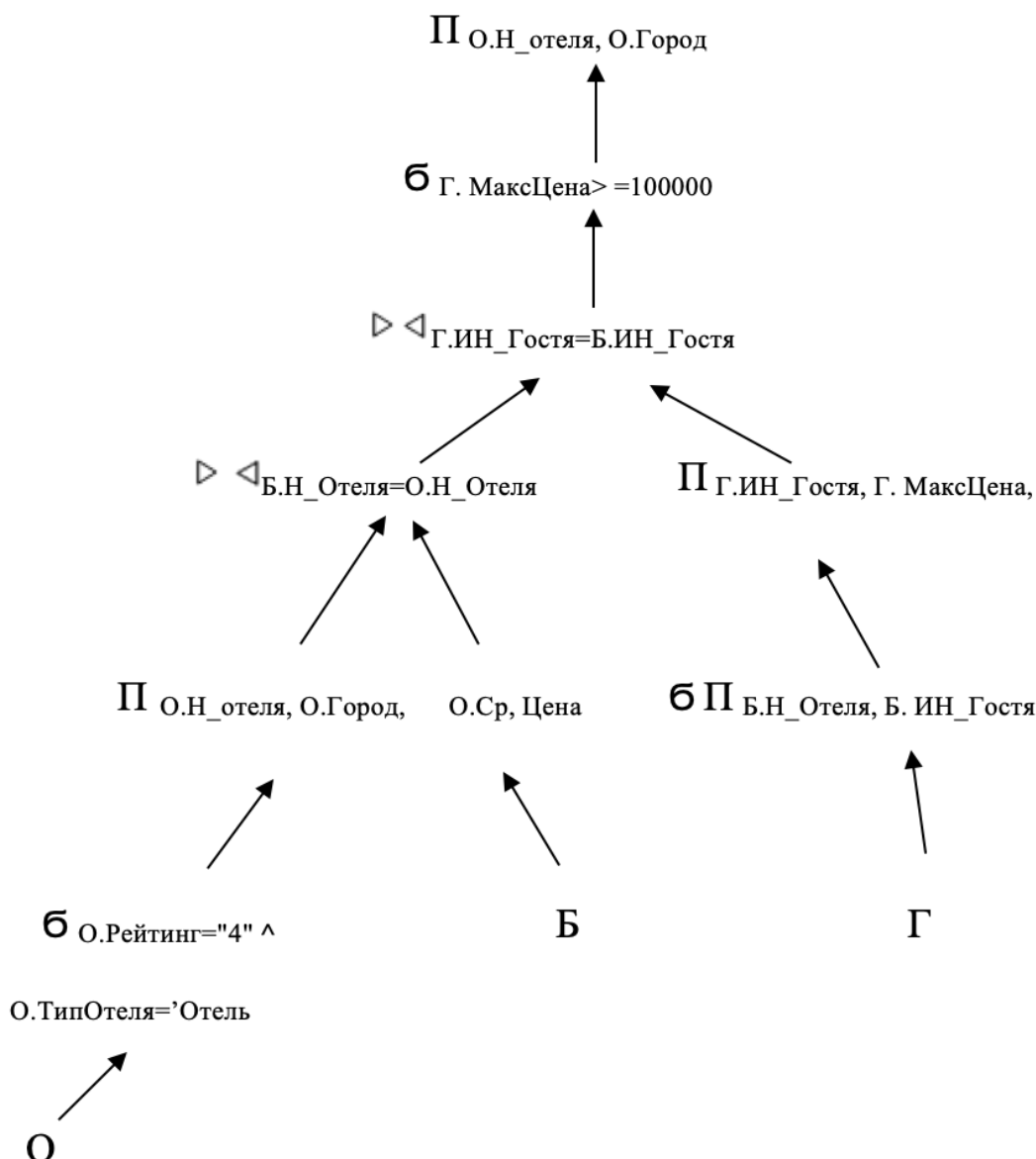


Рис. 6. Итоговое дерево данного запроса.

$$Б_{K,a=L,b} (K \times L) = K \bowtie_{K,a=L,b} L$$

В результате получается рис. 3.

С помощью *l)* преобразуем операцию соединения по эквивалентности так, чтобы выборка по условию *О. Рейтинг=»4»* запускалась вначале, получится рис. 4.

Далее воспользуемся пунктами *d)* и *g)* чтобы операции проекции производились после выполнения операций соединения по эквивалентности. Затем можно ввести новые проекции (рис. 5).

На последнем шаге можно так же заменить условие выборки *Г. ХочетТипОтеля= О. ТипОтеля* на *О. ТипОтеля = 'Отель'*.

Теперь, после того как были применены все возможные методы для оптимизации запроса, получаем следующий вид дерева оптимизированного запроса (рис. 6).

Выбирая стратегии эвристической обработки запросов в разных СУБД, применяются разные эвристические правила для выбора алгоритма обработки запросов. Но все же можно выделить несколько правил, к которым позволяют упростить дерево запроса для оптимизации процесса обработки запросов.

1. Выборка должна выполняться на первом этапе обработки. Так как эта операция позволяет уменьшить мощность таблицы и сокращает время выполнения последующих операций обработки. То есть из наших 12 правил, сначала следует применить, *a)* далее *b), d), f), j)*. Говоря

на языке деревьев, операция выборки нужно поместить как можно ниже в дереве реляционной алгебры.

2. Следует также объединять в одну операцию соединения операции прямого (декартова) произведения и операции выборки, предикат которой представляет условие соединения.
3. Следует применять правила ассоциативности бинарных операций с целью изменения порядка лист-узлов, чтобы лист-узлы с самыми ограничительными условиями выборки выполнялись в самом начале.
4. Необходимо также выполнить операции проекции на ранних этапах обработки. Эта операция, как и выборка уменьшает объем данных за счет снижения мощности отношения. Наиболее це-

лесообразна такая комбинация применения эвристических правил: *c)*, затем *d)*, *g)*, *k)*. В итоге операции проекции переместятся, на сколько это возможно, вниз по дереву реляционной алгебры.

5. Если одно выражение встречается в дереве реляционной алгебры несколько раз и результат его вычисления невелик, то эффективнее сохранить полученный результат после первого вычисления.

Обещающие направления включают разработку запросов к реляционной базе данных с использованием эвристических методов, которые демонстрируют эффективное применение для процесса оптимизации запросов в реляционных моделях.

ЛИТЕРАТУРА

1. О.Г. Алексеев. Комплексное применение методов дискретной оптимизации. — М. Наука, 2005.
2. Т. Коннолли, К. Бегг — Базы данных. Проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика. (3-е издание) — М.: Издательский дом «Вильямс», 2004.
3. О.Г. Алексеев. Комплексное применение методов дискретной оптимизации. — М. Наука, 2005.

© Куценко Ирина Львовна (i.kutsenko@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Российский университет дружбы народов

АНАЛИЗ ВИДОВ И МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

ANALYSIS OF TYPES AND METHODS OF CONTROL OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

*Yu. Litvinov
T. Keribayeva*

Summary. In the modern world, unmanned aircraft systems (UAS) are increasingly being used in many sectors of the national economy. A large number of BAS systems for various purposes with a wide range of weight and size characteristics have been created. The article gives a classification of unmanned aerial vehicles (UAVs). The article also discusses the criteria for safe flight of UAVs. An algorithm for adjusting the flight task depending on the specific situation and the type of UAV is developed.

The identification of the situation during the UAV flight is considered. The classification of flight situations is made, which includes five classes according to the degree of danger. The classification is based on the amount of deviation from the specified parameters of the flight task. The proposed approach takes into account different types of unmanned aerial vehicles, which makes it universal for each flight task. As a result, the identification of the current flight situation increases the pilot's awareness of the situation and provides the necessary level of flight safety.

Keywords: monitoring, unmanned aerial vehicles, flight task, navigation, classification of UAV types.

Литвинов Юрий Георгиевич

*К. ф.- м. н., ассоциированный профессор,
АО «Академия Гражданской Авиации», (г. Алматы,
Республика Казахстан)
yurii-litvinov@mail.ru*

Керибаева Талшын Бакытжанкызы

*Докторант, АО «Академия Гражданской Авиации»,
(г. Алматы, Республика Казахстан)
talshyn.keribayeva@gmail.com*

Аннотация. В современном мире беспилотные авиационные системы (БАС) находят всё более широкое применение во многих отраслях народного хозяйства. Создано большое количество БАС самого различного назначения с широким диапазоном массогабаритных характеристик. В статье дана классификация беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). В статье так же рассматриваются критерии безопасного полета БПЛА. Разработан алгоритм корректировки полетного задания в зависимости от конкретной ситуации и типа БПЛА.

Рассмотрена идентификация ситуации при полете БПЛА. Произведена классификация ситуаций полета, которая включает пять классов по степени опасности. Классификация основана на величине отклонения от заданных параметров полетного задания. Предлагаемый подход учитывает различные типы беспилотных летательных аппаратов, что делает его универсальным для каждого полетного задания. В результате идентификация текущей полетной ситуации повышается осведомленность пилота о ситуации и обеспечивается необходимый уровень безопасности полетов.

Ключевые слова: мониторинг, беспилотные летательные аппараты, полетное задание, навигация, классификация типов БПЛА.

Введение

Беспилотные летающие аппараты внедряются все больше и больше с каждым годом. Они применяются во многих сферах, как в гражданских, так и в военных. По мнению экспертов, БПЛА в скором времени будут доминировать над пилотируемыми аппаратами, особенно для военных целей [10, с. 298]. Такое развитие обусловлено достаточно многими факторами. Самым главным достоинством БПЛА является отсутствие экипажа и относительно небольшая стоимость по сравнению с конкурентами.

С развитием современных технологий беспилотные летающие аппараты стали выполнять такие функции, которые раньше им были недоступны. В частности, БПЛА начали показывать свой функционал при выпол-

нении задач ведения наблюдения. Они позволяют оператору наблюдать и отслеживать обстановку в любом заданном месте [11, с. 86].

Виды беспилотных летательных аппаратов

БПЛА невозможно классифицировать по тем или иным характеристикам, так как их огромное множество. Разнообразию дронов не видно конца, так как производители пока не ограничены никакими стандартами. В результате сегодня отсутствуют требования со стороны авиационных регуляторов о том, как БПЛА должен быть оснащен [5, с. 4].

Беспилотники могут быть как самолетного, так и вертолетного типов [8, с. 77]. Они отличаются габари-

Таблица 1. Классификация БПЛА

N класса	Класс БПЛА	Взлетная масса, кг	Дальность действия, км	Примеры БПЛА
1	Микро и мини – ближнего радиуса действия	5	25–40	Geoscan 101, ZALA 421–11, Элерон, БРАТ
2	Легкие малого радиуса действия	5–50	10–120	Geoscan 300, Орлан –10
3	Легкие среднего радиуса действия	50–100	70–150	ZALA 421–09, Дозор — 2, Пчела — 1Т
4	Средние	100–300	150–1000	Бином, Комар, Берта, Беркут, Иркут — 200
5	Среднетяжелые	300–500	70–300	Колибри, Данэм, Аист, Дозор — 3
6	Тяжелые среднего радиуса действия	>500	70–300	Ту — 243, Иркут — 850, Нарт
7	Тяжелые большой продолжительности полета	>1500	1500	Predator, Heron, Зонд — 1, БасС

тами, функциональностью, дальностью полетов, уровнем автономности и другими характеристиками.

За последнее время накоплен большой опыт в создании беспилотных летательных аппаратов [12, с. 119]. Существуют беспилотные аппараты различной конструкции с различным весом, дальностью полета, массой полезной нагрузки, вариантами посадки и запуска. Повышенный интерес к их использованию вызван простотой их конструкции, относительно небольшой стоимостью, оперативностью. Классификация БПЛА по размеру приведена в Таблица 1.

Конструкция и функциональность меняются в зависимости от назначения аппарата [9, с. 38]. Есть модели дронов, которые умеют принимать команды человека и реагировать на них. В таких устройствах установлены специальные модули-приемники команд.

Для мониторинга обычно используются БПЛА 1 и 2 класса. Это обусловлено тем, что при увеличении массы увеличивается энергия, выделяемая при его посадке, что может повредить БПЛА. БПЛА, сконструированные по типу вертолета лишены этого недостатка, но они не могут летать на далекие расстояния.

Фотоаппаратура, устанавливаемая на БПЛА

Существует огромный диапазон устройств записи изображений, доступных для применения на БПЛА. Типичные датчики можно условно классифицировать следующим образом:

- ◆ экшн и рыбий глаз камеры;
- ◆ камеры для потребительского рынка;
- ◆ камеры для профессионального применения;
- ◆ промышленные камеры;

- ◆ метрические камеры для явных фотограмметрических применений;
- ◆ скоростные камеры;
- ◆ панорамные камеры;
- ◆ многокамерные системы.

Доступность цифровых устройств регистрации варьируется от массовых продуктов, например, камер смартфонов, до специальных высокопроизводительных датчиков, используемых для специальных применений, таких как высокоскоростная визуализация. Датчики с глобальным затвором требуются для большинства динамических применений, когда камера или объект движутся относительно друг друга.

Фотоаппаратура, устанавливаемая на БПЛА, позволяет получить цифровое изображение местности с разрешением 3 см на пиксель. Обработка изображений производится так же как и в традиционной аэрофотосъемке. Применение двухчастотной ГЛОНАС / GPS системы глобального позиционирования для определения центров фотографирования дает точность их определения не хуже 5 см.

Управление безопасностью полета беспилотного летательного аппарата

Правильная работа беспилотного летательного аппарата (БПЛА) во время миссии учитывает влияние ряда факторов, вызывающих отклонения некоторых параметров движения от их оптимальных значений [6, с 79], [7, с 301]. Эксплуатация БПЛА несомненно, предполагает обеспечение определенного уровня безопасности полетов. Безопасность летного задания зависит от целого ряда факторов, отражающих потенциальные опасности.

Таблица 2. Ограничения безопасности полета в соответствии с классом ситуации и типом БПЛА

Тип БПЛА	Сложные условия полета	Опасные условия полета	Чрезвычайные условия полета	Катастрофические ситуации
1	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}
2	10^{-3}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}
3	10^{-3}	10^{-5}	10^{-7}	10^{-8}
4	10^{-3}	10^{-5}	10^{-7}	10^{-9}

Реально на полет БПЛА влияет воздушное пространство, работа технических систем. Все это, создает предпосылки для целого комплекса факторов, негативно влияющих на безопасность воздушного движения, и может вызвать появление конкретной ситуации во время полета [3, с. 296]. Конкретная ситуация — результат действия опасных факторов и отражает значительное влияние на безопасность полетов. После анализа опасных факторов может быть произведена оценка вероятности их появления. Анализ проводится по группам опасных факторов в зависимости от уровня их влияния [2, с 144].

Оценка факторов риска определяет условия для полета, который, в свою очередь, требует классификации ситуации полета. Оценивается влияние каждого опасного фактора.

В таблице 2 приводятся ограничения безопасности полета в соответствии с классом ситуации и типом БПЛА [1, с. 46].

В условиях нормальных условий полета чрезвычайно незначительные отклонения от требований летного задания производительность присутствует. Они не влияют на успех производительность и находятся в допустимых пределах погрешности измерительного оборудования. Летное задание выполняется в соответствии с требованиями безопасности и находится под непрерывным контролем.

В ситуации в сложных условиях полета желательно определить мизерные отклонения от требования летного задания. Отклонение параметров от плановых значений позволяет системе вернуться к летному заданию с учетом летно-технического ограничения. Непринятие решений о системе управление может привести к ухудшению полетной обстановки.

В сложной ситуации необходимо указать незначительные отклонения от требований летного задания. Отклонение параметров от плановых значений значительно усложняет процесс возврата в рейс задача. Необходимо решение по управлению системой для улучшение летной обстановки.

Чрезвычайная ситуация (ЧС) характеризуется существенным отклонением от требований летного задания. Значительные отклонения параметров от запланированных значений крайне усложняют процесс возврата к полетному заданию. Ситуация характеризуется значительным снижением уровня безопасности. Неконтролируемая ситуация может привести к катастрофе, поэтому есть необходимость в принятии решений по управлению системой.

Катастрофическая ситуация (КС) характеризуется невыполнением летного задания, связанного с критическим отклонением параметров от плановых значений. Катастрофические отклонения делают невозможным возврат к летному заданию. Необходимо учитывать летно-технические характеристики БПЛА, а также наличие незапланированных препятствий, приводящих к потере системы в целом.

Классы полетной ситуации

Определение класса существующей полетной ситуации является важным элементом миссии, особенно в случае с помощью датчиков БПЛА восстановлены данные [4, с 326]. Для метрики формулировка классов летных ситуаций воспользуемся критерием, учитывающим уровень отклонения БПЛА от требований летного задания. Для этого полетное задание должно содержать набор запланированных значений. Параметры задаются перед полетом с учетом всех его сложностей. В дальнейшем точное соблюдение запланированного параметров полета будут соответствовать нормальным условиям полета.

Технически установка значений параметров планового полета в многопараметрическом подходе является сложной задачей. Ее решают группы экспертов на основе накопленного опыта и с использованием имитационных моделей.

Еще одним важным элементом многовариантной классификации — это установление метрики полета. Классы ситуаций, соответствуют определенному отклонению параметров от плановых значений до определенного уровня. Следует отметить, что уровни отклоне-

ний различны для разных классов ситуаций и не могут быть рассчитаны линейно. Предлагается ввести значения плановых параметров, соответствующих определенному классу ситуации.

Этот параметр характеризует отклонение от планового значения в определенном метрическом пространстве и отражает определенное состояние БПЛА.

В случае многопараметрической классификации полета ситуаций предлагается оценить значение Z для каждого класса полетной обстановки и по каждому из параметров.

Впоследствии метрика Z будет использоваться для вычисления апостериорной вероятности классов ситуаций.

В соответствии с вероятностью возникновения класс полетной ситуации, указанный в таблице, сформируем границы классов Z . Однако значение катастрофической ситуации должен настраивать пользователь

на основании суждений о неудачном выполнении летного задания.

Задача порога ZCS состоит в определении границы отклонения БПЛА от заданной траектории, которая определяется координатами. Граница значения других параметров системы определяется ее техническими характеристиками и может быть рассчитана с помощью математической модели БПЛА или с использованием экспертных оценок на определенный момент времени.

Заключение

В статье проведен анализ различных видов беспилотных летательных аппаратов. Определены классы безопасного полета БПЛА в соответствии с типом БПЛА. Границы безопасности полетов представлены в соответствии с классом полетной обстановки и типом БПЛА. Это позволит адаптировать полетное задание для выполнения миссии БПЛА в соответствии с задачами и повысит ситуационную осведомленность оператора БПЛА.

ЛИТЕРАТУРА

1. Federal Aviation Administration AC23.1309–1E. System safety analysis and assessment for part 23 airlines. U.S. Department of Transportation, 2001, 56 p.
2. Kharchenko V.P., Kuzmenko N.S., Ostroumov I.V. Identification of Unmanned Aerial Vehicle Flight Situation — 2017 IEEE4th International Conference Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments (APUAVD)
3. Kharchenko V., Kuzmenko N., Kukush A., and Ostroumov I. Multiparametric data recovery for unmanned aerial vehicle navigation system — IEEE4th International Conference “Methods and Systems of Navigation and Motion Control” (MSNMC), October 18–20, 2016, pp. 295–299.
4. Mykhatsky O. Yu., Kuzmenko N.S., Savchenko O.V. Experimental UAV Flight Data Structuring, Transmission and Visualization by Narrowband Telemetry Transmission. — 2013 IEEE2nd International Conference “Actual Problems of Unmanned Air Vehicles Developments” Proceedings
5. Бондарев А.Н., Киричек Р.В. Обзор беспилотных летательных аппаратов общего пользования и регулирования воздушного движения БПЛА в разных странах // Информационные технологии и телекоммуникации. 2016. Т. 4. № 4.
6. Григорьев В.В., Бушуев А.Б., Коровьяков А.Н., Литвинов Ю.В. Анализ влияния ветровых возмущений на систему стабилизации курса летательных аппаратов* // Изв. вузов приборостроение. — 2013. Т. 56, № 4, с. 75–80
7. Замятин П.А. Вопросы эксплуатации беспилотных авиационных систем // Славянский форум, № 1 (31), 2021, с. 297–304
8. Замятин П.А. Классификационные признаки беспилотных летательных аппаратов аэродромного базирования // Chronos. — 2020. — № 4 (43). — С. 76–84.
9. Замятин П.А. Системы управления беспилотными летательными аппаратами // Инновационная наука. — 2020. — № 4. — С. 37–42.
10. Рэндал У. Биард, Тимоти У. Мак Лэйн Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика — Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2015. — 312 с.
11. Шайтура С.В. Разработка технологии мониторинга района с использованием беспилотных летательных аппаратов // Славянский форум. — 2019. — № 2 (24). — с. 87–94.
12. Шайтура С.В., Барбасов В.К., Васкина М.Ю. Использование беспилотных систем в сельском хозяйстве — В сборнике: Методы и программные средства информационного сервиса в информационных и пространственных полях. Сборник научных трудов. Бургас, 2020. С. 118–124.

© Литвинов Юрий Георгиевич (yurii-litvinov@mail.ru), Керибаяева Талшын Бакытжанкызы (talshyn.keribayeva@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223–2966.2021.03.26

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА МИКРОСЕЙСМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ.

**DEVELOPMENT OF A SOFTWARE
AND HARDWARE COMPLEX
FOR MONITORING HYDRAULIC
FRACTURING PARAMETERS DURING
THE OPERATION OF OIL AND GAS FIELDS
BY MICROSEISMIC METHODS**

**A. Ponomarev
M. Nesterenko
G. Ponomareva**

Summary. Approaches and methods for monitoring hydraulic fracturing and their automation are investigated.

Work is underway to create a proprietary method for analyzing signals received from seismic sensors during hydraulic fracturing, using intelligent information systems.

The developed and patented proprietary intelligent method for analyzing seismic data will be one of the main advantages of the developed software and hardware complex over existing analogues.

In the process of creating a proprietary method for monitoring the process of hydraulic fracturing, testing is carried out on existing oil and gas fields. The obtained data is the basis for improving and optimizing the software and hardware complex.

Keywords: intelligent information systems, seismic data, neural networks, software and hardware complex, hydraulic fracturing.

Пономарев Алексей Андреевич

Аспирант, ФГБУН «Оренбургский Федеральный исследовательский центр УрО РАН», Оренбург
alexseuponomarev@mail.ru

Нестеренко Максим Юрьевич

Д.г.-м.н., ФГБУН «Оренбургский Федеральный исследовательский центр УрО РАН», Оренбург
n_mi@mail.ru

Пономарева Галина Алексеевна

К.г.-м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбург
galy.ponomareva@mail.ru

Аннотация. Исследованы подходы и методы мониторинга гидравлического разрыва пласта и их автоматизации.

Ведутся работы по созданию собственного метода для анализа сигналов, полученных с сейсмических датчиков во время гидравлического разрыва пласта, с использованием интеллектуальных информационных систем.

Разработанный и запатентованный собственный интеллектуальный метод анализа сейсмических данных будет являться одним из основных преимуществ разработанного программно-аппаратного комплекса перед существующими аналогами.

В процессе создания собственного метода наблюдения за процессом гидроразрыва пласта проводится апробация на существующих месторождениях нефти и газа. Полученные данные — основа для улучшения и оптимизации программно-аппаратного комплекса.

Ключевые слова: интеллектуальные информационные системы, сейсмические данные, нейронные сети, программно-аппаратный комплекс, гидроразрыв пласта.

Введение

Человечество нуждается в энергетических ресурсах. И с каждым годом потребность становится выше, т.к. популяция на планете увеличивается в геометрической прогрессии. Основным источником энергии — различные фракции нефти. Потому вопросы

разработки новых месторождений и рационального использования имеющихся запасов звучат все громче. Производственные затраты растут, а объемы добычи на зрелых месторождениях остаются на прежнем уровне. Поднимается вопрос о добыче трудноизвлекаемых запасов углеводородов. Трудноизвлекаемые запасы можно поделить на две группы. К одной относятся за-

лежи, обладающие низкой проницаемостью пластов. При этом нефть, извлеченная из таких залежей, по своим характеристикам вполне сопоставима с нефтью традиционных месторождений. К другой группе относятся месторождения тяжелой и высоковязкой нефти [1, 2, 3]. Одни из основных способов добычи для таких месторождений это гидравлический разрыв пласта (ГРП), многозабойные скважины и их комбинации. При оценке результатов ГРП используются сейсмические данные, записанные в ходе данного процесса. Однако из-за низкого соотношения сигнал/шум результат оценки может быть ошибочным. В связи с развитием технологий и интеллектуальных систем возможно их применение в данной области [4, 5, 6, 7]. Они помогут в улучшении получаемых результатов даже с использованием классических методов расчетов данных [8].

Существующие методы фильтрации сейсмического сигнала

Исследованы подходы и методы мониторинга ГРП и их автоматизации [9, 10, 11, 12]. При регистрации сейсмических событий датчиками возникают помехи — шум, который присутствует в полученном от датчиков сигнале. Дальнейшее использование сигнала с подобными помехами приводит к некорректным и/или неточным результатам оценки результата ГРП, потому возникает потребность в обработке и улучшении соотношения сигнал/шум. Это можно сделать с использованием известных методов фильтрации. Фильтрация является важной составляющей любого этапа обработки сейсмических сигналов, и ее как таковую иногда бывает трудно вычленивать в отдельный блок. Фильтрация нужна, если есть основания полагать, что полезные сигналы имеют четкие критерии, по которым их можно отличить от помех. Очень часто используется частотная фильтрация, если полезные сигналы имеют отличия в спектральном составе. В частности, режекторная фильтрация весьма эффективна для удаления промышленных узких гармонических помех (25, 50, 100 Гц и др.). При регистрации широкополосными каналами наиболее востребована полосовая фильтрация, снижающая уровень любых сигналов за пределами полезной полосы частот. При наблюдениях ГРП использовалась полосовая фильтрация в различных диапазонах. Какой именно диапазон фильтровать, зависит от индивидуальной картины волнового поля на каждой отдельной станции. Для шумовых условий наиболее информативным является диапазон 15–40 Гц. Фильтрация, выполняемая на полученных данных, помимо частотной и скоростной избирательности учитывала также неидентичность сейсмических каналов. Данный вид фильтрации приводит полевые записи на всем полезном частотном диапазоне к виду, который бы соответствовал записям, полученным абсолютно идентичными приборами. Такая

коррекция возможна благодаря специально организованным подготовительным работам. В условиях наблюдений поверхностными станциями актуальна скоростная фильтрация сигналов, позволяющая различить импульсы от подземных и поверхностных источников. Скоростной фильтр позволяет уверенно различать сигналы от источников на поверхности, многие из которых распространяются со скоростью звука (~330 м/с), что в несколько раз ниже скорости сейсмических волн, приходящих из нижнего полупространства. На этапе расстановки сейсмических фаз и последующей локализации очагов немаловажное значение приобретает поляризационная фильтрация, возможность которой обеспечивается наличием трехкомпонентных записей. Однако определить, какой метод фильтрации необходим для каждого индивидуального месторождения, затруднительно, а в совокупности с большим объемом обрабатываемой информации (большое количество поступающих данных с датчиков каждую секунду в течение нескольких часов) может быть действительно трудоемким процессом для специалиста. В результате чего было принято решение использовать интеллектуальные информационные системы (ИИС), а точнее нейронные сети, которые позволяют обрабатывать большое количество информации за малый промежуток времени, могут подстраиваться под определенные задачи, присутствует возможность их обучения на существующих примерах, дальнейшее использование полученных результатов для их оценки, повторного обучения и корректировки алгоритма, подбор оптимального метода фильтрации под конкретные параметры каждого месторождения и т.п. Предложена методология и методы исследования, основанные на интеллектуальных информационных системах, в частности, нейронных сетях, в комбинации с известными методами фильтрации, используемые для улучшения соотношения сигнал/шум и снижения паразитных помех, полученных с сейсмических датчиков с места проведения ГРП. Длительный и сложный процесс определения параметров трещины ГРП, низкая скорость анализа полученных сейсмических данных, низкое соотношение сигнала/шум, ошибки в оценке результатов и эффективности ГРП — основные вопросы, с которыми сталкиваются при проведении ГРП. В связи с большим объемом обрабатываемой информации необходимо использование интеллектуальных информационных систем. Их преимущество в скорости и точности обработки большого объема информации, возможности корректировать получаемый результат и повторно его использовать.

Риски ошибок

Развиваются системы визуализации многомерных массивов информации, доступные как в виде коммерческого ПО, так и в виде свободно распространяемых

инструментов с функционалом, который постоянно пополняется продвинутыми пользователями. Сектор разведки и добычи нефтегазовой отрасли является одним из наиболее рискованных с точки зрения принятия капиталоемких решений по проведению разведочных работ и выбору системы разработки того или иного месторождения. Это связано с высоким уровнем неопределённости геологической информации, что, в свою очередь, обусловлено физическими ограничениями технологий сейсморазведки. Проще говоря, если в при-скважинной зоне информация о структуре и особенностях углеводородных пластов достаточно полна, то при проведении процесса ГРП из-за индивидуальных параметров месторождения, объема закачки расклинивающего агента и прочих работ реальный результат проведения гидроразрыва пласта, направление, величина и другие характеристики трещины достоверно не известны. При этом, по объёму геолого–технологических, логистических, финансовых и других данных, интерпретация разноформатных и разномасштабных данных вышла на новый уровень. Петрофизики и геологи научились строить двумерные и трёхмерные геологические модели залежи, на основе которых строятся гидродинамические модели. Последние используются для моделирования течений в пластах и расчёта прогнозной добычи при разных сценариях разработки. Такой подход добавляет компонент прогнозного моделирования, основанного на уравнениях математической физики, в систему принятия решений по разработке. За время жизни месторождения генерируется большое количество различных данных. Сейсмические данные представляют собой временные ряды и трёхмерные изображения; данные внутрискважинных измерений (каротажа) — набор векторов; данные гидродинамических испытаний скважин — временные ряды; данные исследования керна — таблицы, двумерные и трёхмерные изображения; данные исследования пластовых флюидов — таблицы; данные каротажа при бурении — временные ряды, векторы; данные поверхностной телеметрии при бурении (поверхностный каротаж) — временные ряды; данные по геологотехническим мероприятиям на скважинах — текст, временные ряды и таблицы; профили добычи и данные телеметрии насосов — временные ряды различного разрешения. Данные различны по формату, весьма объёмны (сейсмические исследования генерируют до нескольких десятков терабайт) и поступают постоянно. Если в окрестности скважины мы можем сказать, что знаем о геологических особенностях достаточно много, то, на расстоянии 10–100 м от скважины наши познания о фильтрационно–ёмкостных свойствах пласта представляют собой, скорее, оценки. Большое количество данных, получаемых при разведке и бурении, используется для построения моделей пласта с целью оптимизации схемы разработки месторождения, являющейся, наряду с раз-

витием инфраструктуры, основной статьёй капитальных затрат нефтегазовых компаний. Неопределённости в данных обуславливают неопределённости в результатах гидродинамического моделирования, на основе которых принимаются капиталоемкие решения по разработке. Руководители, принимающие стратегические решения с временным горизонтом влияния на добычу, достигающим десятков лет, должны учитывать риски, связанные с этими неопределённостями. Разработка и внедрение прогнозных систем на основе анализа данных [13] всех упомянутых типов позволит эффективно снижать неопределённости и соответствующие финансовые риски. Данные по добыче [14], ГТМ, телеметрия насосов, телеметрия и каротаж при бурении используются для оперативного управления добычей и разработкой. Решения, принимаемые на основе этих данных, непосредственно влияют на объёмы операционных затрат [15]. Рекомендательные системы, построенные на основе детерминистических и data-driven моделей процессов добычи и бурения, позволят существенно оптимизировать эту статью затрат. В качестве очевидных приложений методов машинного обучения в совокупности с математической оптимизацией можно выделить следующие:

- ◆ методы предсказания нестандартных режимов работы оборудования (anomaly detection) для оптимизации работы буровых установок, насосов, энергетических установок;
- ◆ методы распознавания образов (глубокие свёрточные нейронные сети) для автоматизации процессов построения геологических моделей с использованием данных со всех масштабов измерения (сеймика, каротаж, керн) и минимизации неопределённостей геологических моделей [16, 17];
- ◆ методы извлечения информации из документов для создания вопросно–ответных систем (электронных советников) операторам–добытчикам, буровикам, геологам–разработчикам;
- ◆ методы уменьшения размерности задач мат. физики для создания быстрых систем скрининга вариантов разработки месторождений. Алгоритмы, использующие методы машинного обучения и анализа данных не являются абсолютно новыми для нефтедобывающей отрасли. Так, например, 8 октября 2018 года вышла статья «Возможности электромагнитного мониторинга ГРП для оценки стимулированного объема пород», авторы Г.С. Григорьев, М.В. Салищев, НаучноТехнический Центр «Газпром нефти» (ООО «Газпромнефть НТЦ»), П.Ю. Пушкарев, МГУ имени М.В. Ломоносова [18]. В 2017 году в «РН-УфаНИПИнефть» создан первый в Евразии промышленный симулятор гидравлического разрыва пласта (ГРП) — программный комплекс

«РН-ГРИД», который позволяет точно описывать сложную геометрию трещины, возникающей в породе при проведении ГРП. В 2018 году дочернее сервисное предприятие «Роснефти» «РН-ГРП» полностью перешло на «РН-ГРИД» при проведении операций ГРП, став, таким образом, первым российским сервисным предприятием, осуществившим импортозамещение программного обеспечения для моделирования ГРП [19].

Научная новизна

Изучается возможность создания собственного интеллектуального метода для анализа сигналов, полученных с сейсмических датчиков во время гидравлического разрыва пласта. Будут использованы интеллектуальные информационные системы, в комбинации с классическими методами фильтрации сейсмических сигналов. Традиционно для контроля результатов операции ГРП используется подход, основанный на применении оборудования и программного обеспечения для ЗД — сейсморазведки. Данный метод выполняется после проведения ГРП в отсутствие шума от работы насосов ГРП, и позволяет с определенным разрешением наблюдать результат ГРП — трещины в породах пласта, как видимые участки разуплотнения в породах. Данный подход имеет ряд недостатков — недостаточное разрешение метода, возможность контроля только по окончании операции ГРП и высокая стоимость (необходимо вибровоздействие и регистрация с помощью сотен акселерометров). Предлагаемый программно-аппаратный комплекс основан на использовании 10–20 велосиметров, установленных в радиусе 500–2500 метров от скважины. Программно-аппаратный комплекс снимает показания скоростей смещения грунта в процессе ГРП, для калибровки используются записи операции перфорации прострелочно-взрывным методом. Большое количество записей позволяет получить избыточную информацию и с использованием интеллектуальных методов выделить полезный сигнал из шума, вызываемого работой насосов ГРП. Таким образом, предлагаемый подход позволяет регистрировать параметры сейсмических событий, вызываемых трещинообразованием при гидравлическом разрыве пласта. Предлагаемый метод позволяет выявить направление трещинообразования и их длину.

Конструктивные требования

Создание автоматизированной системы мониторинга предполагает создание программно-аппаратного комплекса с использованием языка программирования, среды разработки и сейсмологического оборудования. Автоматизация в данном случае подразумевает

некоторое участие разработчика в процессе настройки и корректировки деятельности нейросети, которая заберет на себя работу, связанную с анализом и фильтрацией сейсмического сигнала. Основными этапами создания автоматизированной системы мониторинга параметров гидравлического разрыва пласта при эксплуатации месторождений нефти и газа микросейсмическими методами будут являться:

1. Проектирование автоматизированной системы мониторинга.
2. Разработка автоматизированной системы мониторинга.
3. Лицензирование автоматизированной системы мониторинга.
4. Тестирование автоматизированной системы мониторинга.
5. Внедрение в организациях-заказчиках.
6. Сопровождение, развитие и корректировка автоматизированной системы мониторинга.
7. Основными этапами работы автоматизированной системы мониторинга будут являться:
8. Расстановка, настройка и калибровка сейсмических датчиков [20].
9. Загрузка данных по месторождению. Загрузка микросейсмических данных [21]. Загрузка скорректированных данных.
10. Анализ нейронной сетью источников шума, подбор оптимального алгоритма фильтрации.
11. Анализ микросейсмических данных нейронной сетью.
12. Обработка и фильтрация сигнала нейронной сетью.
13. Анализ специалистом полученных результатов обработки сигнала нейронной сетью.
14. Передача результатов обработки (улучшенный сигнал) для дальнейшего использования или корректировка алгоритма нейронной сети и возврат ко второму пункту на повторный анализ.

Заключение

Исследованы подходы и методы мониторинга гидравлического разрыва пласта и их автоматизации. В процессе создания собственного метода наблюдения за процессом гидроразрыва пласта проводится апробация на существующих месторождениях нефти и газа. Полученные данные являются основой для улучшения и оптимизации программно-аппаратного комплекса.

Разработанный и запатентованный собственный интеллектуальный метод анализа сейсмических данных будет являться одним из основных преимуществ автоматизированной системы перед существующими аналогами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградова Т.Е. Особенности микрокомпонентного состава сверхвязкой нефти / Т.Е. Виноградова, Г.А. Пономарева // Региональные проблемы геологии, географии, техносферной и экологической безопасности (Оренбург, 18–20 ноября 2019): сб. статей всероссийской научно-практической конференции. — Оренбург: ООО «Норма», 2019. — С. 6–9.
2. Пономарева Г.А. Геохимические особенности распределения платиноидов в нефтегазовых месторождениях Оренбургской области / Г.А. Пономарева // Новые направления работ на нефть и газ, инновационные технологии разработки их месторождений, перспективы добычи нетрадиционного углеводородного сырья; сб. статей всероссийской научно-практической конференции. — Оренбург: ООО «ТИПОГРАФИЯ «АГЕНТСТВО ПРЕССА», 2019. — С. 98–102.
3. Пономарева Г.А. Форма нахождения ванадия в нефти Тананыкского месторождения Оренбургской области / Г.А. Пономарева // Новые направления работ на нефть и газ, инновационные технологии разработки их месторождений, перспективы добычи нетрадиционного углеводородного сырья; сб. статей всероссийской научно-практической конференции. — Оренбург: ООО «ТИПОГРАФИЯ «АГЕНТСТВО ПРЕССА», 2019. — С. 95–98.
4. Grechka V., Werner M.H., *Microseismic Monitoring*, Tulsa: Society of Exploration Geophysicists, 2017. 471 с.
5. Бондарёв В.И., Крылатков С.М. Основы обработки и интерпретации данных сейсморазведки: учебник для вузов. Часть III. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2001. — 198 с.
6. *Seismic monitoring in mines*. Ed. by A.J. Mendecki. London: Chapman&Hall, 1997. 262 p.
7. Круг П.Г. Нейронные сети и нейрокомпьютеры: Учебное пособие по курсу «Микропроцессоры». — М.: Издательство МЭИ, 2002. — 176 с.
8. Tchebotareva I.I., Nikolaev A.V., Sato H. Seismic emission activity of Earth's crust in Northern Kanto, Japan. *Physics of the Earth and planetary interiors*. — № 120. — 2000. P. 167–182.
9. Пономарев А.А. Проектирование системы мониторинга параметров гидравлического разрыва пласта при эксплуатации месторождений нефти и газа микросейсмическими методами / А.А. Пономарев. // IX Всероссийская конференция с международным участием. 2019. С. 483.
10. Пономарев А.А. Применение математических методов при решении геоэкологических проблем месторождений углеводородного сырья/А.А. Пономарев, М.Ю. Нестеренко // Уральская минералогическая школа. 2016. Т. 80. С. 73.
11. Ponomarev A.A. Modeling and prediction of hydrodynamic processes on the oil and gas fields / A.A. Ponomarev // *Modern Science*. 2017. № 2. С. 15–17.
12. Кислов К.В., Гравиров В.В. Использование искусственных нейронных сетей в классификации зашумленных сейсмических сигналов // *Сейсмические приборы*. 2016. Т. 52, № 2. С. 46–64.
13. К.В. Кислов, В.В. Гравиров // Глубокие искусственные нейронные сети как инструмент анализа сейсмических данных // 2017 г. К.В. Кислов, В.В. Гравиров
14. Пономарев А.А. Микросейсмический мониторинг и процесс гидро-разрыва пласта при эксплуатации месторождений углеводородов / А.А. Пономарев, М.Ю. Нестеренко // *Вестник современных исследований*. — Омск, 2018. — С. 650–651. ISSN2541–8300
15. Александров В.М. Применение метода микросейсмомониторинга в задачах нефтепромысловой геологии [Текст]: монография / В.М. Александров. — Тюмень: ТИУ, 2016. — 93 с.
16. M. Nesterenko, A. Tsviak, O. Kapustina, A. Nesterenko, S. Nikiforov Dangerous geodynamic processes of the Eastern Orenburg. *E3S Web Conf. Volume 169, 2020. Actual Problems of Ecology and Environmental Management: Cooperation for Sustainable Development and Environmental Safety*
17. Maksim Nesterenko, Aleksey Tsviak, and Vladimir Belov. Natural and technogenic geodynamic processes in the south Ural. *E3S Web of Conferences Volume 208 (2020) First Conference on Sustainable Development: Industrial Future of Territories (IFT 2020) Yekaterinburg, Russia, September 28–29, 2020.*
18. Григорьев Г.С., Салищев М.В., Пушкарев П.Ю. Возможности электромагнитного мониторинга ГРП для оценки стимулированного объема пород // *Геофизика*. 2018. № 4. С. 90–93.
19. Rosneft. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.rosneft.ru/press/news>
20. Seis-Monitor Seismology Geophone. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.geospace.com/seis-monitor-seismology-geophone>.
21. Guralp systems Instruments. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.guralp.com/products/instruments>

© Пономарев Алексей Андреевич (alexseuponomarev@mail.ru), Нестеренко Максим Юрьевич (n_mu@mail.ru),

Пономарева Галина Алексеевна (galy.ponomareva@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ НАЗЕМНОГО КОМПЛЕКСА УПРАВЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКИМ ПОЛЕТОМ

Соловьев Сергей Владимирович

К.т.н., ведущий конструктор, ПАО «РКК «Энергия»
им. С.П. Королёва», (г. Королёв)
sergey.soloviev@scsc.ru

PRINCIPLES OF CONSTRUCTING ALGORITHMIC SUPPORT FOR AN INTELLECTUALIZED CONTROL SYSTEM FOR SPACE FLIGHT CONTROL

S. Soloviev

Summary. The article examines the issue of forming the principles of constructing algorithmic support for an intellectualized control system during space flight control. The features of the application of “classical” stochastic models for spacecraft (SC) are briefly analyzed. It is proposed to compensate for these shortcomings by introducing an intellectualized control system. On the basis of modern approaches, it is proposed to use digital intelligent models of spacecraft functioning on the basis of technological knowledge, which is telemetric information. An approach based on the development and integration of methods combining intelligent identification of individual components of a spacecraft using various analysis algorithms for imitating the functioning of the spacecraft as a whole is presented. The basic requirements for intelligent control systems and the tasks to be solved are formulated, taking into account the peculiarities of the space flight control process. The principle of the control technique using a digital twin created on the basis of real data of the spacecraft functioning is enlarged.

Keywords: spacecraft, flight control, control system, intellectualization, state analysis.

Аннотация. В статье исследуются вопросы формирования принципов построения интеллектуализированной системы контроля наземного комплекса управления полетом современных и перспективных космических аппаратов (КА). Кратко изложены особенности применения «классических» стохастических моделей для космических аппаратов. Компенсировать указанные недостатки предлагается осуществить внедрением интеллектуализированной системы контроля. Предлагается использование цифровых моделей функционирования КА, сформированных на основе технологических знаний в качестве которых выступает телеметрическая информация, поступающая от КА в процессе его орбитального полета. Изложен подход, основанный на разработке и комплексировании методов сочетающих интеллектуальную идентификацию отдельных составных частей КА с помощью различных алгоритмов анализа для имитационного моделирования функционирования КА в целом. Сформулированы основные требования к интеллектуализированной системе контроля состояния КА и решаемые при этом задачи, с учетом особенностей процесса управления космическим полетом. Укрупнено представлен принцип методики контроля с использованием цифрового двойника КА созданного на основе реальных данных его функционирования.

Ключевые слова: космический аппарат, управление полетом, система контроля, интеллектуализация, анализ состояния.

Введение

Современный космический аппарат (КА) следует рассматривать как чрезвычайно сложную техническую систему, возможности по изменению к текущим условиям полета у которой ограничены. В этой системе идут многочисленные функциональные процессы, информация о которых, как правило, незначительна и достаточна только для определения «нормы» или подтверждения самого функционального процесса. Изменения тем не менее присутствуют, проявляя себя весьма малозаметными факторами. С течением времени в процессе орбитального полета КА эти изменения накапливаются, отчасти взаимно влияя и усиливая друг друга, могут приводить к неожиданным масштабным последствиям, естественно негативного свойства.

Незначительные изменения в рамках диапазона допустимых изменений параметров, в течении инкубационного периода, при этом очевидно не связанных друг с другом может в совокупности привести к нештатным ситуациям (НШС). В настоящее время, подобное явление, именуемое «Drifting into failure» «сползание в аварию», является актуальным для сложных технических систем. Анализ и расследования многих техногенных катастроф указывает именно на подобный сценарий их зарождения и развития. Наиболее трагичным примером в космической сфере, можно считать случай 01.02.2003 года, когда произошла катастрофа Space Shuttle «Columbia», во время его 28 полета [1].

Объективно при управлении космическими полетами анализ технического состояния КА, особенно опера-

тивный, т.е. в режиме реального времени, существенно затруднен [2]. Ограниченная автоматизация процессов контроля на наземном контуре управления, требует решать задачи анализа силами специалистов службы управления космическим полетом. Для человеческих возможностей и восприятия, скорость и количество протекающих процессов на борту КА довольно высока, что усугубляется наличием различных режимов работы, характерными особенностями отдельного КА и большим числом взаимосвязей между составными частями КА и т.д. [3]/ В практике управления полетом не единичны случаи, когда заранее разработанные методы и алгоритмы анализа состояния КА не дают однозначного понимания ситуации на борту КА[4]. В этих случаях приходится применять экспертные суждения, вероятностные оценки либо откладывать время получения результатов анализа для осуществления моделирования ситуаций иными способами [2, 5].

В этих условиях для обеспечения безопасного процесса управления полетом КА и безусловной реализации программы полета за счет устранения вышеперечисленных явлений в сложных технических системах нужны принципиально новые модели, методы и средства интеллектуализированного анализа телеметрической информации (ТМИ) КА. Основная задача при этом состоит в извлечении новых и неочевидных знаний, смысловую интерпретацию наблюдаемых данных, прогнозирование развития событий и моделирование их возможных последствий т.д.

Особенности построения моделей сложных систем

Даже с учетом успеха развития информационных технологий, применение «классических» стохастических моделей для сложных технических объектов, к которым безусловно относиться современный КА, является проблематичным [6]. Причиной тому служит принципиальная невозможность учета в модели не только всей априорной информации, но и настройка моделей в условиях структурных и параметрических возмущений в процессе космического полета и особенно при большой длительности эксплуатации КА, которая уже значительно превышает 10 лет для многих типов космической техники.

Гармоничное сочетание новых интеллектуальных методов анализа данных и с традиционных, зарекомендовавшими себя на практике, математическими моделями, методами и алгоритмами является многообещающим направлением совершенствования систем телеметрического контроля наземного комплекса управления и расширяет возможности анализа состояния КА.

В настоящей работе излагается принцип построения цифровых моделей функционирования КА на основе ТМИ, выступающих в роли технологических данных в том числе для обеспечения прогнозирования дальнейшего состояния КА. Для данной цели представлены алгоритмы помимо прочего могут реализовать функцию прогнозного моделирования, которые основаны на индуктивном обучении, что позволяет формализовать процесс выявления аналогов текущего состояния и функционирования КА. В результате создается цифровая модель КА как сложного технического объекта, используемая для моделирования и опережающих прогнозов развития возможных аномальных ситуаций или НШС [6]. При этом данная модель реализует функцию опережения относительно эксплуатируемого КА. Система контроля состояния КА, построенная таким образом, реализует не только комплексный анализ текущей программы полета и состояния функционирования КА, но и осуществляет прогнозирование состояния КА на долгосрочную перспективу, т.е. обладает элементами интеллектуальности. При эксплуатации КА цифровая модель постоянно расширяется, используя знания, извлекаемые из ТМИ поступающей в процессе орбитального полета или от аналогичных КА. Так, например, в случае возникновения нового типа аномалии или НШС во время полета КА база знаний по завершению парирования аномалии или НШС расширяется, т.е. добавляются знания по признакам данной аномалии или НШС и выработанным рекомендациями по ее парированию. После включения в базу знаний данная информация будет использоваться в следующих полетах данного типа КА или на последующих этапах полета данного КА, а также будет введена в существующую эксплуатационную документацию.

Подобные цифровые модели могут выступать в роли идентификационных моделей сценарного прогнозирования, которые предназначены для использования в системах поддержки принятия решений в системах оперативного управления совместно с имитационными моделями. Разработанные методы предсказательного моделирования нелинейных нестационарных объектов на основе интеллектуализированных алгоритмов анализа ТМИ и нечеткой логики представляют собой механизм использования базы технологических знаний функционирования объекта в системах управления реальным временем. Методы построения нелинейных моделей состояния сложных объектов на основе идентификационного анализа с использованием совместно с имитационными моделями, предоставляют выраженное преимущество, по сравнению с известными подходами, как по точности прогнозирования, так и по эффективности соответствующих информационно-управляющих систем и систем поддержки принятия решений.

Для ряда практических разработок систем управления на сегодняшний день характерным является подход [9], когда формирование управляющих воздействий осуществляется с большим ресурсным запасом. При этом, если в данный момент (на данном такте) решение не удовлетворяет заданному критерию качества управления, начинается формирование следующего управляющего воздействия — в изменившихся условиях — как внешней среды, так и состояния КА. При этом не гарантируется, что новое решение будет удовлетворительным (если оно вообще будет существовать). Представляется более эффективным реализовать схему управления на основе предсказательного моделирования. Основой функционирования такой системы управления становится динамическая оценка и прогнозирование состояния КА с целью адаптивного управления и динамической поддержки принятия решений. Однако для сложных объектов классический подход к построению прогнозирующих идентификационных моделей может быть сопряжен с трудностями непреодолимого характера.

Синтез современных подходов и формирование требований

В настоящей работе для формирования цифровой идентификационной модели КА предлагается подход, основанный на разработке и комплексировании методов, сочетающих идентификационные модели отдельных составных частей КА построенных с помощью различных алгоритмов анализа для имитационного моделирования функционирования КА в целом.

КА как объект управления и составная часть сложной технической системы как правило не допускает проведение активных экспериментов. Кроме того, говорить об идентификации с целью исследований (а не управления) для обеспечения процесса управления полетом КА допустимо только на основе анализа данных их реального функционирования и содержащихся в данных ТМИ этого КА.

Идентификационную математическую модель не следует путать с математическим описанием функционирования КА или его составной части, полученным на основе применения известных законов (физических, химических, и т.д.), либо на основе расчетов (технологических, инженерных и т.п.). Хотя все перечисленные модели также являются математическими.

Под данными функционирования КА или его составной части будем понимать данные реального функционирования содержащиеся в ТМИ, а также извлекаемые из архива ТМИ — индуктивные знания. Постоянное пополнение знаний в ходе наблюдений за реально функ-

ционирующим КА на орбите позволяет создать альтернативу итеративной настройке идентификационной модели, что особенно актуально для нелинейных и нестационарных систем, к которым и относятся КА. В результате анализа ТМИ КА всеми возможными способами, получаются знания или информация, используемая в процессе управления космическим полетом, в данном случае, знания являются результатом работы интеллектуализированной системы контроля.

С учетом задач контроля и особенностей процесса управления космическим полетом, а также необходимости осуществления анализа в режиме реального времени непрерывно в течение всего периода орбитального полета КА, основные требования к интеллектуализированным системам контроля можно сформулировать следующим образом:

- ◆ способность определять аномалии и НШС, не рассмотренные в документации и не прогнозируемые аналитически;
- ◆ адекватность результатов, т.е. в процессе анализа ТМИ должны получаться достоверные данные, соответствующие реальному функционированию КА и его составных частей;
- ◆ решение задачи анализа ТМИ должно осуществляться в масштабе времени, максимально близком к реальному;
- ◆ высокая чувствительность, т.е. максимально возможное заблаговременное определение предвестника возникновения НШС или какого-либо проявления аномалии или отклонения в функционировании или состоянии составных частей КА;
- ◆ автоматическая реализация процесса анализа, при котором оператор непосредственно не участвует, а получает только результат работы предлагаемого метода.

Задачи, решаемые интеллектуализированной системой контроля состояния КА:

- ◆ автоматизированное выявление скрытых событий, аномалий и НШС;
- ◆ автоматизированное выявление причин появления аномалий и НШС;
- ◆ количественная оценка ресурса прибора, агрегата, составной части КА;
- ◆ прогноз «располагаемого времени» до наступления критического события от момента обнаружения аномалии;
- ◆ установление закономерностей, деградаций и тенденций в изменении характеристик оборудования составных частей КА.

В основу построения данной системы контроля в части решения задач анализа ТМИ КА, должны быть заложены

жены принципы автоматизации и интеллектуализации. Их реализация связана с созданием методов анализа, сводящей к минимуму участие человека. При построении подобной интеллектуализированной системы контроля должны быть использованы положения теории ситуационного управления, применяемой для автоматизации интеллектуальных функций управления сложными системами организационно-диспетчерского типа.

Большое число разнообразных методов интеллектуализированного анализа данных, используемых в настоящее время в различных технических и технологических сферах деятельности человека, продемонстрировали свои качественные преимущества. Задачи анализа ТМИ, непрерывно решаемой в течении всего периода орбитального полета КА, являются характерным примером использования интеллектуализированного анализа для прикладных технических задач.

Состояние ресурсов и фактическая величина технических характеристик КА является важными факторами при осуществлении управления космическим полетом и в значительной степени определяет возможность реализации программы полета. Представляется целесообразным в качестве идентификационной модели комплекса ресурсов рассматривать цифровой двойник КА. Под цифровым двойником будем понимать результат обработки ТМИ, актуальный для текущего момента времени. Этот результат позволит оценить, как состояние отдельных ресурсов и уровень деградации определенных технических характеристик, так и степень взаимовлияния ресурсов. По сути, актуальный результат обработки ТМИ представляет собой динамический слепок (текущий набор) аналитических выводов о состоянии комплекса на основе анализа реальных данных ТМИ (текущих и архивных). В этом коренное отличие от имитационной модели, которая может лишь приближенно моделировать реальное функционирование КА на основе математического описания свойств элементов реального КА или его составных частей.

Это также позволит автоматически, без участия специалистов разработчиков составных частей КА построить математическую модель нормального/номинального или среднестатистического поведения КА, которую в дальнейшем использовать как эталонную. Применяя эталонную модель КА и анализируя фактическую ТМИ можно выявить скрытые закономерности данных, которые позволят задним числом проанализировать неисправность и определить симптомы и причины ее возникновения.

Базовые принципы формирования цифровой идентификационной модели КА, на основе данных от интеллектуализированной системы контроля следующие:

- ◆ использование достоверной информации, особенно на этапе обучения;
- ◆ постоянное пополнение данными цифрового двойника КА в процессе работы системы;
- ◆ применение различных математических аппаратов для алгоритмов, реализующих процедуры извлечения знаний из поступающих данных.

Важной отличительной особенностью интеллектуализированного анализа, является ее универсальность, то есть возможность применения для различных КА без существенных изменений. Это следствие того, в основе лежат математические инструменты и алгоритмы, которые не привязаны к конструктивным особенностям КА, а работа осуществляется с ТМИ поступающими при их работе данного КА. Традиционно применяемые специализированные аппаратно-программные средства телеметрического обеспечения, предназначенные для контроля состояния КА, в значительной степени индивидуальны для каждого отдельного КА. Аналогичные задачи для другого по конструкции КА, решаются соответственно другими средствами телеметрического обеспечения, имеющими другие алгоритмы, контролируемые параметры состояния КА и допустимые значения этих параметров. Интеллектуализированные системы контроля как бы «не видят» объекта, который генерирует данные, а осуществляет только анализ нормального «виртуального» состояния КА в сравнении с текущим состоянием. Иначе есть «портрет здорового КА», который подтвержден или проверен, в том числе исходя из анализа традиционными методами и специалистами. Подобную систему можно «научить» анализировать ТМИ с любого КА, не прибегая к изменениям алгоритмов анализа. Это качество особенно ценно ввиду того что современные КА становятся все более разнообразными в части используемого бортового оборудования и конструктивно сложными.

Анализ возможностей математического аппарата обработки данных и обобщения опыта управления полетом КА с учетом потребностей специалистов управления можно выделить следующие направления в построении интеллектуализированной системы контроля:

- ◆ оперативная, обобщенная, комплексная оценка состояния КА и его составных частей на базе методов кластерного анализа данных;
- ◆ выявление, локализации и определение аномалий и НШС в функционировании отдельной составной части КА на базе методов использования вейвлет-преобразований;
- ◆ прогнозирование параметров состояния КА, его характеристик и их деградации во времени на основе методов анализа временных рядов.

Решение различных и многочисленных задачи контроля состояния КА в процессе управления космическим полетом приводит к необходимости синтеза различных алгоритмов контроля на основе интеллектуализированных методов анализа ТМИ.

Принцип функционирования интеллектуализированной системы контроля

Принципиальным моментом функционирования интеллектуализированной системы контроля является двухэтапный режим работы. На первом этапе «обучения/моделирования», по данным ТМИ, собранным при номинальной работе КА, с использованием различных алгоритмов строится база данных номинальных состояний, соответствующих нормальному (среднестатистическому) или штатному функционированию КА. Соответствие этой базы верифицируется применением стандартных, традиционных процедур по анализу технического состояния КА. Данные для этого очевидно берутся на предыдущих этапах полета или на аналогичных КА. Обработанные с помощью алгоритмов интеллектуализированного анализа данные ТМИ при этом формируют базу знаний — номинальных состояний КА.

Для впервые эксплуатируемых КА или КА функционирующих по уникальной программе полета или с иными явными и неявными отличиями, создание базы данных номинальных состояний реализуется отдельным способом. Любой без исключения КА проходит этап летных испытаний, который осуществляется в начале полета КА после выведения на рабочую орбиту и перед его эксплуатацией по назначению. Основная цель данного этапа всесторонняя проверка и подтверждение характеристик КА и его составных частей, заданных в техническом задании. Поэтому на данном этапе к анализу ТМИ получаемой с испытуемого КА подключается большое количество специалистов, в том числе и разработчиков отдельных составных частей КА. Программа летных испытаний, как правило, включает подтверждение свойств и технического состояния КА при всех режимах работы, реализуемых КА и его составными частями. Это позволяет подробно и углубленно понять реальное техническое состояние КА в эксплуатационных условиях орбитального полета. В случае завершения этапа летных испытаний КА с положительным заключением, можно принять что сформирована и верифицирована база знаний номинальных состояний КА, т.е. создан «портрет здорового КА».

На втором этапе, «рабочем» производится анализ текущего технического состояния КА. В режиме реаль-

ного времени поступает текущая ТМИ от КА, производится анализ (на основе соответствующих алгоритмов) и результаты обработки соотносятся с данными из базы номинальных состояний. Если устанавливается соответствие (по определенному критерию) данных из базы с поступившими данными, то входящие данные пополняют «номинальную» базу данных. При несоответствии фиксируется отклонение и происходит предупреждение оператора о выявленной аномалии.

Основу методики составляет последовательное применение трех математических инструментов для обработки данных ТМИ полученной при эксплуатации КА:

- ◆ метод кластерного анализа для выявления аномалий и НШС в работе составных частей КА;
- ◆ метод вейвлет-анализа для локализации аномалий в составных частях КА;
- ◆ метод анализа временных рядов для определения располагаемого времени.

На основе изложенных принципов реализуется создание универсального аналитического инструмента для контроля состояния КА и его составных частей. Верификация данного аналитического инструмента предусматривается на реальной ТМИ однотипных КА. Тем самым решается задача формирования цифрового двойника составных частей КА и поиск аномалий, отклонений, в том числе труднообъяснимых тривиально, «наглядно», имеющие причиной более глубокие или пока не установленные взаимосвязи. После выявления аномалий проводится их локализация в составных частях. Определение тенденций изменений ресурсов и технических характеристик КА на любой временной базе, а также установление возможной корреляции аномалий с внешними факторами, воздействующими на КА, и корреляции причин между собой. Это позволит выявить причины возникновения аномалий.

Выводы

Существует разнообразный современный математический аппарат, реализующий способность «думать» или выявлять неочевидные и скрытые явления в объеме ТМИ, что позволит повысить качество или интеллектуализировать процедуры контроля состояния КА.

Современный инструментарий интеллектуализированного анализа данных дает очень широкий выбор возможностей для различных применений, со своими преимуществами и недостатками, поэтому для практического применения в задачах контроля необходимо задействование принципиально различных методов анализа данных, что в целом дает синергетический эффект и существенно повысит эффективность.

Синтез алгоритмов интеллектуального анализа в задачах контроля при управлении полетом КА, позволяет создать интеллектуализированную систему контроля и прогнозирования состояния КА, способную решить все основные задачи анализа включая обна-

ружение и локализацию аномалий, отклонений и НШС в составных частях КА и КА в целом, прогнозирования состояния в части развития выявленных аномалий, отклонений и НШС и автоматического формирования располагаемого времени в случае их обнаружения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Columbia Crew Survival Investigation Report NASA/SP-2008-565, 2003 400 p.
2. Соловьев В.А., Лысенко Л.Н., Любинский В.Е. Управление космическими полётами. Часть 2. Учебное пособие // Изд-во. МГТУ им. Н.Э. Баумана. — М., 2010. — 428 с.
3. Кравец В.Г. Автоматизированные системы управления космическими полетами. М.: Машиностроение, 1995.
4. Ведерникова М.М., Скурский Ю.А., Спиринов А.И. Контроль работы сложных технических систем. Средства информационной поддержки. // Труды XVII международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах». 2015 стр. 115–125.
5. Соловьев В.А., Любинский В.Е., Жук Е.И. Текущее состояние и перспективы развития системы управления полетами космических аппаратов. «Пилотируемые полеты в космос» 2012. — № 1(3) с. 15–26.
6. Бахтадзе Н.Н., Лотоцкий В.А. Современные методы управления производственными процессами. Проблемы управления. № 3.1 2009 г. стр. 56–63.
7. Микрин Е.А., Пелихов В.П. Анализ нештатных ситуаций и критичности программного обеспечения в проекте международной космической станции. Проблемы управления № 4. 2003. стр. 52–54.
8. Микрин Е.А. Бортовые комплексы управления космическими аппаратами и проектирование их программного обеспечения. Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2003 г. — 335 стр.
9. Пупков К.А., Коньков В.Г. Интеллектуальные системы. Исследование и создание. Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана 2003. 348 с.
10. David L. Iverson Data Mining Applications for Space Mission Operations System Health Monitoring NASA Ames Research Center, Moffett Field, California, 94035
11. Цыпкин Я.З. Информационная теория идентификации. — М.: Наука. Физматлит, 1995. — 336 с.
12. Теория управления. (Дополнительные главы). Учебное пособие/ Под редакцией Новикова Д.А. — М.: ЛЕНАНД. 2019. — 552 с.

© Соловьев Сергей Владимирович (sergey.soloviev@scsc.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королёва

НЕЙРОСЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТУИЦИИ

NEURAL NETWORK MODELING OF INTUITION

Sun Xilong

Summary. This article represents attempt to simulate intuition processes using neural networks. The author provides a brief description of the works that tried to solve the problem of creating a prototype of human thinking at the program level. The article also highlights the main obstacles to the formation of a neural network that provides reliable results. The model of neural network intuition proposed by the author suggests one more step to solve this problem.

Keywords: artificial intelligence, intuition, machine learning, neural network, model, problems.

Сунь Силун

Аспирант, Кубанский государственный университет
sasha.7s@yandex.ru

Аннотация. Настоящая статья представляет собой попытку моделирования процессов интуиции посредством нейронных сетей. Автором приведена краткая характеристика работ, которые пытались решить проблему создания прообраза человеческого мышления на программном уровне. Также в статье выделяются основные препятствия для формирования нейронной сети, предоставляющей достоверные результаты. Предложенная автором модель нейросетевой интуиции предполагает еще один шаг для решения данной проблемы.

Ключевые слова: искусственный интеллект, интуиция, машинное обучение, нейросеть, модель, проблемы.

В настоящее время одна из серьезных проблем машинного обучения — это способность понимать и интерпретировать прошлые знания для точного решения текущих проблем или прогнозирования возможных событий. Современные алгоритмы и модели не могут обеспечить одинаковые с человеческой интуицией результаты. Большинство из них основаны на логике и зависят от времени. Необходимо отметить, что данным алгоритмам и моделям не хватает способности предоставлять неизменно точные результаты ввиду того, что, когда информации недостаточно для того, чтобы сделать какой-либо вывод, логический процесс не может достичь своего завершения. С другой стороны, время является решающим ограничением для реальных сценариев, в связи с чем логический процесс идет медленно, так как он требует достаточного для модели количества информации и большого количества шагов вычисления. Эти ограничения указывают на серьезную потребность в более быстрых моделях для устранения таких ограничений в машинном обучении.

Было предпринято небольшое количество попыток в изучении основанных на интуиции методов получения результатов в искусственном интеллекте и машинном обучении. Так, Д. Канеманн объяснил различия в статистической интуиции и статистических знаниях [6]. Его работа также показывает возможные ошибки человеческой интуиции. Это объясняется тем, что интуиция как процесс склонна к неверным значениям, а достоверность получаемых результатов зависит от различных факторов, особенно от отображения правильного элемента прошлого опыта (или их комбина-

ции). Канеманн приводит в пример эксперименты, проведенные Шейном Фредериком, которые показывают, что люди не склонны думать достаточно серьезно, в отличие от машин, для которых «мыслительный процесс» является строгим алгоритмом, которому необходимо придерживаться [6]. Они склонны принимать то, что приходит им в голову первым, без рационального и логического мышления.

Здравый смысл определяется как способность воспринимать возможные последствия за короткий период времени из широкого спектра возможностей [3]. Это объяснение наталкивает на мысль о том, что нормальный процесс мышления основан на тех же принципах. Однако это объяснение не проливает света на концепцию интуиции с математическим или логическим обоснованием. Необходимо отметить, что идея сравнения интуиции с концепцией моделирования, восприятия с использованием аналогового представления содержит определённые пробелы. К ним относятся проблемы нелогического мышления, что является центральным вопросом интуиции. Р.В. Клименко также утверждает, что философия не может быть связана с концепцией искусственного интеллекта для поиска ответов на создание искусственной интуиции [1]. Более того, такое представление интуиции, предложенная вышеупомянутыми экспертами, в основном сосредоточена на концепции, а не на ее представлении и использовании в машинном обучении. Они должны правильно понять сущность неизвестных переменных, чтобы иметь возможность рассматривать интуицию как эффективную стратегию решения проблем. Одним из таких примеров

является саморазвивающийся алгоритм самооценки для машинного обучения, который рассматривает наличие неизвестных переменных для решения проблем. Такая концепция достоверного вывода не рассматривалась для неизвестных переменных во взглядах на искусственный интеллект и его связь с философией.

Г. Колата объясняет, как разница в мышлении и подходах между признанными специалистами в области машинного обучения создала проблемы в общей стратегии решения проблемы искусственного интеллекта — создать машину, мыслящую как человек [7]. Однако данная работа не содержит информации относительно причин того, почему до настоящего времени не удалось совершить такое открытие. М. Мински представил глубокую работу по «рамочного» формирования машинной интуиции. Он объяснил концепцию мышления и мыслей как «рамки», которые постоянно меняются со временем. Кроме того, он объясняет, как вся концепция «влюбленности» фактически обходит механизмы выбора «лучшего и оптимального выбора» и принятия «другого неподтвержденного выбора» как лучшего варианта [9]. Подход Мински к рассмотрению случаев нелогического рассуждения довольно интересен и эффективен в работе с человеческими процессами более высокого уровня, такими как новизна, творчество и интуиция. Однако автор не объясняет концепцию неизвестных переменных или способность рассуждать на основе интуиции и функций человеческого мышления более высокого уровня. Эти концепции довольно интересны, однако они не объясняют, как реализовать искусственную интуицию, которая похожа на человеческую.

Г. Саймон был одним из первых ученых, которому фактически удалось приблизиться к концепции отображения классов. Он объясняет подход к работе с интуицией в форме начинающего и опытного пользователя. Саймон также добавляет, что знания и прошлый опыт очень важны для того, чтобы интуиция была точной [5]. Он описал ее как «подсознательное распознавание образов», но не смог объяснить эту концепцию с точки зрения того, как она соотносится с проблемами и эволюционной природой развития машинного обучения. Он также не принимает во внимание сценарии, в которых внешняя среда и другие связанные переменные могут влиять на интуицию пользователя. Таким образом, объяснение Саймона было довольно новаторским, но не имело практического воплощения в его работе. Алгоритм, предлагаемый в этой статье, является шагом в этом направлении.

Работа Ванга по неаксиоматической логике объяснила, что она состоит из языка, его правил и семантики [10]. Однако данная работа не смогла объяснить поня-

тие интуиции с точки зрения математики. Маккарти объясняет, как понятие здравого смысла можно объяснить с помощью математической логики. Он подчеркивает необходимость логики здравого смысла, а не научных теорий [8]. Это подтверждает утверждение о том, что модели и теории, разработанные пионерами в области искусственного интеллекта не в состоянии объяснить человеческие функции более высокого уровня, такие как интуиция, с успешной практической реализацией.

Саймон объяснил, как интуиция зависит от прошлых знаний и опыта для лучшего запоминания решений данных проблем или нормального логического процесса. Он определил интуицию как процесс, который происходит внезапно и не следует обычным этапам логического мышления [5]. Саймон также упоминает «Элементарный восприниматель и запоминатель», систему, имитирующую вербальное обучение роли человека. Она была разработана в 1960-х годах и использовала сети распознавания и импровизацию, основанную на знаниях, полученных из опыта, для принятия лучших решений. Саймон утверждает, что интуиция — это просто форма распознавания того или иного события, и что люди, обладающие знаниями и опытом в одной области, могут использовать интуицию лучше, чем новички [5]. Однако это утверждение не объясняет причину, по которой люди, не обладающие специальными знаниями в той или иной области, иногда могут предсказать некоторые из самых сложных проблем в мире. Из виду упускается тот аспект, в котором человеческий мозг может сопоставить опыт другой области с несвязанной с ним проблемой. В пример можно привести ситуацию, когда человек, впервые играющий в покер, смог победить команду из 14 человек. Согласно объяснению, данному Саймоном, это невозможно, поскольку обычный человек смог преуспеть с первой попытки. Так необходимо учитывать тот факт, что прошлый опыт человека в другой области должен был помочь ему лучше развить интуицию. Представленная модель интуиции предлагает также рассмотреть такие сценарии и предложить более целостный подход. Более того, модель интуиции основана на отображении и распознавании образов, в то время как нормальные процессы мышления включают в себя серию логически выполнимых этапов с достоверными ответами и доказательствами для поддержки реализованной логики.

Крючин О.В. объясняет, как эксперты разрабатывают обобщения шести типов, чтобы получить возможность сформировать конкретный метод поиска лучших решений проблем. Однако в данном объяснении отсутствуют подробные сведения о способности интуиции находить решения проблем в областях других тем, то есть тем, в которых у человека нет доступных знаний или их количества недостаточно для решения

конкретных проблем [2]. П. Фридрих в своей работе объясняет, как можно реализовать интуитивно понятную систему с мультимодальным диалогом, используя интуицию в качестве системы рекомендаций. Он также считает, что интуиция может иметь положительное влияние на человека в форме общения, при котором он постоянно меняет свое поведение и диалоги на основе отношения, опыта и знаний [4]. С автором можно согласиться в убеждении, что интуиция может сыграть очень важную роль в интерактивной системе, основанной на мультимодальных диалогах, используя в них концепцию интуиции. Интуиция рассматривается как основанное на эволюции распознавание шаблонов, которые в поисках решений учитывают прошлый опыт, а не логическое мышление. Хотя роль нейронных сетей достаточно хорошо принята, до сих пор не ясно, как возникает интуиция и каков точный ее выполнения.

Интуиция дает возможность получать ответы намного быстрее, чем обычный процесс логического мышления. Именно поэтому необходимо предложить модель, основанную на интуиции, которая пытается ее имитировать с целью быстрого получения точных результатов для конкретного набора данных.

Необходимо рассмотреть следующие наборы информации для объяснения предложенной модели:

1. Задача установлена в момент времени $t \rightarrow At = \{-\infty, \dots, @, \$, *, \%, 4, 6, 555, 0,333, -3,444, -4, \dots, \infty\}$;
2. Опыт установлен в момент времени $t \rightarrow Bt = \{-\infty, \dots, 1, 2, S, R, L, 8, 9, \#, 1.2, -0,44, \dots, \infty\}$;

Необходимо обратить внимание на то, что указанные выше наборы информации рассматриваются как динамические и изменяющиеся значения в момент времени « t ». Вышеупомянутые элементы и наборы могут быть любого типа, размера или значения. В данном случае они представлены в простых статических элементах как представление соответствующей проблемы. Например, проблема может заключаться в следующем: «Какой ожидаемый счет наберет эта команда в этом матче?» или «Каков ожидаемый средний балл, который я смогу получить в этом семестре». Есть несколько проблем и вопросов, которые могут существовать в человеческом мозге, и поэтому в данной работе предлагается представить их здесь как элементы набора задач для простоты усвоения информации. Каждый из элементов набора задач показывает представление такого вопроса или проблемы. Более того, обширные знания человеческого мозга представлены в виде элементов набора опыта. Каждый опыт представляет ценности, как это сделано в наборе задач (представление аналогично набору задач). Например, число «4,0 / 5,0»

может быть одним из ответов на предыдущий вопрос «Какой средний балл я получил в прошлом году?» или «Какой средний балл я получил за первый год обучения?». В данном случае необходимо обратить внимание, что поставленный вопрос не совпадает с текущей проблемой. Это прошлый опыт, и он должен хранить только прошлые значения. Это не гарантирует конечного решения, но, возможно, является средством для последующих процессов. Все значения отображаются как элементы в наборе опыта.

Предполагается, что одного нормального процесса может быть недостаточно для выполнения одного интуитивного процесса. Иногда есть несколько нормальных процессов, которые могут действовать вместе и зависеть от одного процесса интуиции. Работа модели интуиции состоит в том, чтобы найти правильное решение, используя правильный элемент опыта, обработать его в соответствии с его методологией и затем отправить в качестве окончательного решения текущей проблемы.

В данном случае необходимо охарактеризовать модель интуиции с помощью единственного элемента набора проблем для простоты объяснения. Считается, что в мозге происходят два процесса. Один из них — это нормальный процесс (далее именуемый НП) и процесс, основанный на интуиции (ИП). Так, НП выполняет обработку проблем с использованием обычных логических подходов, в которых информация, связанная с проблемой, собирается и аккумулируется для вывода решения. Но ИП использует другой подход — подход, основанный на сравнении, — он извлекает значения из прошлого опыта, которые могут служить решением данной проблемы.

Современные подходы к интуиции имеют очень логичную и аналитическую форму обработки. Однако на самом деле интуиция, как известно, носит скорее символический и художественный характер, чем логический. Интуиция может принять «О» за круг, в то время как нормальный логический процесс принимает за ноль или за букву алфавита. В процессе интуитивного мышления не используются обычные подходы, основанные на логике, но использует базовое отображение прошлого опыта решения подобной проблемы как попытку решить текущую проблему. Следовательно, ИП можно рассматривать как функцию отображения с необходимыми корректировками и весовыми коэффициентами в данный момент времени t .

Прошлый опыт — главный фактор в формировании интуиции сущности или человека. Мозгу нужно просто сопоставить его с прошлым опытом, и результат отправляется обратно пользователю после незначительного изменения ответа. Мозгу постоянно удается изу-

чать процесс и сохранять ценность из прошлого опыта. Он также может выработать несколько интерпретаций одного и того же опыта по прошествии определенного периода времени. Это может быть связано с изменением приоритета элемента, важности или даже отображения в качестве правильного результата интуиции. Например, в игре в футбол мозг разработал два способа найти возможного победителя матча. Один из способов — использовать обычный процесс, в котором прошлые статистические данные просматриваются и понимаются, например, прошлые игры, выигранные или проигранные каждой стороной, игроки и их сильные стороны и т.д. Во втором методе мозг смотрит на команды и просто отображает их на прошлый опыт аналогичен текущей проблеме, но не обязательно идентичен ей (например, команда в синих футболках выглядит лучше из-за другого опыта, не связанного с футболом). Отображение возвращает значение на основе уровня достоверности, приоритета и уровня важности. Таким образом, точность интуиции зависит от правильного выбора опыта, который соответствует текущему сценарию, уверенности и важности для мозга проблемы. Если они верны, то интуиция дает правильную оценку.

Этапы представленной модели интуиции выглядят следующим образом:

1. Получить элемент из набора задач.
2. Получить элемент из набора опыта на основе сопоставления.
3. Определить важность, приоритетность процессов, чтобы получить вероятностную ценность зависимых мыслительных процессов.
4. Таким же образом преобразовать вторичные мыслительные процессы (основанные на интуиции или нормальных процессов) в формулы. Необходимо также обратить внимание на то, что это такие процессы будут зависимыми.
5. Применить поправочный коэффициент ко всем рассматриваемым процессам. Вычислить окончательный ответ.
6. Проверить, есть ли какие-либо внешние воздействия, которые изменяют значения, и затем представить ответ пользователю после этих окончательных настроек. Они могут включать психическое равновесие человека или машины, мыслительную способность (интуицию) и т.д.

Формула для поиска результата задачи, основанной на интуиции, имеет следующий вид:

$f(x) t = \text{отображение } F_n(f(x) t) + \text{поправочный коэффициент}$, где

Отображение $F_n(f(x) t) = [P(\text{IP} / \text{NP}) * \text{Важность}(\text{IP}) + \text{Приоритет}(\text{элемент набора опыта})] + [\text{значение эле-}$

мента набора опыта] + P (Внешние факторы изменений), где

$f(x) t = \text{функциональное представление интуиции}$ в момент времени «t».

P (IP / NP) = Вероятность того, что ИП происходит в присутствии НП. ИП не может существовать или происходить без предварительного присутствия или выполнения процесса НП. Необходимо обращать внимание, что может быть несколько обычных процессов, зависящих от одного интуитивного процесса.

IP = процесс, основанный на интуиции. Он который управляет моделью, основанной на интуиции.

NP = нормальный процесс. Это процесс, который отвечает за нормальное функционирование мозга. Он представляет собой нормальные расчеты и логическое мышление. Реализация процесса мышления может использовать такие алгоритмы, как нейронные сети, древа решений, байесовский вывод, скрытые марковские модели и т.д.

Priority (элемент набора опыта) = Этот термин определяет приоритет элемента набора экспериментов (набора опыта и знаний), который был сопоставлен с элементом набора проблем в качестве решения.

Imp (IP) = Эта переменная определяет важность ИП-процесса для заданного значения конкретного элемента проблемы.

Значение элемента набора Exp (или Experiment) — значение элемента, которое наилучшим образом определяет прошлый опыт, совпадающее с ближайшим элементом набора проблем, представленным в настоящее время.

P (Фактор внешних изменений) — Изменения внешних факторов, влияющих на окончательный процесс интуиции.

При моделировании необходимо обращать внимание, что все значения в приведенных выше формулах представлены по шкале (1–10), за исключением фактического, желаемого результата и «t». Приоритет и важность — две разные переменные в приведенных выше формулах. В данном случае необходимо рассмотреть 3 элемента, которые идентифицируют наиболее близкие из возможных значений решения для данного набора проблем. При этом необходимо выбирать то значение, которое имеет наивысший приоритет (или близость к проблеме). Кроме того, важность в данном случае определяется «важностью значения элемента для

темы». Таким образом, элемент может иметь высокий приоритет для данной проблемы, но его значение процесса интуиции (ИП) может быть низким по важности для проблемы.

Набор задач объясняет проблему, которую здесь необходимо решить. Это текущая проблема по отношению к пользователю. Рассмотрим элемент набора задач А «\$» как текущую задачу. Как показано на рисунке 1, ИП теперь должен идентифицировать значение элемента набора знаний. Предположим, что в данном следует учитывать символ «#». Таким образом, значения в уравнении выглядят следующим образом:

$f(x) t =$ отображение $F_n(f(x) t) +$ поправочный коэффициент, где

Отображение $F_n(f(x) t) = [P (IP / NP) * \text{Важность (IP) + Приоритет (элемент набора опыта)}] + [\text{значение элемента набора опыта}] + P (\text{Внешние факторы изменений})$

В этом случае проистекает только один нормальный процесс, влияющий на процесс интуиции, поскольку это просто символическое отображение. Таким образом, в качестве примера можно получить:

1. $P (IP / NP) = 7/10$ (это вероятностное значение и означает, что вероятность того, что ИП существует, когда уже присутствует НП)
2. Важность (ИП) = $8/10$.
3. Приоритет (элемент набора опыта) = $7/10$
4. Значение элемента набора опыта = #

5. P (факторы внешних изменений) = $8/10$

Отображение $F_n(f(x) t) = [7/10 * 8/10] + 7/10 + \# + 8/10$

Отображение $F_n(f(x) t) = 0,78 + 0,7 + \# + 0,8$

Отображение $F_n(f(x) t) = 2.28 + \#$

Таким образом, мы имеем значение $2.28 + \#$. Необходимо обращать внимание на то, что ответ означает изменение на $2,28$ единицы отображаемого значения элемента набора опыта. Если «#» был числовым элементом, то ответ 2.28 будет добавлением к отображаемому элементу. Таким образом, если $\# = 70$, то ответ модели интуиции будет $70 + 2,28 = 72,28$. Если # был символом, то 2.28 будет изменением значения символа или атрибутов.

Таким образом можно сделать вывод, что интуиция, когда возникает проблема, отображается на элемент набора знаний (прошлый опыт) из мозга. Этот элемент будет иметь атрибуты и значения, определяющие всю его структуру и функцию. Одним из основных моментов в приведенном выше алгоритме является возможность отображения элемента набора опыта на элемент набора проблем. Логические процессы вычисляют весь процесс как логические объекты. Однако модель интуиции отображает прошлый опыт, обрабатывает его с корректировками и затем представляет пользователю. Некоторые методы, такие как байесовские и нейронные сети, а также скрытые марковские модели, рассматривают использование логических процессов при их реализации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Клименко Р.В. Феномен машинного обучения в современной философской литературе // Философские проблемы информационных технологий и киберпространства. 2018. № 1 (14). С. 37–51.
2. Крючин О.В. Искусственные нейронные сети и кластерные системы. Реализация нейросетевого симулятора // Вестник российских университетов. Математика. 2010. № 1. С. 1–6.
3. Черкасов Д.Ю., Иванов В.В. Машинное обучение // Наука, техника и образование. 2018. № 5 (46). С. 1–3.
4. Friederich P. Scientific intuition inspired by machine learning generated hypotheses // AI Journal. 2020. № 3. P. 74–89.
5. H.A. Simon. Making management decisions: The role of intuition and emotion // Academy of Management Executive. № 1. 2012. P. 57–64.
6. Kahneman D. A Perspective on Judgment and Choice // American Psychologist. 2003 № 58(9). P. 697–720.
7. Kolata G. How can computers get common sense? // Science 24. 1982. № 217 P. 1237–1238.
8. McCarthy J. Mathematical Logic in Artificial Intelligence // Daedalus. 2013. № 17. P. 66–74.
9. Minsky M. The Emotion Machine: Commonsense Thinking, Artificial Intelligence, and the Future of the Human Mind. Simon and Schuster. 2006. 215 p.
10. Wang P. Reasoning in Non-Axiomatic Logic: A Case Study in Medical Diagnosis // AI Journal. 2018. № 21. P. 22–37.

© Сунь Силун (sasha.7s@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

КОРРЕКТИРОВКА АУДИОСИГНАЛА ПРИ МОНТАЖЕ АУДИОЗАПИСЕЙ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ AUDACITY®, ИСПОЛЬЗУЯ МУЛЬТИФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ NYQUIST

Таран Василий Васильевич

К. культурологии, Лаборатория компьютерного
дизайна и прикладной информатики «SPLASH»; ФГБУН
«Всероссийский институт научной и технической
информации РАН»
allscience@lenta.ru

**AUDIO SIGNAL ADJUSTMENT
WHEN EDITING AUDIO RECORDINGS
IN THE AUDACITY® SOFTWARE
ENVIRONMENT, USING NYQUIST
PROGRAMMING LANGUAGE
MULTIFUNCTIONALITIES**

V. Taran

Summary. The scientific article analyses engineering (applied) practices of computer sound editing based on the Audacity® software package. Key element of the analysis are the processes of adjusting smooth interval transitions of spectrum-frequency amplitude of audio signal from the state of low frequency potential is increased and vice versa when computer editing of audio recordings. The main tool for adjusting the audio signal is Nyquist programming language. Subject area of the article addresses the problem of improving the quality of processing fragments of audio material subject to various types of smooth direct polar fading and crossfading (including both polar and crossfading modulation of audio signal) based on the in-program capabilities of the Audacity® audio editor, including its terminal control via NyquistPrompt. The article summarizes and reveals the enormous potential of accurate computer editing based on freely distributed software and improves the existing engineering approaches to the processes of fading and crossfading. Strategies for using the Nyquist language programming code as a special ultra precise tool organically following-up the traditional interface-oriented program options are justified. An important role of the processes dealing with control and management during the routine operations in the field of applied audio engineering that contribute to the improvement of general engineering approaches that ensure timely solution of tasks is assigned in the article too.

Keywords: computer processing of audio material, spectrum-frequency amplitude, fading, crossfading, Audacity®, Nyquist, NyquistPrompt.

Аннотация. Научная статья посвящена анализу инженерных (прикладных) практик компьютерного редактирования звука на основе программного комплекса Audacity®. Ключевым звеном анализа являются процессы корректировки плавных интервальных переходов спектро-частотной амплитуды аудиосигнала из состояний заниженного частотного потенциала — к повышенному и наоборот в условиях компьютерного монтажа аудиозаписей. В качестве основного инструмента корректировки аудиосигнала выступает язык программирования Nyquist. В своей предметной области статья затрагивает проблематику повышения качества обработки фрагментов аудиоматериала, подлежащих различным типам плавных прямых полярных и перекрёстных затуханий (в том числе при полярной модуляции и перекрёстной модуляции аудиосигнала) на основе внутри-программных возможностей аудиоредактора Audacity®, включая его терминальное управление посредством NyquistPrompt. Структура статьи обобщает, систематизирует и раскрывает колоссальный потенциал возможностей точного компьютерного редактирования на основе свободно распространяемого программного обеспечения, усовершенствуя ныне существующие инженерные подходы к процессам фейдинга и кроссфейдинга. Обоснованы стратегии применения программного кода языка Nyquist, как специального ультра точного инструмента, органично дополняющего традиционные интерфейсно-ориентированные опции программы. Немаловажная роль в статье отводится процессам, контролирующим общий ход выполнения рутинных операций в области прикладной аудиоинженерии, способствующих усовершенствованию инженерных практик, обеспечивающих своевременное решение поставленных задач.

Ключевые слова: компьютерная обработка аудиоматериала, спектро-частотная амплитуда, фейдинг, кроссфейдинг, Audacity®, Nyquist, NyquistPrompt.

Современные компьютерные программы обработки аудиоматериала имеют внушительный арсенал средств, помогающих звукооператору (звукорежиссёру или ассистенту по аудиомонтажу) воплощать творческие замыслы в практической плоскости. За по-

следние несколько десятилетий компьютерные науки и аудиоинформатика смогли существенно улучшить прикладные технологии обработки аудиоданных, акцентировав внимание на объектно-ориентированных программных и аппаратно-программных компьютерных решениях.

В последнее десятилетие объектно-ориентированные программы имеют особый успех в профессиональных и дилетантских кругах любителей компьютерной техники. И это вполне объяснимо, потому как их интерфейс в большей степени позволяет выполнять различные операции без привязки к языкам программирования¹, которые могут быть разного уровня сложности и иметь отличные друг от друга технические характеристики. Заниженный потенциал терминального управления программой и перевод её на интерфейсно-зависимую основу открывает особые возможности для специалистов, чья область деятельности не связана напрямую с компьютерными науками и информационно-коммуникационными технологиями.

Кроме того, мозг человека устроен таким образом, что наглядные чётко выстроенные схемы, либо определённые предписания, правила и инструкции позволяют человеку лучше воспринимать информацию и последовательно её обрабатывать. Вместе с тем хочется отметить, что любая компьютерная программа это, прежде всего алгоритм, который впоследствии должен быть грамотно и желательно быстро интерпретирован вычислительной машиной, что, в свою очередь, также способствует качеству обработки информации при проектировании и расчёте аудиоматериала [1].

С точки зрения человека (компьютерного пользователя, оператора звука) быстрый и понятный для восприятия отклик программы позволит лучше ориентироваться в происходящих технических процессах и соответственно эффективнее управлять ими. За визуальное отображение технической информации в архитектуре любой программы отвечает её интерфейс. Чем выше его качество (краткость и информативность выдаваемых пользователю программы сообщений, правильное расположение управляющих элементов программы, симметрично и геометрически правильно подобраны отображаемые управляющие модули и элементы) тем быстрее протекают процессы принятия решений человеком — оператором. Иными словами, усовершенствуется качество *технической коммуникации* между оператором и вычислительной машиной — компьютером². Именно поэтому современный вектор

¹ Прим.автора. Концепции «интерфейсно-ориентированности» и «объектно-ориентированности» во многом схожи, различие состоит лишь в том, что объектно-ориентированные программные среды, способны манипулировать языками программирования различной степени сложности, используя интерфейс программы как командную оболочку, тем самым позволяя пользователю — программисту составлять программы по принципу конструктора, подключая уже готовые библиотеки и прочие технические составляющие.

² Прим. автора. В настоящее время преимущественно компьютером, в силу многоаспектности выполнения поставленных перед ним задач. Современные бытовые компьютеры (персональные компьютеры) и рабочие станции (станции digital-проектирования) способны решать

развития компьютерных наук и информационно-коммуникационных технологий (включающих в себя телекоммуникационные услуги) направлен на объектно-ориентированные компьютерные системы.

Но, к сожалению, объектно-ориентированные компьютерные редакторы, располагающие довольно развитым программным интерфейсом, не всегда могут разрешать узконаправленные проблемы. Как правило, эти проблемы связаны с креативной стороной вопроса. В области обработки звука здесь речь идёт, в первую очередь, о дизайне, редизайне, аудиосинтезе, очистке аудиоматериала (полном или частичном восстановлении акустического спектра) и нестандартном микшировании аудиофрагментов [2,3].

Поскольку мы подразумеваем современные компьютерные программы по обработке аудиоматериала, то их интерфейс в большей степени ориентирован на выполнение стандартных (рутинных) операций (нормирование амплитуды звука аудиодорожек, исправление отклонения стерео и моно дорожек от центральной вводной фазы³, наложение различных специальных эффектов, стандартные процедуры коррекции аудиоформы и т.д.). Такие интерфейсно-ориентированные опции очень полезны, если оператор монтажа выполняет стандартные (утилитарные) действия по обработке аудиосигнала. И немного иначе дела будут обстоять в ситуации, когда оператор захочет расширить собственные креативные возможности за счёт скрытого потенциала программы.

огромное количество сложных и утилитарных задач, выполняя вычисления одновременно (в некоторых случаях могут использоваться параллельные и мультипараллельные вычисления), данное обстоятельство существенно отличает компьютеры от вычислительных машин, которые были популярны и широко использовались в середине 50-х годов двадцатого века. Отличие также состоит и в аппаратной архитектуре вычислительной машины (ограничение по мощности вычисления, либо чересчур мощная оснастка для вычислений), которая, как правило, также заточена под выполнение конкретных операций и ориентирована на специализированную операционную систему. Компьютеры (в силу своей многозадачности) способны эффективно решать задачи прикладного характера в области аудиоинженерии и обработки аудиоданных повышенной сложности.

³ Прим. автора. Отклонение аудиоданных от центральной вводной фазы является наиболее распространённой погрешностью при записи аудиоматериала, имеющего различный тип спектро-акустических свойств. Причины данной погрешности ввода аудиоданных в компьютерную звукозаписывающую программу могут быть разные: задержка аудиосигнала на входе (вызванная неправильной аппаратной коммутацией оборудования или программной маршрутизацией аудиосигнала — цепочка драйверов → операционная система ↔ аудиоредактор), неправильная настройка микрофонов (особенно тех, которые имеют встроенную функцию фазокоррекции и промежуточного затухания входящего аудиосигнала для устранения шипящих и фоновых пауз между произнесёнными на микрофон словами или куплетами) и т.д. Кроме того, причины могут крыться и в неправильной программной конвертации аудиоматериала, часто приводящей к смещению аудиоданных от центральной фазы, проблема проявляется при конвертации аудиоматериала из одного оригинального аудиоформата (к примеру, WAV) в другой (MP3, OGG).



Рис. 1. Логотипы программы Audacity® олицетворяющие её эволюционное развитие. В середине ныне действующий логотип.



Рис. 2. Логотип обучающей продукции Audacity® для онлайн и оффлайн каталогов
(Логотип построен автором, с оригинального макета находящегося по адресу: https://www.microsoft.com/ru-ru/p/audacity-user-guide/9pjzwlx9zrxj?cid=msft_web_appsforwindows_collection&activetab=pivot:overviewtab)

Конечно, на рынке программной продукции сегодня представлен обширный пул программ специального назначения (включая редакторы по обработке звука). И в зависимости от лицензионных регламентов, нормы которых регулируется их распространение, имеется возможность выбора подходящего для подобных операций продукта. Одним из таких ярких продуктов, получившим широкое распространение в сети Интернет и зарекомендовавшим себя среди специалистов, чья рабочая деятельность связана с компьютерной обработкой аудиоданных, является программный комплекс Audacity®¹.

Программный комплекс Audacity® — это специализированное кроссплатформенное свободно распространяемое программное обеспечение, призванное решать задачи начального, среднего и высшего уровня в области компьютерного монтажа аудиоматериала и обработки аудиосигнала нелинейным путём.

Audacity® имеет развитую электронную образовательную оболочку, позволяющую пользователям

¹ Audacity® — официальный сайт, компьютерного аудиоредактора: www.audacityteam.org.

на интуитивно понятном уровне управлять процессами обработки звука. Именно поэтому в Audacity® имеется огромное количество внешних гиперсвязей, реализуемых через вкладки «Краткая справка» и «Подробная справка», позволяющих оперативно находить информацию, необходимую пользователям программы.

Audacity® — это как раз тот самый случай, когда аудиоредактор имеет расширенный программный интерфейс и обладает достаточным арсеналом встроенных модулей спектрочастотной и сонограммно-амплитудной обработки аудиосигнала, которые можно свободно применять при проведении стандартных и нестандартных процедур, направленных на улучшение качества аудиоматериала, а также удобно совмещать собственную интерфейсно-ориентированную систему с внешними вспомогательными средствами обработки аудио — NyquistIDE.

Несомненно, приведённая выше характеристика рассматриваемого нами программно-технического средства способствует и повышению точности корректировки обрабатываемого аудиосигнала при всех видах монтажа различных фрагментов аудиоматери-

ала. Речь идет, прежде всего, о расширении¹ технических средств (модулей) обработки звука за счёт дополнительной программной базы, выполненной как отдельное приложение (NyquistIDE), так и имеющее интеграционные связи непосредственно с редактором обработки аудиоматериала (Audacity®/Nyquist Prompt).

NyquistIDE это интегрируемая среда разработки, позволяющая разрабатывать новые мини аудиопрограммы, командные сценарии (в виде макросов), утилиты и аудиоприложения, которые могут быть загружены как отдельные компоненты, так и как компоненты, имеющие связи с внутрисрединной архитектурой Audacity® [4].

Nyquist Prompt это встроенный модуль, интерпретирующий последовательность действий программного кода языка Nyquist². Фактически Nyquist Prompt выполняет функции программного менеджера языка программирования Nyquist внутри программы Audacity®. Сам же язык программирования Nyquist в основном базируется на диалекте языка LISP³—XLISP, что существенно расширяет композиционную базу декларативного программирования на данном языке.

Язык программирования Nyquist успешно зарекомендовал себя как язык для синтеза аудиоматериала, поскольку имеет широкие возможности для проведения лабораторных исследований звука (написания отдельных модулей для программы Audacity® в рамках Nyquist-плагинов) и генерации новых сигналов в отдельной среде NyquistIDE. Также Nyquist это и инженерный язык, позволяющий контролировать процессы обработки аудиосигнала с ювелирной точностью внутри программной среды Audacity® посредством Nyquist Prompt.

С авторской точки зрения, язык программирования Nyquist является одним из передовых узкоспециализированных средств, способный решать достаточно

¹ Прим. автора. Программа также хорошо взаимодействует с интегративными средами VST и LADSPA/LV2.

² Прим. автора. Важным моментом является то, что язык программирования Nyquist встроен в программу Audacity® и его широкие инженерные возможности можно реализовывать внутри самой программы, предварительно отладив алгоритм действий в NyquistIDE. Отладка программного кода потенциального модуля обработки аудиоданных в среде NyquistIDE позволит избежать ошибок обработки данных в Nyquist Prompt (уже как приглашение языка программирования Nyquist внутри Audacity®).

³ Прим. автора. Далее в статье автор упоминает название демонстрируемого языка программирования с большой буквы и дальнейшим строчным написанием — Lisp. Это объясняется историческими причинами его развития. Первоначально он именовался как LISP, но более свежие его версии и дополнения идут в каталогах с названием «Lisp». Поэтому в статье автор руководствуется преемственностью и по историческим причинам в начале упоминает его как «LISP», а далее в более современном варианте — «Lisp».

сложные задачи, это утверждение делает предпочтительным Nyquist и для аудиоинженерии в целом, открывая возможности не только для внутрисрединной прикладной обработки аудиоматериала в Audacity®, но и совершенствуя механизмы потоковых аудиотрансляций посредством управления аудиоформатами [5,6].

В рассматриваемом нами языке действительно скрыт огромный мультифункционал многолетних инженерных практик обработки звука, вобравших в себя лучшее из них и воплотившийся в современный узкоспециализированный технический язык, способный достаточно оперативно решать поставленные задачи. Такое положение дел значительно расширяет традиционный интерфейсно-ориентированный функционал программы за счёт интеграции программных сценариев и микропрограмм (модулей обработки звука) непосредственно в сам аудиоредактор. К примеру, программный код, имеющий описание подключаемого модуля составленный программистом на языке Nyquist, имеет возможность функционировать как отдельное приложение в NyquistIDE, так и как зависимая часть программы (внутренний подключаемый модуль) в среде аудиоредактора Audacity® через посредничество встроенного проводника выполнения команд Nyquist Prompt.

Важной задачей в области полноценного компьютерного аудиомонтажа является обеспечение всеобъемлющего контроля над процессами повышения и понижения многочастотной амплитуды аудиосигнала на определённом отрезке времени⁴, что характерно для студийных процедур обработки аудиосигнала, проводимых с целью создания плавных переходов между аудиодорожками, либо при дизайн-проектировании сложной аудиоформы — для уточнения затухания отрезка времени аудиоматериала (обычно это последняя часть аудиокомпозиции либо начало трека для плавного введения нелинейного аудиопотока).

В Audacity®, как и в любом подобном профессиональном аудиоредакторе, имеются специальные интерфейсно-ориентированные модули управления затуханием аудиоматериала⁵ Adjustable fade, Crossfade

⁴ Прим. автора. То есть корректировка затуханий и нарастаний начальных и конечных фрагментов аудиосигнала.

⁵ Прим. автора. Основным отличием Audacity® от других профессиональных программных решений в данной области является возможность внутренней программной корректировки вводимых значений и тонкой подстройки исполнения алгоритмом просчёта применяемого к звуковому наполнению эффекта. Такой контроль устанавливается, прежде всего, за счёт внутренней интегрированной системы управления модулями Nyquist Prompt. Ввод команд может происходить, не отрываясь от объектно-ориентированной формы модуля (плагины), тем самым можно устанавливать необходимые зависимости и корректировать вводимые значения, подкрепляя визуализацию исполняемых оператором действий, регистрацией

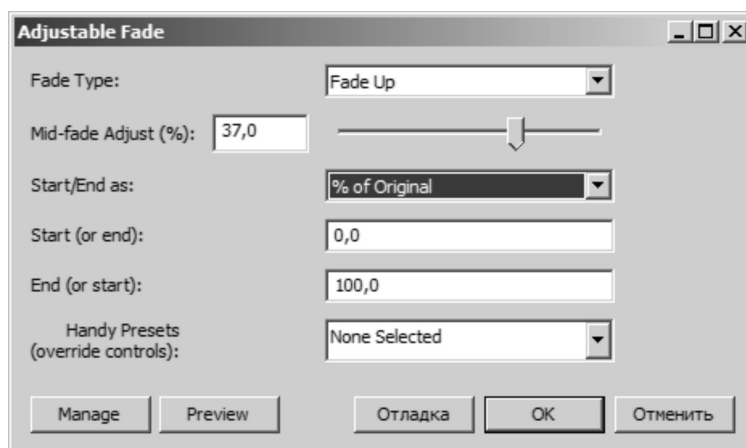


Рис. 3. Интерфейс модуля обработки аудиоданных Adjustable fade.

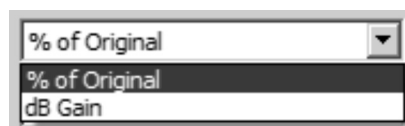


Рис. 4 Опция интерфейса модуля обработки аудиоданных Adjustable fade «Start/End as», показывает процент от оригинала и мощность в Децибелах.

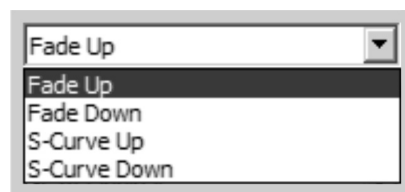


Рис. 5. Опция интерфейса модуля обработки аудиоданных Adjustable fade «Fade Type», меню демонстрирует список предусмотренных алгоритмом типов затуханий.

tracks, Crossfade Clips и Studio Fade Out, Fade In, Fade Out. Мы проведём технический анализ функциональных возможностей программного кода, написанного на языке программирования Nyquist с целью понимания процессов обработки аудиосигнала программным путём. Изменение программного кода данных модулей¹, с авторской точки зрения, позволит эффективнее

событий на языке программирования Nyquist. Конечно, данная функция в большинстве своём доступна профессионалам, поскольку необходимы знания Lisp, некоторых его диалектов (XLISP) и других Lisp-ориентированных языков. Помимо этого неплохо было бы ещё ориентироваться в синтаксисе языков SAL и Nyquist, но усвоенные по данным языкам знания (в сочетании с интерфейсно-ориентированным аудиоредактором Audacity®) откроют огромные возможности по редактированию аудиоматериала, и позволят раскрыть все креативные замыслы компьютерных аудиоинженеров, инженеров сведения, и аудиомонтажа.

¹ Прим. автора. Разумеется, в соответствии с лицензией на их использование. Большинство подобных модулей распространяется по общедоступной лицензии GNU LGPL, v.2.0. С информацией о Лицензии на русском языке можно ознакомиться в статье: Компьютерная очистка аудиоматериала штатными средствами программы Audacity® (программно-ориентированный

разрешать узкопоставленные задачи в области прикладной аудиоинженерии.

Adjustable fade (регулируемое затухание) — модуль отвечающий за регулируемое затухание аудиосигнала внутри программной среды Audacity®, модуль берёт на себя функции штатного плагина по обеспечению снижения либо увеличения частотной амплитуды аудиосигнала с возможностью регулирования степени нарастания и спада выделенных интервальных значений сонограммы.

Опционально модуль поддерживает два типа затухания Fade Up и Fade Down, которые имеют возможность формирования амплитуды от низкого уровня

подход) / В.В. Таран // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики (Серия естественные и технические науки) /// Информатика, вычислительная техника и управление. — 2020. — № 9. — С. 123–127 | разд. Приложение | [ISSN2223–2966]. (DOI 10.37882/2223–2966.2020.09.37).



Рис. 6. Опция интерфейса модуля обработки аудиоданных Adjustable fade «Mid-Fade Adjust (%)», бегунок устанавливает уровень в процентах.



Рис. 7. Опция интерфейса модуля обработки аудиоданных Adjustable fade «Mid-Fade Adjust (%)», бегунок устанавливает уровень в процентах, демонстрируемый уровень — 0.

к более высокому. Start/End as — данный раскрывающийся список позволяет выбирать между процентами (%) или децибелами (дБ) в качестве единиц измерения, которые ниже будут использоваться в полях параметров Start и End.

Последние два текстовых поля должны содержать по одному номеру в каждом. Они определяют начальное и конечное усиление (величину усиления или степень затухания). Неважно, вводятся ли они с начальным усилением в первом текстовом поле и конечным усилением — в последнем, либо наоборот, поскольку направление затухания определяется положением «Fade Type» которое санкционирует выбор модели затухания.

Fade Type — фактически устанавливает режим процентного соотношения (нарастания/спада) от исходной амплитуды либо предоставляет возможность регулировки громкости в Децибелах (% of Original, dB Gain).

Fade Up — призван обеспечить линейное (простое) плавное усиление от установленного значения с низким коэффициентом усиления до установленного значения с высоким коэффициентом усиления.

Fade Down — наоборот призван обеспечить линейное (простое) плавное затухание¹ кривой от установленного значения с высоким коэффициентом усиления до установки с более низким коэффициентом усиления.

¹ Прим. автора. Линейные затухания — эти основные затухания их применяют к выбранному звуку таким образом, что амплитуда выбора переходит от абсолютной тишины к исходной амплитуде (Нарастание) или от исходной амплитуды к абсолютной тишине (Затухание). Форма затухания линейна, поэтому она выглядит как прямая линия от начала до конца (при просмотре в режиме Waveform View Mode по умолчанию). Таким образом, скорость нарастания или затухания является постоянной на протяжении всей длины аудиоматериала, и она также полностью зависит от длины отметки, выбранной для затухания.

Помимо опций Fade Up и Fade Down, модуль располагает и подопциями S-Curve Up и S-Curve Down. S-Curve Up — формирует двойную кривую, которая изгибается в разные стороны. Данная подопция повышает уровень громкости потом прогрессивно (более круто) уровень будет повышаться к середине затухания, прежде чем постепенно уравниваться. Работа со средними точками (в режиме S-Curve) довольно хорошо описана в руководстве пользователя Audacity® [7,8]. Некоторые профильные вопросы, касающиеся, прежде всего, микширования звука, также хорошо изложены в книге (русс. назв. Книга об Audacity®: запись, редактирование, сведение и мастеринг (со свободным аудиоредактором) [9]. S-Curve Down — наоборот первоначально снижает уровень громкости, затем снижение продолжается (более круто) к середине затухания, прежде чем постепенно начнёт выравниваться. Опция Mid-fade Adjust (регулировка среднего затухания) позволяет контролировать и вести расчёт изменения формы затухания в зависимости от её выбора в раскрывающемся меню Fade Type.

Регулятор управления имеет диапазон от -100,0 до 100,0%. По умолчанию движок находится в положении 0%, установка регулятора управления на уровне больше нуля приводит к поднятию центра затухания, в то время как при отрицательных значениях вектор движения центра затухания будет направлен вниз. При использовании «Fade Type: = Fade Up» (значение ноль по умолчанию приведёт к линейному затуханию аудиосигнала).

Далее рассмотрим, некоторые опциональные характеристики, соответствующие функциям меню:

1. Значения, превышающие ноль, сначала приведут к быстрому росту затухания, прежде чем выровняются до более высокого уровня усиления.
2. Значения меньше нуля, сначала приведут к медленному росту затухания, а затем постепенно к более быстрому его росту.

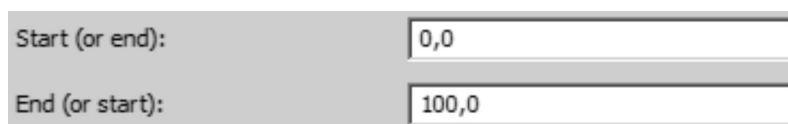


Рис. 8. Опция интерфейса модуля обработки аудиоданных Adjustable fade, меню установки значений «Start (or end)/End (or start)».

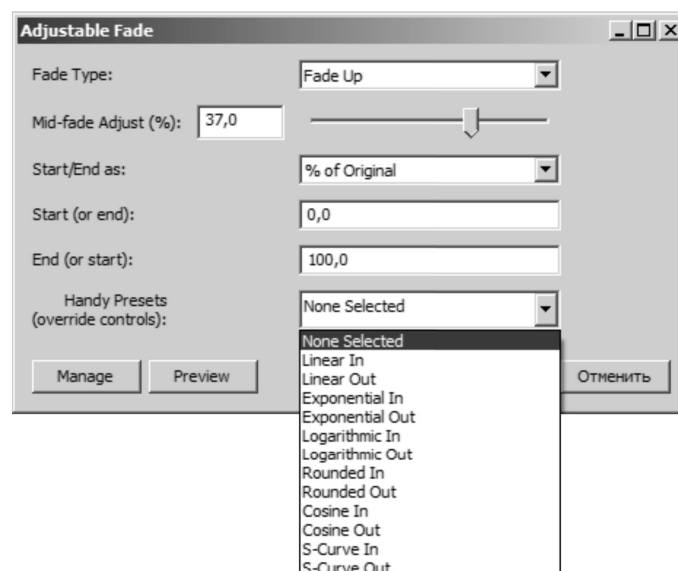


Рис. 9. Опция интерфейса модуля обработки аудиоданных Adjustable fade Handy Presets (override controls), демонстрирует раскрывающийся список различных геометрий затухания аудиосигнала.

3. Чем дальше от нулевого уровня установка, тем более искривлённым будет затухание.
4. Среднее усиление затухания никогда не будет меньше начала затухания или больше конца затухания.

Когда мы используем «Fade Type: = Fade Down» (значение ноль, по умолчанию, приведёт к линейному затуханию аудиосигнала). Далее рассмотрим некоторые *опциональные характеристики*, соответствующие функциям меню:

1. Значения, превышающие ноль, заставят затухание снижаться сначала постепенно, а затем все более резко по мере приближения к конечному фазовому уровню.
2. Значения, меньше нуля, заставят затухание сначала быстро снижаться, а затем постепенно выравниваться.
3. Чем дальше от нулевого уровня установка, тем более искривленным будет затухание.
4. Усиление среднего затухания никогда не будет больше начала затухания или меньше конца затухания.

5. При использовании «Fade Type: = S-Curve Up или S-Curve Down» на полпути через затухание усиление будет точно на полпути между начальной точкой и конечной точкой.
6. При значениях больше нуля затухание сохранит свой характер «двойной» кривой, но будет немного выше в средней точке.
7. При значениях ниже нуля затухание сохранит свой характер «двойной» кривой, но будет немного ниже в средней точке.

Поля Start (or end) — End (or start) используются для контроля значений конечного коэффициента.

Start (or end) — позволяют устанавливать начальный либо конечный коэффициент усиления. При использовании процентных единиц значение по умолчанию 0 — (тишина), означает начало затухания от тишины¹.

¹ Прим. автора. Что бы детально изучить опции штатного модуля, предназначенного для выполнения операций по видам затухания аудиосигнала, можно сгенерировать «белый шум» и применять данные опции последовательно, на фонограмме будет видно, какая из опций является подходящей для обработки звука.

Таблица 1. Ручные предустановки и краткая расшифровка их действий.

№	Предустановки	Инструкции
1	None Selected	Настройка вручную/ Функциональны: Тип затухания, Средняя регулировка затухания, настройки Начало — Конец.
2	Linear In	То же самое, что и эффект Fade In.
3	Linear Out	То же самое, что и эффект Fade Out.
4	Exponential In	Уровень растёт экспоненциально, также как и при использовании Envelope Tool.
5	Exponential Out	Уровень экспоненциально снижается, также как и при использовании Envelope Tool.
6	Logarithmic In	«Выпуклая» кривая, растущая умеренно круто, а затем всё менее круто от тишины.
7	Logarithmic	«Выпуклая» кривая, сначала снижающаяся умеренно, а затем более быстро.
8	Rounded In	«Выпуклая» кривая, которая от тишины сначала растёт резко, а затем менее резко.
9	Rounded Out	«Выпуклая» кривая, которая сначала постепенно опускается от начального уровня, затем постепенно всё более резко переходит к довольно крутому концу.
10	Cosine In	«Выпуклая» кривая, растущая умеренно круто от тишины, а затем постепенно выравнивается, чтобы создать плавный переход к исходному уровню.
11	Cosine Out	«Выпуклая» кривая с плавным переходом от исходного уровня, а затем все более круто снижающаяся до тишины.
12	S-Curve In	«Двойная» кривая с мягким переходом от тишины, затем растущая всё более резко, после чего выравнивается, чтобы обеспечить плавный переход к исходному уровню.
13	S-Curve Out	«Двойная» кривая, создающая плавный переход от исходного уровня, постепенно снижающаяся всё быстрее, затем выравнивается, чтобы обеспечить плавный переход к тишине. Аналогично эффекту Studio Fade Out.

End (or start) — позволяет установить конечный (или начальный) коэффициент усиления. Когда мы используем процентные единицы значение по умолчанию 100 (исходный уровень или единичное усиление) даёт возможность окончательного затухания в полном его объёме. Модуль поддерживает изменяемые настройки в ручном режиме (Handy Presets (override controls)) и позволяет пользователю (оператору по компьютерному монтажу звука) выбирать фиксированные предустановленные формы кривых¹: линейную, экспоненциальную, логарифмическую, закругленную, косинусную и S-образную.

¹ Прим. автора. Выбор предустановленных кривых приведёт к переопределению всех других диалоговых окон настройки параметров для этого эффекта. Чтобы сделать другие параметры работоспособными, вам нужно будет установить режим «None Selected» из этого раскрывающегося списка.

Все предустановки² контролируют рост от тишины до исходного уровня, либо затухание от исходного уровня до тишины. Следует обратить внимание, что в отличие от эффектов Fade In³ и Fade Out⁴ в верхней части меню Эффектов, этот эффект будет рассматривать пустое пространство в выбранной области как тишину,

² Прим. автора. Настройки предполагают, что Start и End задаются как «% of Original». Обратите внимание, что порядок настроек «Start» и «End» не имеет значения.

³ Прим. автора. Fade In — нарастание часто применяется в течение очень короткого выбора звука (менее секунды). Вы можете получить более «музыкальный» результат, применяя линейное нарастание в три раза чаще к одному и тому же звуковому выбору. Это приблизительно соответствует экспоненциальной форме нарастания.

⁴ Прим. автора. Fade Out — затухание часто применяется к более длительному выбору, чем нарастание, обычно к выбору (длиной до десяти секунд).

Таблица 2. Предполагаемые акустические эффекты, достигаемые в результате использования модуля обработки аудиосигнала Adjustable fade по типу затухания.

Желаемый Эффект	Тип Затухания	Регулировка Среднего Затухания(%)	Начало (или Конец)	Конец (или Начало)	Область применения
Линейное нарастание от тишины до исходного уровня	Fade Up	0	0	100	Сведение, мастеринг, реставрация аудиоматериала
Линейное затухание от исходного уровня до тишины	Fade Down	0	0	100	Сведение, мастеринг, реставрация аудиоматериала
Линейное затухание от исходного уровня до половины объема	Fade Down	0	50	100	Сведение, мастеринг, реставрация аудиоматериала
Экспоненциальное затухание аналогичное использованию Envelope Tool	Fade Down	Менее 0	0	100	Сведение, мастеринг, реставрация аудиоматериала
Затухание для перекрестного затухания равной мощности	Fade Down	+50	0	100	Сведение, мастеринг, реставрация аудиоматериала
Нарастание для перекрестного затухания равной мощности	Fade Up	+50	0	100	Сведение, реставрация аудиоматериала
Аналогия эффекту «Studio Fade Out»	S-Curve Down	0	0	100	Сведение, мастеринг, реставрация аудиоматериала
Плавное изменение от половины исходного объёма к объёму вдвое превосходящему исходный	S-Curve Up	0	50	200	Сведение, мастеринг, реставрация аудиоматериала

поэтому важно выбрать именно ту область, к которой вы хотите применить эффект (таблица 1).

Для наглядности примеров использования предустановленных настроек приведём список желаемых эффектов при использовании данного модуля

После приведённых примеров обратимся к интерфейсу модуля, конкретно к его клавишам управления.

На данном этапе мы постарались внимательно рассмотреть весь интерфейсно-ориентированный функционал модуля Adjustable fade (регулируемое затухание), и теперь самое время перейти к программно-ориентированному функционалу. Программно-ориентированный функционал программы Audacity® основывается как на сочетании технических средств внутренней архитектуры (Nyquist Prompt), так и на внешних модулях спутниках, помогающих вести разработку и гибкую корректировку¹ тех же модулей для *внутренней архи-*

¹ Прим. автора. Корректировка модуля должна производиться строго с соблюдением лицензионных соглашений языков программирования Nyquist и XLISP, перераспределение исходного кода Audacity® — с соблюдением лицензионного соглашения по Audacity®.

тектуры (Nyquist IDE/jNyquist.jar.). Данный аспект применительно к обработке аудиоматериала повышенной сложности значительно расширяет функционал штатных объектно-ориентированных модулей, позволяя решать задачи нестандартным путём. В нашем случае такой нестандартный путь лежит между задачами по оптимизации спектро-частотной амплитуды аудиосигнала и решением прикладных задач в области горизонтального и вертикального сведения аудиофрагментов. Рассмотрим несколько нестандартных обстоятельств (в области компьютерной аудиоинженерии), провоцирующих применение языка программирования Nyquist для решения крайне узконаправленных задач.

- ◆ Плавное снижение громкости спектро-частотной амплитуды при посекторном понижении низких частот².

² Прим. автора. Под плавным снижением громкости спектро-частотной амплитуды с посекторным понижением низких частот подразумевается ступенчатое выделение разделов (зарезервированного) конечного фрагмента аудиокomпозиции с целью выделения средних и высоких частот для обеспечения эффекта рассеивающей модуляции*.

* Эффект рассеивающей (спадающей модуляции) — процесс сложения затухающих средних и верхних частот (при уменьшении низких частот), эмитирующий уплотнение сходящего аудиосигнала для выделения (подчёркивания) фрагмента вокала, инструмента либо аранжировки. Эффект применяется в звукорежиссуре (при мастеринге) — для повышения

Таблица 3. Универсальные управляющие клавиши, используемые для контроля над процессами обработки аудиоматериала различными модулями программы Audacity®. Правый столбец таблицы кратко описывает их действия.

№	Клавиша управления	Инструкция
	Manage/ Управление	Показывает раскрывающееся меню, позволяющее управлять предустановками для инструмента и видеть некоторые детали об инструменте. Дополнительные сведения см. в разделе «Управление предустановками».
	Preview/ Предварительный просмотр	Позволяет предзагрузить предварительно обработанный модулем аудиоматериал. Предварительный просмотр проводит короткую предварительную демонстрацию того, как будет звучать звук, если эффект будет применен с текущими настройками, без внесения фактических изменений в звук. Продолжительность предварительного просмотра определяется вашими настройками в меню Edit > Preferences > Playback, установка по умолчанию — 6 секунд.
	Debug/Отладка	Отладчик применяет эффект к выбранному звуку с текущими настройками эффекта, но в отличие от «OK» эффект работает в режиме отладки. Это, в первую очередь, полезно при написании или редактировании плагинов Nyquist. Дополнительно к обычному поведению плагина открывается «окно отладки» для отображения сообщений об ошибках. Обычно окно отладки бывает пустым.
	OK	Применяет эффект к выбранному звуку с текущими настройками эффекта.
	Cancel/Отмена	Прерывает эффект и оставляет звук без изменений.

- ◆ Реверберация верхних частот при снижении громкости спектро-частотной амплитуды¹.
- ◆ Выделение из общего массива аудиоформы некоторых частот, соответствующих музыкальным инструментам или вокалу².

Для оперативного решения представленных нами задач и в принципе задач нестандартного типа необходимо проанализировать ход выполнения действий объектно-ориентированного модуля Adjustable Fade, с целью уточнения программного сценария изложенного на языке программирования Nyquist. Как мы уже заявляли чуть ранее, Nyquist очень много унаследовал от Lisp, поэтому для полного понимания описываемых в программном коде действий рекомендуем освежить в памяти структуру Lisp. Разработчики языка програм-

мирования Nyquist в предисловии к *официальному учебнику* рекомендуют труд Дэвида Турецкого (David Touretzky) как достаточно полное и схематичное издание о языке Lisp [10]. Но поскольку оно издано в 1990 году, мы осмелимся обратить внимание нашего читателя ещё на один хороший учебник Питера Сайбла³ (Seibel Peter) (Общая практика по Лиспу) [11]. И поэтому самое время обратиться к программному коду данного модуля (код 1).

Рассматриваемый нами программный код разработан Стивом Далтоном⁴ (Steve Daulton) и может использоваться (в практических целях) в соответствии с регламентами GNU General Public License version 2⁵.

качества общего фейдинга композиции и на стадии сведения — для повышения качества перекрёстных переходов между аудиокомпозициями и фрагментами аудиокомпозиций (композиционный строй).

¹ Прим. автора. Под реверберацией верхних частот при общем снижении громкости спектро-частотной амплитуды подразумевается настраиваемый микроотклик верхних частот в конечной (подлежащей фейдингу) аудиокомпозиции. Данный эффект необходим, когда требуется создать геометрию пространства для отдельно выбранного аудиофрагмента. Эффект позволяет совершенствовать акустические практики «присутствия».

² Прим. автора. Под выделением из общего массива аудиоформы некоторых частот, соответствующих музыкальным инструментам или вокалу, подразумевается процесс экструзии спектро-частотных аудиофрагментов. Эффект является универсальным в практике компьютерного редактирования звука и применяется в том числе для имитации разложения парного стереосигнала на фрагментарные мультисканалы. Как правило, данный эффект создаётся в аудиоредакторах в спектральном режиме редактирования аудиокомпозиций.

³ Прим. автора. Питер Сайбл — разработчик программного обеспечения, имеющий заслуженную репутацию в компьютерном мире, которая подтверждается солидным стажем работы. На заре развития Интернета увлекался хакерством, тестировал на устойчивость компьютерные программы. Он участвовал в процессе становления языка программирования Java в качестве одного из первых сотрудников WebLogic, которая после её приобретения BEA стала драйвером быстрого роста последней в сфере J2EE. Он также преподавал программирование на Java на курсах повышения квалификации в Калифорнийском университете в Беркли (UC Berkeley Extension). Является автором Практического общего руководства по LISP, изданного Apress.

⁴ Прим. автора. Стив Далтон (Steve Daulton), в музыкальном мире известен по прозвищу «Стив — скрипка» (Steve the Fiddle) — музыкант, композитор, звукорежиссер, звукооператор, программист и энтузиаст проекта Audacity® (основные интересы — разработка и отладка плагинов Nyquist). Он также является ведущим специалистом в области обнаружения и исправления ошибок Nyquist-плагинов в операционных системах Linux, MS Windows.

⁵ Прим. автора. Доработка программного кода и его изменение возможно только согласно приведённому соглашению с упоминанием первоначального авторства Nyquist-плагина.


```
(defun get-input (sig)
;; (if *previewp* sig (multichan-expand #'trim-input sig))
  (if (get '*track* 'view) ;NIL if preview
      sig
      (multichan-expand #'trim-input sig)))

(defun trim-input (sig)
"Trim input when previewing."
  (let ((dur (min (get-duration 1)
                  (get '*project* 'preview-duration))))
    (setf sig (extract-abs 0 dur *track*))))

;;; invalid values
(defun check-values (x y)
  (if (= units 0) ;percentage values
      (cond
        ((or (< x 0) (< y 0))
         (throw 'err (format nil "~aPercentage values cannot be negative." err)))
        ((or (> x 1000) (> y 1000))
         (throw 'err (format nil "~aPercentage values cannot be more than 1000 %."
                                err))))
      (cond ;dB values
        ((or (> x 100) (> y 100))
         (throw 'err (format nil "~adB values cannot be more than +100 dB.~%~%~%
Hint: 6 dB doubles the amplitude~%~%
\t-6 dB halves the amplitude." err))))))
```

Код 1

```
(defun get-input (sig)
;; (if *previewp* sig (multichan-expand #'trim-input sig))
  (if (get '*track* 'view) ;NIL if preview
      sig
      (multichan-expand #'trim-input sig)))
```

Код 2

```
(let ((dur (min (get-duration 1)
                (get '*project* 'preview-duration))))
  (setf sig (extract-abs 0 dur *track*)))
```

Код 3

Программный код¹ обеспечивает точный контроль над всеми действиями модуля Adjustable Fade² и позволя-

¹ Прим. автора. В силу символической ёмкости программного кода мы будем производить анализ только наиболее значимых с точки зрения автора его фрагментов, с целью демонстрации его потенциальных функциональных возможностей.

² Прим. автора. Adjustable Fade — модуль, регулирующий процессы затухания аудиосигнала на определённых (выделенных, обозначенных маркерами) его участках. Программная структура разработана Стивом Далтаном (Steve Daulton) в декабре 2012 года. Программная структура при необходимости может быть скорректирована и полностью либо частично изменена в соответствии с лицензионным соглашением GNU General Public License, второй версии. Полный текст лицензии в англоязычном варианте доступен по ссылке: <http://www.gnu.org/licenses/old-licenses/gpl-2.0.html> (дата обращения к источнику: 15.01.2021). Информация

ет производить настройки, адаптируемые к условиям решения конкретно поставленных задач. Начальный фрагмент кода отвечает за процедуры предварительного прослушивания преобразовываемого аудиоматериала и устанавливает длину его прослушивания в соответствии с установленными параметрами проекта программы и выглядит следующим образом (код 2).

о модификациях программного кода объектно-ориентированных модулей обработки звука представлена подробно (для профессионалов в области компьютерной аудиоинженерии и аудиоинформатики, специалистов в области прикладного и системного программирования), находится по адресу: http://wiki.audacityteam.org/wiki/Nyquist_Plug-ins_Reference (дата обращения к источнику: 15.01.2021).

```

;;; select and apply fade
(defun fade (sig type curve g0 g1)
  (check-values gain0 gain1)
  (mult (get-input sig)
    (case preset
      (0 (case type ; Custom fade
          (0 (simple (min g0 g1) (max g0 g1) curve))
          (1 (simple (max g0 g1) (min g0 g1) curve))
          (2 (raised-cos (min g0 g1) (max g0 g1) curve))
          (T (raised-cos (max g0 g1) (min g0 g1) curve))))
      (1 (linear 0 1)) ; Linear In
      (2 (linear 1 0)) ; Linear Out
      (3 (log-exp-curve -60 0)) ; Exponential In
      (4 (log-exp-curve -60 1)) ; Exponential Out
      (5 (log-exp-curve 15.311 0)) ; Logarithmic In
      (6 (log-exp-curve 15.311 1)) ; Logarithmic Out
      (7 (simple-curve 0 1 0.5)) ; Rounded In
      (8 (simple-curve 1 0 0.5)) ; Rounded Out
      (9 (cosine-curve 0 1)) ; Cosine In
      (10 (cosine-curve 1 0)) ; Cosine Out
      (11 (raised-cos 0 1 0.0)) ; S-Curve In
      (T (raised-cos 1 0 0.0)))) ; S-Curve Out

```

Код 3

```

(0 (simple (min g0 g1) (max g0 g1) curve))
(1 (simple (max g0 g1) (min g0 g1) curve)) → min g0 g1 max g0 g1 | curve 0 1
(2 (raised-cos (min g0 g1) (max g0 g1) curve)) → max g0 g1 min g0 g1 | curve 1 0
(T (raised-cos (max g0 g1) (min g0 g1) curve)))

```

Код 4

Здесь defun элемент, который предопределяет функцию и получает данные о вводе сигнала. При предварительном прослушивании (*previewp*) multichan-expand устанавливает мультисканальное и межканальное (m/s) расширение с последующей обрезкой (укорачиванием по времени) входящего потока (trim-input), код 3.

Далее идёт ввод обрезанного сигнала, let — создаёт локальную привязку к продолжительности (dur), min — определяет самое маленькое число продолжительности. get '*project* 'preview-duration — устанавливает промежуточную продолжительность звучания в соответствии с общей продолжительностью звучания открытого в программе проекта.

Setf¹ — символьная функция предназначена для установки значения поля в нашем случае полемым

спецификатором выступает обрабатываемый сигнал. Extract-abs — извлечение отрезка продолжительности дорожки. Далее идёт фрагмент обработки недопустимых значений. Defun check-values (x y) предопределяет функцию проверки вводимых значений от x 0 до y 0. Cond — выражение условной оценки и управляющая конструкция пара (pair), состоящая из (pred expr...), когда pred — выражение предиката, а expr — оценка (если предикат не 0). Returns — значение первого выражения, предикат которого не 0.

$$\frac{(< x 0) (< y 0)}{0,1,2,3,5 / 5,3,2,1,0}$$

при просчете от 0 до 5

Допускает ошибку «формат ноль — значения не могут быть отрицательными»

¹ Прим. автора. Функции и прочий инструментал языка программирования Nuquist, а также других языков программирования, после точек автор пишет с большой буквы, руководствуясь нормами русского языка.

В программировании технические функции и прочий инструментал языков программирования пишется с *маленькой буквы*, за исключениями оговорённых правил по *регистрозависимости* языков.

```
;;; linear fade to the power of pow
(defun simple-curve (g0 g1 pow)
  (curve-adjust g0 g1 pow
    (linear g0 g1)))

;;; cosine fade to the power of pow
(defun cos-curve (g0 g1 pow)
  (curve-adjust g0 g1 pow
    (cosine-curve g0 g1)))

(defun curve-adjust (g0 g1 pow env)
  (scale-curve g0 g1
    (if (= pow 1)
      env
      (snd-exp
        (mult pow
          (snd-log env)))))))
```

Код 5

```
;;; (1)
(defun scale-curve (g0 g1 env)
  (sum (min g0 g1)
    (mult (abs (- g0 g1)) env)))

;;; (2)
(defun cosine-curve (g0 g1)
  (let ((step (hz-to-step (/ 0.25 (get-duration 1))))
        (phase (if (> g0 g1) 90 0)))
    (osc step 1 *sine-table* phase)))
```

Код 6

$\frac{((\text{or } (> x 1000) (> y 1000)))}{0,1,2,3,5/5,3,2,1,0}$

при просчете от 0 до 5

Допускает ошибку «формат ноль — значения не могут составлять более чем 1000%»

Cond — условно оценивает значения децибел

$\frac{((\text{or } (> x 100) (> y 100)))}{0,1,2,3,5/5,3,2,1,0}$

при просчете от 0 до 5

Допускает ошибку — «значения не может составить больше чем +100 дБ». Серым оттенком в конце фрагмента кода выделены возможные допущения, приводя-

щие к выдаче ошибок Nyquist-обработки. Вот их более подробный предполагаемый перечень:

1. Значения процента могут быть отрицательными — допускает ошибку
2. Значения процента не могут составлять более чем 1000% — допускает ошибку
3. Значения ~dB не могут составлять больше чем +100 дБ ~% ~% ~

Подсказка: 6 дБ удваивает амплитуду ~%~

Половину дБ \e-6 амплитуда — допускает ошибку

Далее идёт фрагмент кода, определяющий выбор и применение затухания (код 3)

Defun fade — предопределяет данные затухания с последующей установкой типа кривой (g0 g1). Далее следует проверка усиления (gain0 gain1), mult — позво-

```
defun scale-curve= (g_ g_ env)
(min g0 g1) / (abs (- g0 g1)) env) → 1, g... |0| ...
sum          mult
```

Код 7

```
/defun/ cosine - curve = (g0 g1)
(if (> g0 g1) 90 0))
osc /*sine-table*
step 1
1, g... |0| ...
g0 ↔ g1
ч. шаг=0.25
прод.=1
```

Код 8

```
;;; linear fade in, out
(defun linear (g0 g1)
  (control-srate-abs *sound-srate*
    (if (> g0 g1)
      (pwlv 1 1 0)
      (pwlv 0 1 1))))
  ; g0 = g1 does not occur here.
  ; fade out
  ; else fade in

;;; raised cosine fades
(defun raised-cos (g0 g1 curve)
  (setq curve
    (if (> curve 0)
      (exp-scale-mid (* 2 curve)) ; mid-point -3dB @ Adjust = 50%
      (exp-scale-mid (* 1.63 curve))) ; mid-point -12dB @ Adjust = -50%
  (setf env
    (control-srate-abs *sound-srate* ; sound srate required for accuracy.
      (cond
        ((= g0 g1) g0) ; amplify
        ((> g0 g1) ; fade down
          (snd-exp
            (mult (pwlv (- 1 curve) 1 1)
              (snd-log (raised-cosin 90))))))
        (t (snd-exp ; fade up
            (mult (pwlv 1 1 (- 1 curve))
              (snd-log (raised-cosin -90))))))))
  (sum (min g0 g1)
    (mult (abs (- g0 g1)) env)))
```

Код 9

ляет производить смешанное умножение звуков при получении входящего аудиосигнала. Входящий аудиосигнал определяется строчкой (mult (get-input sig)). И его операции с кривыми схематично показаны на код 4.

Заметим, что в случаях 1) — 2) допустимой отметкой шага кривых может быть в min — 0 1, в max — 1 0. Это означает, что при использовании огибающих в Audacity® (к примеру, для смягчения тонов спада) кривая будет применяться всегда на шаг ниже, нежели при редактировании аудиоматериала только огибающими Audacity® без модуля Adjustable Fade. Далее идёт опре-

деление типа пользовательского затухания с математическими отметками шагов затуханий (типы затуханий выделены серым оттенком).

Следующий этап, который иллюстрирует фрагмент кода, расположившийся строчкой ниже, предполагает линейное (косинусообразное) затухание относительно основного усиления (код 5).

Здесь ключевыми значениями выступают параметры усиления g0 g1. Snd-exp — вычисляет экспоненциал каждой выборки звука, может также использоваться как обобщённая экспоненциальная функция

```
(if (> g0 g1) ; g0 = g1
    (pwlv 1 1 0) ; затухание
    (pwlv 0 1 1))) ; увеличение плавного нарастания
```

Код 10

```
;;; raised cosine curve
(defun raised-cosin (phase)
  (let ((hz (hz-to-step (/ (get-duration 2))))
        (mult 0.5
              (sum 1
                    (osc hz 1 *sine-table* phase)))))

;;; log or exponential curve scaled 0 to 1
;;; x is the minimum level in dB before scaling
(defun log-exp-curve (x direction)
  (control-srate-abs *sound-srate*
    (let ((x (db-to-linear x)))
      ;; If direction=0 fade-in else fade-out
      (if (= direction 0)
          (setf env (pwev x 1 1))
          (setf env (pwev 1 1 x)))
      (mult (/ (- 1 x)) ; normalize to 0 dB
            (diff env x)))) ; drop down to silence

control-srate-abs *sound-srate*

(if (= direction 0) / (x (db-to-linear x)
    плавное нарастание / постепенное затухание (setf env (pwev x 1 1)) → (setf env (pwev 1 1 x)))
```

Код 11

(s-exp)¹ [12]. Snd-log — вычисляет натуральный логарифм каждой выборки звука. Фрагмент кода ниже демонстрирует масштабирование кривых к минутам. Hz-to-step — регулирует шаг частоты в соответствии с усилением фазы > g0 g1 / 90 0, а также контролирует синусоидальные колебания. *Sine-table* является глобальной переменной и предназначена для использования осцилляторами (osc) поиска по частотной таблице (код 6).

Шкала кривых (1), указывающая на минимальные и максимальные значения подразумевает использование операторов g² (код 7).

Точками указаны пределы уровня громкости в зависимости от шага фазы огибающей. Работа с косинусоидальными кривыми (2) происходит также с оператором g (код 8).

¹ Прим. автора. Может использовать возврат многоканального звука к каждому элементу через привязку sound.

² Прим. автора. Уровень громкости в соответствии с приближениями, например t1, t2, t4, l1, l2, l3, [dur]. Или g...[0] .../ g0 ↔ g1.

Пределы уровня громкости здесь также могут зависеть от огибающей, частоты шага и продолжительности периода затухания.

Фрагмент кода, расположившийся ниже, демонстрирует плавное нарастание аудиосигнала на входе с последующим его выводом (код 9).

Здесь control-srate-abs относится к функциям изменения среды Nyquist, которая отмечается другими высокоуровневыми функциями, обычно такие изменения происходят относительно текущей среды. Подробнее об изменении среды, функциях преобразования и переменных окружения можно ознакомиться в пуле инструкций по языку программирования Nyquist разных версий [13,14]. Имеются также и абсолютные версии каждой функции преобразования за исключением seq, seqrep, sim, simrep. Абсолютные версии при запуске или окончании abs не просматривают текущую среду, но устанавливают текущую переменную окружения в определённое значение. Тем самым разделы программного кода могут быть изолированы от внешних преобразований. *Sound-srate* — является частью сре-

```
;;; curve scaling for S-curve
(defun exp-scale-mid (x)
  (let ((e (exp 1.0)))
    (/ (- (exp (- 1 x)) e)
       (- 1 e))))

(defmacro gainscale (gain type)
  `(setf ,gain
    (if (= ,type 0) ; percent
        (/ ,gain 100.0)
        (db-to-linear ,gain))))

(setf curve (/ curve 100.0))
(setf gain0 (gainscale gain0 units))
(setf gain1 (gainscale gain1 units))
(setf err "Error\n\n")

(catch 'err (fade *track* type curve gain0 gain1))
```

```
gain type = (if (= ,type 0) ; percent
              (/ ,gain 100.0)
              (db-to-linear ,gain)))

(catch 'err (fade *track* type curve gain0 gain1))

[Error] = fade *track* type curve gain0 gain1
-1 0 05 0 1 0 0 1
gain 100.0
```

Код 12

ды и устанавливает уровень частоты дискретизации аудиофрагмента. Pwlv — создаёт кусочно-линейный конверт с контрольными точками $(0, l_1)$, (t_2, l_2) , который заканчивается значениями t_n, l_n . В другом случае поведение выглядит схоже с $rw1^1$ (код 10).

Дальше идёт процедура, которая повышает косинусные затухания. Setq — устанавливает значения символа по отношению к кривой. Sum — класс суммы формирует сумму чисел, по одной от каждого из двух других образцов. Первый параметр может быть образцом, второй параметр может быть образцом и числом. Exp² — является арифметической функцией, производящей вычисления «средней» и контролирующей её усиления.

- ◆ При средней точке — 3дБ @ корректировать при 50%
- ◆ При средней точке -12 дБ @ корректировать при — 50%

¹ Прим. автора. Pwl (Piece-wise Linear) — кусочно-линейная функция, задаёт аппроксимированные значения (с использованием контрольных точек) — на единицу времени.

² Прим. автора. Exp имеет следующие функциональные процедуры: x-exp — устанавливает число с плавающей запятой, returns — осуществляет возврат выражения к (x) усилению.

Scale — масштабирует амплитуду звука в децибелах, стартовое время и частота дискретизации берутся от аудиоматериала. Abs — абсолютное выражение числа. Программный код, расположившийся чуть ниже, регулирует повышение кривой косинуса.

Связка defun raised-cosin определяет повышение косинуса канальной фазы. Берёт продолжительность частоты шага для оптимального смешивания и умножения многоканальных звуков. Код второго абзаца, разбираемого нами программного фрагмента, указывает на обработку приподнятой косинусообразной кривой и чуть ниже после промежуточного абзаца работа с масштабированием экспоненциальной кривой от 0 до 1, и работа с неизвестными, где x минимальный уровень в Децибелах перед масштабированием (код 11).

После преобразований $(-1 x)$ звук нормализуется до значений 0дБ, а $(diff env x)$ — звук уменьшается до состояния тишины.

Следующий фрагмент программного кода рассматривает опции кривой, масштабируемой для S-curve.

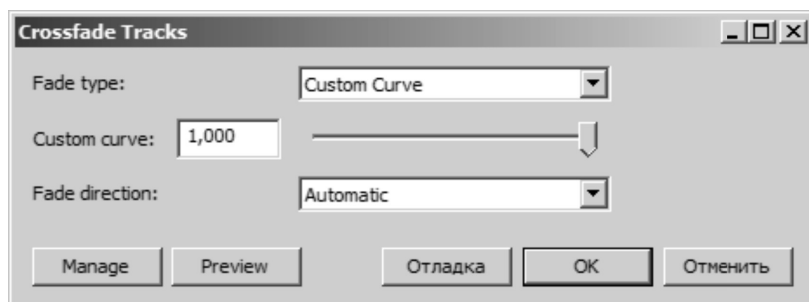


Рис. 10. Интерфейс модуля обработки аудиоданных Crossfade Tracks.

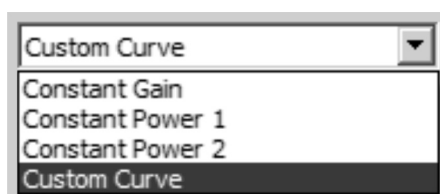


Рис. 11. Опция интерфейса модуля обработки аудиоданных Crossfade Tracks, демонстрирующая типы затуханий.

Здесь `defmacro`¹ — символьная функция, определяющая макрос и управляющая им. `Gainscale` — масштабирует громкость в соответствии с её типом [15]. Масштабирование громкости зависит от устанавливаемых процентных значений. Нижняя часть кода корректирует ошибки введённых установочных значений (код 12).

В зависимости от уровня усиления устанавливаются параметры кривых, соответствующие `gain0/ gain1`. Нижняя ветка, представленная на схеме, обуславливает, что `catch` является контрольной конструкцией, работающей в паре с «`catch sym expr`», которая оценивает выражения, а также фиксирует и оказывает воздействие на характер изменения процесса. `Sym` — идентификация структурных элементов по символу, `expr` — выражения, подлежащие оценке. При уровне 100.0 текстурование от -1 до 1.

Предполагаемые ошибки, выдаваемые в процессе отладки программного кода.

- ◆ **Error: unbound function** (ошибка не связанной функции).

¹ `Defmacro` работает в паре с некоторыми подэлементами типа: `sym*`, `fargs*`, `expr*`, `returns*`.

- `Sym` — символ, который определяется (заключается в кавычки).
- `Fargs` — формализованный список параметров, список лямбды (заключается в кавычки).
- `Expr` — выражения составляющие тело функции (заключается в кавычки).
- `Returns` — операции возврата функционального символа.

- ◆ **If continued: try evaluating symbol again** (дополнительная попытка оценки введённого символа).
- ◆ **Error: unbound variable** (несвязанная переменная).

Второй штатный модуль в Audacity®, отвечающий за плавные перекрёстные переходы — Crossfade Tracks.

Модуль может быть успешно применен при горизонтальном сведении аудиотреков и имеет все шансы по применению в области компьютерного восстановления аудиоматериала. Дорожки должны располагаться так, чтобы затухающая дорожка располагалась над нарастающей дорожкой, а начало нижней дорожки располагалось перед концом верхней дорожки, чтобы создать перекрытие между ними. Выберите область перекрытия в обеих дорожках (см. *пример ниже*) и примените эффект. Модуль поддерживает следующие типы затуханий:

Constant Gain (постоянное усиление) — универсальный тип затухания (по умолчанию коррелируется с направлением затухания), используется при горизонтальном и вертикальном сведении, премастеринге (на стадии уплотнения в начале и конце композиции) и реставрации аудиоматериала. Данный тип затухания эмитирует обычный эффект Fade In / Fade Out. Затухает в верхней дорожке и нарастает в нижней дорожке с линейными затуханиями. Постоянное усиление предполагает, что до тех пор, пока исходный звук не будет



Рис. 12. Опция интерфейса модуля обработки аудиоданных Crossfade Tracks «Custom curve».

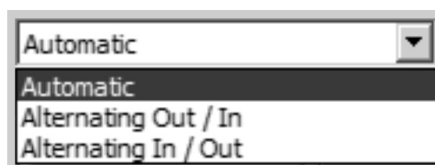


Рис. 13. Опция интерфейса модуля обработки аудиоданных Crossfade Tracks, демонстрирующая раскрывающийся список видов затуханий.

обрезан, перекрестное соединение (склейка стека дорожек), по умолчанию, также не будет обрезана. В целом многократное применение перекрёстных эффектов перехода при постоянном увеличении и снижении локальной спектро-частотной амплитуды могут приводить к снижению общего объёма затухания.

Constant Power 1 (постоянная мощность затухания) противостоит процессу падения объёма, в использовании предпочтительна на стадии прямого горизонтального сведения, однако в некоторых случаях при использовании этого типа перекрёстного соединения наблюдается повышение пикового уровня в течение затухания. Поэтому необходимо внимательно следить за общим уровнем склеиваемых фрагментов аудиоматериала, желательно чтобы они имели равную амплитуду в начале и в конце сортируемого фрагмента. Для начинающих звукооператоров данный тип затухания может быть наиболее предпочтительным в силу многоаспектности его использования.

Constant Power 2 (постоянная мощность затухания, версия 2) — разновидность эффекта постоянного затухания опционально предназначена для поддержания достаточного постоянного объёма в течение всего процесса затухания. Эта вариация эффекта постоянной мощности затухания предназначена для более быстрого отклика затухания по сравнению с «Constant Power 1». При применении данной опции перекрёстное соединение может звучать более резко в первый или последний моменты затухания, поэтому если композиция имеет ярко выраженные ударные инструменты, то при данной опции они будут звучать более чётко. Алгоритм второй версии «Constant Power» базируется на предшествующих версиях Audacity®, использовавших модули «Cross Fade In» и «Cross Fade Out». Следующим типом затухания модуля «Crossfade Tracks» является «**Custom Curve**» (пользовательская кривая). В принципе предустановленные модульные алгоритмы затухания хоро-

шо подходят для большинства задач, связанных с переходными затуханиями, но когда требуется точный контроль над применяемым эффектом, то будет полезна функция использования пользовательской кривой. Алгоритм включает регуляторы управления пользовательской кривой, которая позволяет в ручном режиме регулировать скорость пересечения дорожек. Основными элементами управления алгоритмом пользовательской кривой являются текстовое поле ввода числовых данных¹ и ручной регулятор прокрутки числовых данных от 0,000 до 1,000, позволяющий управлять «кривизной» затухания таким же образом, как и «кривой» на микшерном пульте.

При установленном нулевом значении перекрёстное соединение фактически совпадает с предустановкой Constant Gain. Высокие цифры будут полезны, если стоит задача, чтобы обе дорожки были чётко слышимы во время процедуры перекрёстной стыковки, на максимуме 1.0 верхняя дорожка будет поддерживать близкий к полному объём до расстояния близкого к концу перекрёстного соединения, а затем быстро исчезнет. В то же время нижняя дорожка будет очень быстро затухать и дойдёт почти до уровня полного объёма (по затуханию).

Общий объём, вероятно, будет существенно выше в период перекрёстного соединения аудиофрагментов. При установке в промежуточное значение 0,5 затухание будет представлять кривую «постоянной мощности» и будет поддерживать достаточно устойчивый объём на протяжении всего перекрёстного соединения. Модулем Crossfade Tracks также предусмотрен режим «Fade Direction», определяющий направление затухания. Режим имеет несколько опций

¹ Прим. автора. Обратите внимание, что данная опция («Custom Curve») работает только в паре с («Custom Curve» — «Fade Type»).


```
(defun crossfade (type dir curve)
  (setf fade-out
    (case dir
      (0 (equal (guessdirection) 'OUT)) ; auto
      (1 (oddp (get '*track* 'index))) ; fade out odd
      (T (evenp (get '*track* 'index)))) ; fade out even
    (mult *track*
      (cond
        (fade-out
          (case type
            (0 (pwlv 1 1 0))
            (1 (osc (hz-to-step (/ (get-duration 4))) 1 *sine-table* 90))
            (2 (s-sqrt (pwlv 1 1 0)))
            (T (custom curve 0))))
          (T ; else fade in.
            ; Control envelope sample rate must match sound so that lengths
            ; match exactly, otherwise we get a click at the end of the fade.
            (setf *control-srate* *sound-srate*)
            (case type
              (0 (pwlv 0 1 1))
              (1 (osc (hz-to-step (/ (get-duration 4))) 1))
              (2 (s-sqrt (pwlv 0 1 1)))
              (T (custom curve 1))))))))))
```

Код 13

Перечисленные опции позволяют гибко регулировать нарастание и спад аудиосигнала. Automatic (автоматическое затухание) — режим автоматически определяет требуется ли нарастание или затухание. В тех случаях, когда необходимо отменить операцию можно использовать сочетание клавиш (CTRL +Z). Автоматическая настройка затухания основывается на близости фрагментов выделения (аудиоклипов) к концам выбранных фрагментов (аудиоклипов). В том случае, если начало *выделения* находится ближе к началу выбранного аудиофрагмента чем конец *выделения* — к концу аудиофрагмента, то эффект создаёт постепенное нарастание. И ровно наоборот, если конец *выделения* находится в конце *выделения* или рядом с ним, а начало *выделения* не находится в начале аудиофрагмента или рядом с ним, в этом случае происходит постепенное затухание.

В некоторых редких (маловероятных) случаях, когда оба конца выделения находятся на одинаковом расстоянии от концов выбранного аудиофрагмента, эффект исчезает. Alternating Out / In (Вариант Выход/Вход). Выделенная область первой выделенной дорожки будет исчезать. Когда выбрано несколько дорожек, то выделенная область в следующей выбранной дорожке будет нарастать. Если же выбрано более двух дорожек, то направление затухания будет продолжать чередоваться как затухание / нарастание / затухание. Alternating In / Out (Вариант Вход/Выход). Выделенная область первой выделенной дорожки

будет нарастать. Когда выбрано более одной дорожки, то выделенная область в следующей выбранной дорожке будет исчезать. В том случае если выбрано более двух дорожек, то направление затухания будет продолжать чередоваться нарастание / затухание / нарастание. Если взглянуть на программную архитектуру модуля, разработанную так же как и в предыдущем случае Стивом Далтоном¹ (Steve Daulton), то можно лицезреть весь арсенал программных действий с возможностями корректировки. Программно модуль может быть скорректирован с помощью следующего кода (код 13):

Код символично демонстрирует процессы перекрёстного горизонтального перехода между обрабатываемыми аудиодорожками. Здесь pwlv — также функционирует как стандартные кусочно-линейные приближения. Символ «v» — создаёт кусочно-линейный конверт (подобно огибающей аудиосигнала) с приближительными контрольными точками 0 → 1 → 1. Evenp является функцией предиката, определяет, является ли переменное значение целым числом. Может идти в логической цепочке evenp expr/returns. Expr — обеспечивает проверку целого числа. Oddp — функция предиката, в данном случае производит проверку це-

¹ Прим. автора. Модуль Crossfade Tracks спроектирован Стивом Далтоном в ноябре 2014-го года и регенерировался по сентябрь 2015-го года. Модуль также может быть изменён (перекомпилирован) согласно лицензии GNU General Public License, version 2.

```

case dir = [
    (0 (equal (guessdirection) 'OUT))
    (1 (oddp (get '*track* 'index))
        ...1...)
    (T (evenp (get '*track* 'index))))
]
osc_hz-to-step      _ / _      get-duration      4_1 *sine-table* 90
управление/частота шага      после получения продолжительности
    
```

Код 14

```

case type = [
    (0 (pwlv 1 1 0))
    (1 (osc (hz-to-step (/ (get-duration 4))) 1 *sine-table* 90))
    (2 (s-sqrt (pwlv 1 1 0))
        pwlv 0 1 1 ↔ 110)
    (T (custom curve 0)))
]
fade-out
    
```

Код 15

```

case type = [
    (0 (pwlv 0 1 1))
    (1 (osc (hz-to-step (/ (get-duration 4))) 1)
        pwlv 1 1 0)
    (2 (s-sqrt (pwlv 0 1 1) / (2 (s-sqrt (pwlv 1 1 0))
        (T (custom curve 1) / (T (custom curve 0))
        (setf *control-srate* *sound-srate*)
    
```

Код 16

лого нечётного числа. Evenp — также функция предиката, проверяет, является ли число целым (код 14).

Далее case рассматривается как контрольная конструкция в конечном итоге, способная поддерживать плавное нарастание в процессе затухания¹, используя пользовательскую кривую (код 15).

Уровень частоты дискретизации должен соответствовать всей продолжительности трека, в противном случае мы получаем щелчок в конце затухания (код 16).

Control-srate является элементом среды, устанавливает частоту дискретизации управляющих сигналов. По факту нет никаких различий между управляющим сигналом и аудиосигналом. Можно производить считывание управляющего сигнала *control-srate* напрямую, но использовать control-srate-abs, чтобы изменять параметры дискретизации аудиоматериала. *Sound-srate* — частота дискретизации музыкальных звуков, считывание музыкальных звуков производится напрямую, sound-srate-abs позволяет изменять параметры дискретизации музыкальных звуков.

Фрагмент процедуры постепенного затухания аудиосигнала согласно нечётному числу. Точками обозначены уровни шага (прохода), обеспечивающего крутизну спада амплитуды аудиоматериала. Формулировки, представленные вне скобок, схематично показывают взаимодействие с продолжительностью и единственной синусоидой цикла, предназначенной для исполь-

¹ Прим. автора. Плавное нарастание аудиосигнала в процессе затухания психоакустически создаёт эффект растяжки спадающей (рассеивающей) амплитуды аудиосигнала за счёт периодического уплотнения фрагментов спектра спадающей амплитуды. Эффект может подчёркивать отдельные участки сведённого аудиоматериала, к примеру немного возвышать вокал при общем затухании аудиосигнала либо акцентировать внимание на различных музыкальных инструментах.

```
(defun custom (curve inout)
  ;; 'epsilon' defines the curvature of a logarithmic curve.
  ;; To avoid log 0 or /0 it must be > 0 and < 1.
  (let* ((curve (+ 0.99 (* -0.98 (min 1 (max 0 curve))))))
    ; magic number 2.7 gives approx 'constant power' curve at 50% setting.
    (epsilon (power curve 2.7)))
    (if (= inout 0)
      (setf logcurve (pwev epsilon 1 1))
      (setf logcurve (pwev 1 1 epsilon)))
    ; Scale and invert curve for 0 to unity gain.
    (sum 1
      (mult (/ -1 (- 1 epsilon))
        (diff logcurve epsilon))))))
```

Код 17

```
(defun guessdirection ()
  "If the selection is closer to the start of the
  audio clip, fade in, otherwise fade out."
  (let* ((start (get '*selection* 'start))
        (end (get '*selection* 'end))
        (clips (get '*track* 'clips))
        (in-dist end)
        (out-dist end))
    (if (arrayp clips)
      (setf clips (append (aref clips 0) (aref clips 1))))
    (dotimes (i (length clips))
      (setf in-dist (min in-dist (abs (- start (first (nth i clips))))))
      (setf out-dist (min out-dist (abs (- end (second (nth i clips))))))
      (if (< in-dist out-dist) 'in 'out)))

  (crossfade type direction curve))
```

Код 18

зования осциллятором поиска по таблице (*osc*), **sine-table**¹ — является глобальной переменной (код 17).

Здесь *let* является контрольной конструкцией, которая устанавливает цепочку последовательностей переменных числовых значений. *Let* допускает последовательность значений *binding*, привязки переменных, каждая из которых является либо:

- ◆ Символом (который размечается до нуля)
- ◆ Список содержимого, который является символом и чей *CADR*² является выражением инициализации.

¹ Прим. автора. Сама же таблица, используемая оператором *osc* и другими осцилляторами **table**, первоначально рассматривается как набор к синусоиде **sine-table**.

² Прим. автора. *CADR* [произносится как «кае-дер», сокращённые варианты использования в программировании *CAR* и *CDR*] — в структуре *Lisp/Common Lisp* можно использовать как (*second*), например (*second expr*), здесь *second* выступает альтернативным именем *CADR*. Исторические традиции *Lisp*-программирования довольно богаты, поскольку данный язык разрабатывался для сложно укомплектованных программных

Expr — выражение, подлежащее вычислению.
Returns — возврат значения последнего выражения.

If (в режиме *Lisp*) оценивает выражение условно. В некоторых случаях для оценки выражений используются следующие параметры *if*³ *texpr*, *expr1* [*expr2*]. *Texpr* — тестовое выражение, *expr1* — выражение, которое подлежит вычислению, при условии, что *texpr* не равен нулю (*nil*). *Expr2* — выражение, которое подлежит вычислению, при условии, что *texpr* равен нулю (*nil*). Параметр *returns* используется как значение уже выбранного выражения (код 18).

систем и компьютерных систем искусственного интеллекта, постоянно совершенствовалась его компонентная база, менялись диалекты, конструкции. И в итоге оригинальная классификация объектов была сокращена в целях упрощения компоновки кода и повышения его мобильности.

³ Прим. автора. Обратите внимание, что синтаксис условного *SAL*-выражения записывается как *if*? Пример *test, iftrue-expression, iffalse-expression, no #if* может быть использован вместо *if*?. Любая форма может игнорировать третий аргумент, который по умолчанию равен нулю (*nil*), т.е. пустому списку.

```
(let* ((start (get '*selection* 'start))
      (end (get '*selection* 'end))
      (clips (get '*track* 'clips))
      (in-dist end)
      (out-dist end))
      (*selection* start / end
        *track* = start / end
        *track* = clips
```

Код 19

```
(defun find-ends (T0 T1 clips)
  (let ((trk-ends ()) ;starts of clips
        (trk-starts ())) ;ends of clips
    (dolist (clip clips)
      ;; look for clip enclosing the selection.
      (when (and (>= (second clip) T1) (<= (first clip) T0))
        (psetq trk-ends (list (/ (+ T0 T1) 2))
                trk-starts (list (/ (+ T0 T1) 2)))
        (return))
      (when (and (> (first clip) T0) (< (first clip) T1))
        (push (first clip) trk-starts))
      (when (and (> (second clip) T0) (< (second clip) T1))
        (push (second clip) trk-ends))
      (when (> (first clip) T1) (return)))
    (cond
      ((and (= (length trk-ends) 1)
            (= (length trk-starts) 1)
            (<= (car trk-ends) (car trk-starts)))
       (list (car trk-ends) (car trk-starts)))
      ((or (> (length trk-ends) 1)
           (> (length trk-starts) 1))
       (throw 'error err1))
      (T (throw 'error err2))))
```

Код 20

Defun `guessdirection ()` предугадывает направление. К примеру, если имеется выбор ближе к запуску, плотность амплитуды аудиофрагмента постепенно увеличивается, а в противном случае уменьшается. Сама же defun служит символьной функцией, которая предопределяет функцию (код 19).

Операторы¹ после выбранного пользователем направления пересечения аудиофрагмента определяют положение в начале фрагмента или в его конце. Либо

¹ Прим. автора. Подробнее об использовании наиболее частых операторов для формирования выражений и для компиляции кода в целом можно ознакомиться в конце данной статьи в разделе приложения «Единичные и двоичные операторы для формирования выражений». Для использования математических функций, смотрите также приложение 2 — «Математические

берут весь аудиофрагмент и применяют к нему степени пересечения.

Третий модуль, обеспечивающий затухание в Audacity®, это Crossfade Clips (соединение перекрестных плавных переходов). Стыковка перекрестных переходов призвана обеспечить простую стыковку выбранной паре аудиофрагментов на одной звуковой дорожке. Алгоритм не имеет настраиваемых параметров и использует оболочку программы для расчёта операции склеивания фрагментов. Для того чтобы воспользоваться этим эффектом, необходимо

функции языка программирования Lisp/Niquist и их эквиваленты на языке программирования SAL».

```

(defun crossfade (sig out-end in-start end)
  "Do the crossfade"
  (abs-env
    (control-srate-abs *sound-srate*
      (let* ((fade-out (mult sig (env out-end 0)))
             (cflen (max out-end (- end in-start))) ;crossfade length
             (finstart (max (- out-end (- end in-start)) 0))
             (fade-in (mult (extract (- end cflen) end sig)
                             (env (- cflen finstart) 1 finstart))))
              (sim fade-out fade-in))))))

(defun env (dur direction &optional (offset 0))
  "Generate envelope for crossfade"
  (abs-env
    (if (< dur 0.01) ;make it linear
        (control-srate-abs *sound-srate*
          (if (= direction 0)
              (pwlv 1 dur 0) ;fade out
              (pwlv 0 offset 0 (+ offset dur) 1))) ;fade in
        (if (= direction 0) ;cosine curve
            (cos-curve dur 0)
            (seq (s-rest offset)
                 (cos-curve dur 1))))))

```

Код 21

поместить два аудиофрагмента на одну дорожку. Затем выбрать приблизительно одинаковое количество аудиоданных из конца одного фрагмента и начала другого фрагмента. После применения эффекта выбранные области будут соединены¹. В том случае если выбранная область является непрерывным звуком без разрывов, то первая и последняя половины выбранного звука будут соединены². Crossfade Clips может быть скорректирован с помощью кода приведённого ниже (код 20).

Здесь `defun` — символьная функция, вызывающая определение функции `defun sym fargs expr...`, может выполняться также для определения макроса (`defmacro sym fargs expr...`). В этих случаях:

1. `sym` — определяемый символ (в кавычках);
2. `fargs` — список формальных аргументов (лямбда-список, в кавычках);
3. `expr` — выражения, составляющие функцию (в кавычках);
4. `returns` — возврат символа функции.

`Dolist` — конструкция цикла (регулируется в режиме синтаксиса Lisp). Буквально `dolist` означает цикл по спи-

ску. Используется в контексте со следующими вспомогательными параметрами:

1. `sym` — символ для привязки к каждому элементу списка;
2. `expr` — выражение списка;
3. `texpr` — конечное выражение (значение по умолчанию ноль `nil`);
4. `expr` — составляющая цикла (рассматривается как неявная программа).

`When`³ является пользовательской функцией. Исполняется в синтаксисе SAL/Lisp. Обычное предположение `if-then` (если-тогда) если тест верен, то действие оценивается и возвращается. В противном случае возвращается `nil`. Также можно использовать `if` или `cond` для выполнения предположения (если-тогда-ещё) и более сложных условных форм (код 21).

В данном секторе программного кода, записанного в *Nyquist-файл*, происходит дальнейшая инициализация аудиосигнала посредством последовательности привязок через `let*` (плавное наложение дорожки) с последующим волновым спадом и выводом аудиосигнала в интерфейс программы. `Abs-env` является объектом

¹ Прим. автора. Обратите внимание, что аудиоклипы не должны касаться друг друга. Любое пустое пространство между клипами игнорируется.

² Прим. автора. Разрыв в форме сигнала, подобный большому щелчку, может быть сглажен путем применения короткого соединения поперёк сбоя.

³ Прим. автора. `when` может также являться и контрольной конструкцией, с немного иным набором параметров:

- 1) `texpr` — тестовое выражение
- 2) `expr` — выражение, подлежащее вычислению, если `expr` не равен `nil`
- 3) `returns` — возврат значения последнего выражения или `nil`


```
(crossfade sig
  (- (first fadeclips) t0)
  (- (second fadeclips) t0)
  (- t1 t0)))
  (multichan-expand #'crossfade sig
  (- fade-out-end t0)
  (- fade-in-start t0)
  (- t1 t0)))
  (multichan-expand #'crossfade sig
  (- fade-in-end t0)
  (- fade-out-start t0)
  (- t1 t0)))) / t0 t1
```

Код 24

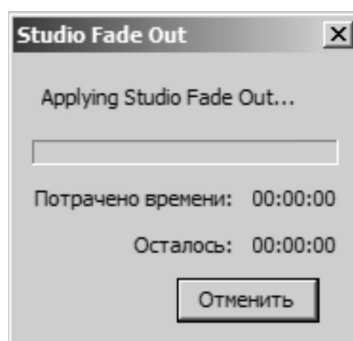


Рис. 14. Модуль обработки аудиоданных Studio Fade Out.

рует поиск и разделение позиций при кроссфейдинге¹ (код 23).

Здесь defun — также символьная функция, определяющая вычисление косинуса кривой, соответственно на Lisp зарезервированы следующие вспомогательные операторы:

1. Expr — число с плавающей запятой.
2. Returns — косинус числа (возврат косинуса числа).

Osc — является осциллятором, который возвращает звуки таблицы, изменяющиеся при балансе продолжительности и воспроизводимые с фазы в градусах (код 24).

Как мы видим перекрёстное плавное снижение и повышение уровня громкости аудиосигнала распределяется в соответствии с t^2 , = t0-t1 устанавливает время

¹ Прим. автора. Кроссфейдинг — перекрёстное плавное снижение амплитуды аудиоматериала для обеспечения мягких переходов между аудиофрагментами, использующееся при компьютерном монтаже аудиозаписей.

² Прим. автора. Осуществляет возврат первой выборки звука. Операторы Nyquist, которые добавляют дубликаты фрагментов звука (создают их копии),

возврата выборки звука. Первый фрагмент затухания 0, второй фрагмент затухания 0. Expand — устанавливает многоканальное расширение, расширяет память, добавляя сегменты. Может использоваться в паре с num, определяющей число сегментов для добавления. Оператор returns может быть использован для идентификации числа добавленных сегментов.

Четвёртый штатный модуль в Audacity[®], имеющий возможность имитировать плавные затухания — «Studio Fade Out». Studio Fade Out (Студийное затухание) эффект фиксированного студийного затухания.

Предполагает плавное затухание аудиосигнала подобное тому, которое используется в конце композиций коммерческих аудиозаписей.

Алгоритм модуля эмулирует фиксированный спад аудиосигнала, предусмотренный в студийной аппаратной схемотехнике. Формирует эффект музыкального спада от первоначальной громкости до тишины, применяя двукратно изогнутое (S-образное) затухание,

позволяют смешать дубликаты до половины демонстрационного периода в любой направленности для выравнивания выборки двух операндов.

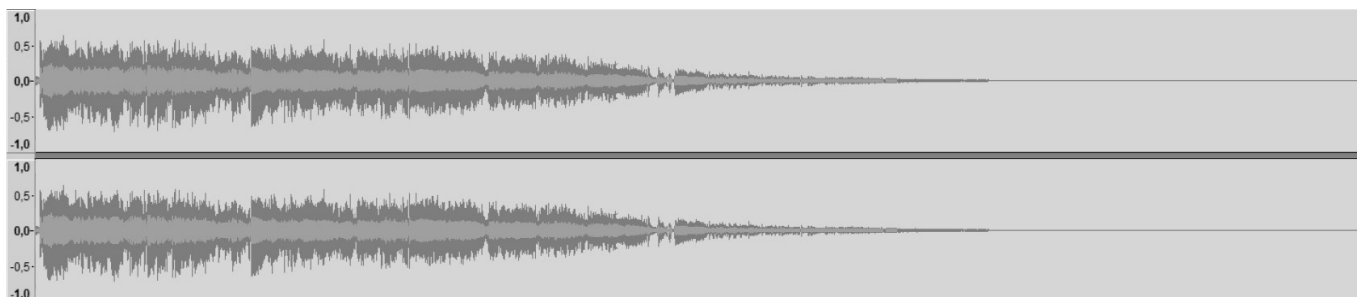


Рис. 15. Отображение плавного студийного затухания на сонограмме.

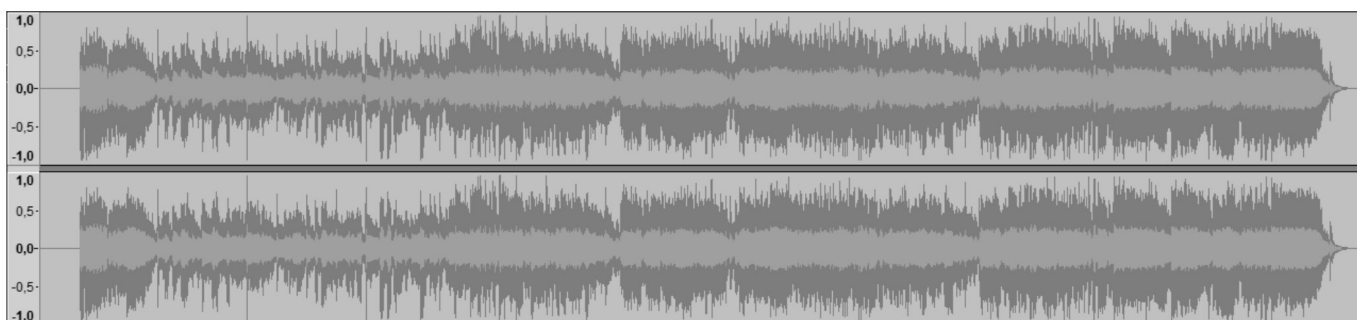


Рис. 16. Стереотрек, визуализированный с помощью программы Audacity® с параметрами стандартной для человеческого восприятия частоты дискретизации 44 100 Гц.

и затухание более высоких частот происходит немного быстрее чем более низких частот. Такой тип спада частотной амплитуды придаёт аудиосигналу эффект «уходящего вдаль» и не звучит как механическое затухание.

Данная технология хорошо проявила себя и прочно закрепилась в студиях звукозаписи для LP и CD-треков. Алгоритм Studio Fade Out не имеет управляемого модульного интерфейса и работает в режиме внутренней обработки сигнала. Поэтому регулировка степени спада производится простым инструментом выделения аудиофрагмента (F1) внутри программы Audacity®. Для того чтобы сделать простую настройку аудиоформы любого из вышеперечисленных затуханий, повторив его с помощью RLE (Repeat Last Effect — CTRL + R).

Если повторить нарастание, звук будет оставаться тихим дольше, а затем быстрее восстанавливаться до исходного уровня. Повторение затухания приведёт к тому, что уровень сначала упадёт быстрее, а затем остановится на более низком уровне. Программный код данного акустического эффекта был разработан Стивом Далтоном (Steve Daulton) и подразумевает стандартный фиксированный вариант плавного затухания. Редакция кода может производиться в соответствии с лицензией GNU GPL v.2, и в определённых обстоятельствах (сведение, реставрация аудиоматериала) может быть очень полезным занятием. Гибкость программных сценариев Nyquist позволяет с высокой степенью точ-

ности производить нелинейное внутрипрограммное (Audacity®) редактирование аудиоматериала и адаптировать фрагменты кода под конкретное решение утилитарных задач. Алгоритм универсален и подходит для решения следующих multifunctional задач:

- ◆ Сведение аудиоматериала (в том числе сведение противофазы) с пошаговым снижением спектро-частотной амплитуды.
- ◆ Вертикальное и горизонтальное сведение аудиотреков.
- ◆ Регулируемые спады спектро-частотной амплитуды для кратковременного снижения внутрифазной амплитуды межфрагментарных акустических блоков.

К примеру, возьмём обычный стереотрек с постоянной частотой дискретизации 44 100 Гц. и визуализируем его средствами сонограммы в виде (обычной) звуковой формы.

Сонограмма показывает нам, что трек имеет обычную форму с резким началом и мягким спадом амплитуды. Для того чтобы оптимизировать спад амплитуды аудиосигнала¹ в конце композиции, необходимо вос-

¹ Прим. автора. По умолчанию в Audacity® штатный модуль Studio Fade Out выполняет процедуры спада спектро-частотной амплитуды аудиосигнала автоматически. Т.е. единственным инструментом управления этим модулем в данном случае будет инструмент выделения — [F1]. Инструмент выделения будет фиксировать шаг спада спектро-частотной амплитуды.

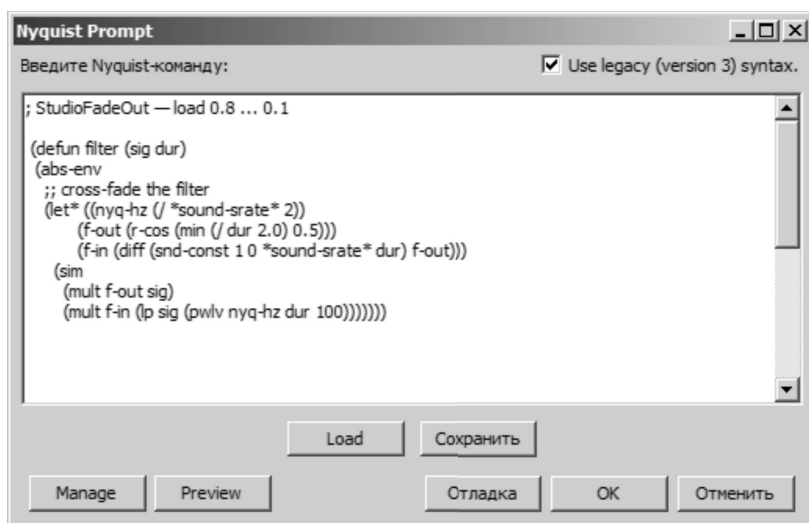


Рис. 17. Модуль NyquistPrompt позволяет вводить сценарии и команды языка программирования Niquist.

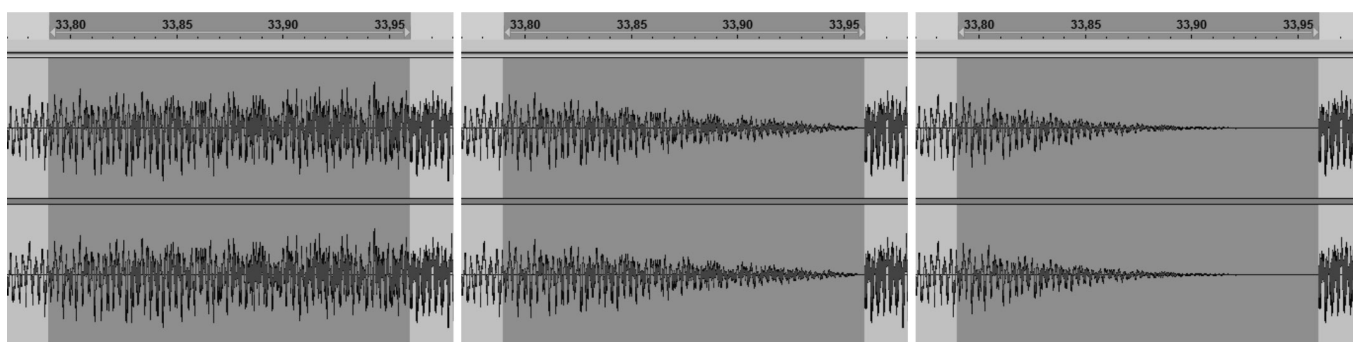


Рис. 18. Отрезки сонограммы, фрагментарно характеризующие плавные спады звука.

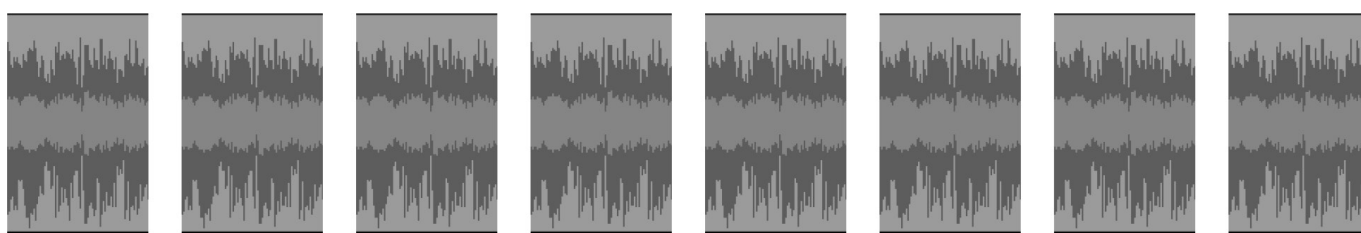


Рис. 19. Фрагментированный аудиоматериал, имеющий одинаковую структуру.

пользоваться вспомогательным *штатным модулем* ввода команд на языке Nyquist (Nyquist Prompt).

По умолчанию модуль настроен на шаговое выделение фрагмента аудиоматериала и подразумевает обращение к интерфейсной команде `[1]`¹ — инструмент выделения.

¹ Прим. автора. Клавиша F1.

Однако в практике компьютерного аудиомонтажа бывают такие моменты, когда необходимо стыковать аудиоматериал, имеющий разную спектро-частотную составляющую, особенно если дело обстоит с аудиоматериалом смешанного содержания (музыкальный ритм, мелодия и т.д.), и в этом случае полагаться на чисто интерфейсное управление уже не представляется достаточным. Поскольку качественная работа с аудиоматериалом дело достаточно трудоёмкое, предлагаем нашим читателям рассмотреть конкретный случай.

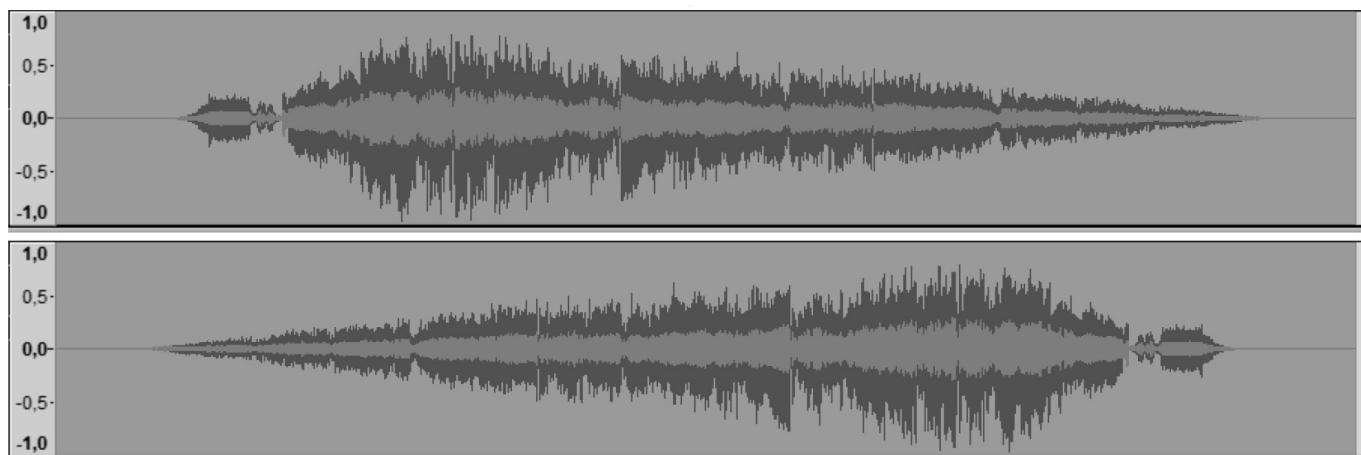


Рис. 20. Подготовленные к сведению аудиофрагменты, имеющие симметричную геометрическую форму спада аудиосигнала.

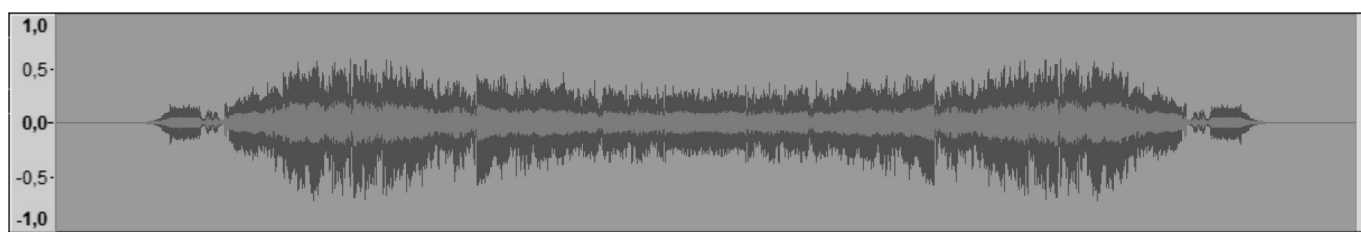


Рис. 21. Сведённый в единую монодорожку аудиофрагмент с симметричным узлом перехода.

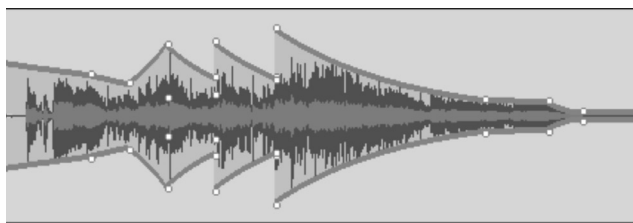


Рис. 22. Узел стыковки с расставленными точками.

Допустим, в нашем распоряжении имеется *два типа* музыкального материала. Первый тип относится к стилю *hip-hop* (1), а второй (2) — *регги*, входная амплитуда первого аудиоматериала отличается по пиковой громкости от второго, но нам необходимо уровнять их амплитуду в стыковочном месте путём перекрестного затухания аудиосигнала (кроссфейдинга).

Есть два подхода к решению поставленной задачи. Способ первый (интерфейсно-ориентированный) — воспользоваться штатными инструментами выделения аудиосигнала и пошагово¹ снижать степень нагрузки

¹ Прим. автора. То есть применять один и тот же эффект (допустим — Fade In в начале трека, Fade Out в его конце) на определённом участке аудиофрагмента несколько раз.

на стековый участок, с начала, с одной стороны (конечный фрагмент аудиотрека), и затем, с другой — (начальная часть второго аудиофрагмента).

В результате мы получаем следующий амплитудный спектр, гармоники которого мягко пересекаются между собой.

Способ второй — (программно-ориентированный, программно-лингвистический) метод доработки кода штатного модуля Audacity® «Studio Fade Out» через «Nyquist Prompt». В принципе второй способ является наиболее точным, с точки зрения расположения узла стыковки аудиоматериала. Узел стыковки аудиоматериала это место соединения двух аудиофрагментов при вертикальном сведении аудиоматериала. От грамотно-



Рис. 23. Пример аудиоматериала с асимметричной формой звучания.

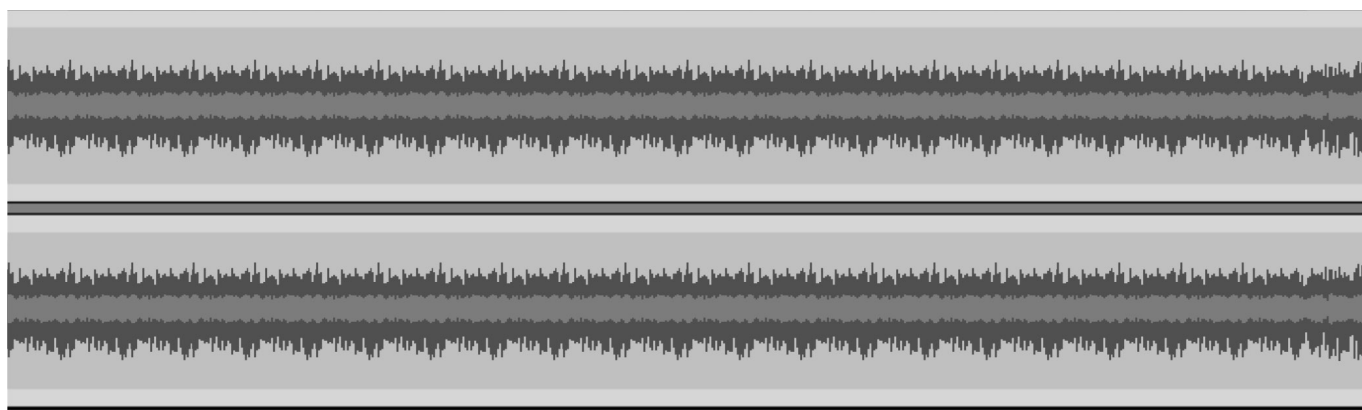


Рис. 24. Пример аудиоматериала с симметричной формой звучания.

го выбора расположения узла стыковки на тайм-линии будет зависеть качество сведённого аудиоматериала.

Возьмём аудиосигнал, имеющий на протяжении всего звучания симметричный ритм, импортируем его в Audacity[®]. Программа автоматически сформирует сонограмму, которая будет иметь следующий вид

Нам необходимо нормализовать аудиосигнал средствами Nyquist через приглашение NyquistPrompt, для этого мы можем воспользоваться стандартной формулировкой

```
(mult s (env 0.1 0.1 0.2 1.0 0.5 0.3 1.0))
```

На выходе мы получаем более адаптивную форму аудиосигнала

Однако в ходе процесса нормализации аудиосигнала мы не видим контрольных точек его огибающей. Пиковая громкость у всех композиций может сильно варьироваться и конечно, когда мы работаем с массивами аудиодорожек применение данной формулировки

вполне оправдано и полезно, но бывают также случаи, когда структура аудиоматериала неоднородна¹. В этих случаях необходимо манипулировать огибающей средствами контрольных точек. Для наглядности примера возьмём немного изменённый сгенерированный сигнал, отклик которого геометрически симметричен².

У аудиосигнала есть пики, которые мы хотим выделить для ясности пиковой громкости либо для подчёркивания фрагментарных акустических элементов³, присутствующих на протяжении всего аудиоматериала.

¹ Прим. автора. Под неоднородной структурой аудиоматериала подразумевается сложно укомплектованный аудиосигнал, имеющий разный уровень спектральной плотности, соответственно звуковое давление аудиоматериала будет разным.

² Обратите внимание на геометрию сонограммы, в первом случае отклик у аудиосигнала имеет асимметричную структуру, а во втором случае — симметричную. В примере показан стереосигнал, в случае с моносигналом отклик дорожки будет также иметь симметричную поляризацию.

³ Прим. автора. Фрагментарными акустическими элементами мы именуем отдельные гармоники, которые могут повторяться на протяжении всей акустической композиции. На сонограмме такой тип гармоник может быть выделен вершинами, которые имеют одинаковую либо отличную друг от друга амплитуду громкости.

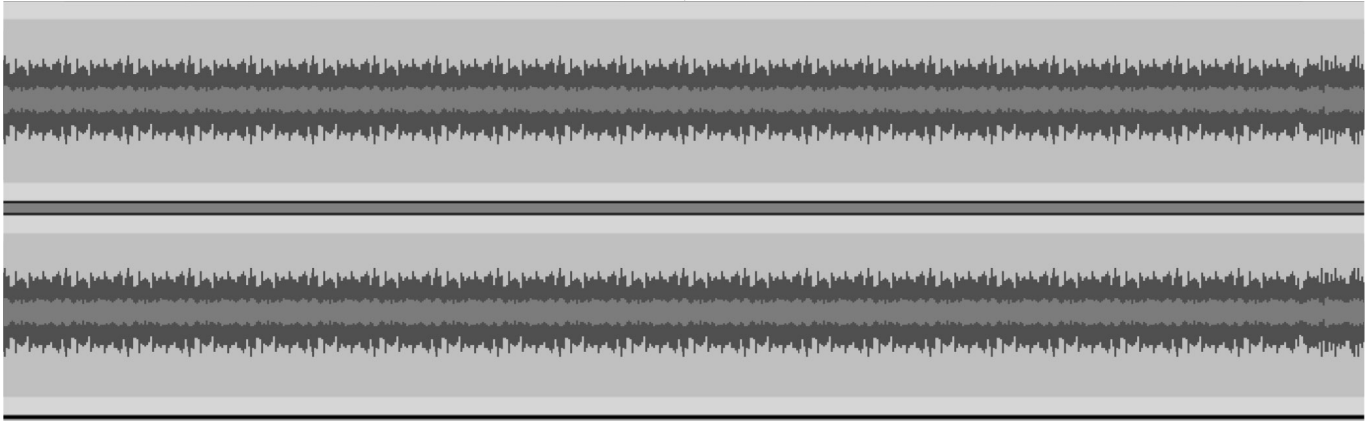


Рис. 25. Нормализованный симметричный аудиосигнал.

```

;nyquist plug-in
;version 4
;type tool
;name "Test Me"
;debugbutton false
;action "Applying TestMe..."
;author "Nemo Nemesis"
;release 2.3.0
;copyright "Public Domain"

;; test-me.ny by Nemo Nemesis, August 2018

(AUD-DO "SelectTime: Start=60 End=170")
(AUD-DO "SelectTracks: Track=1 TrackCount=2")

```

Код 25

Формально язык программирования Nyquist не имеет возможности беспрепятственно получить прямой доступ к огибающим в Audacity®, но данные операции могут быть преобразованы в команды AUD-DO. Поскольку язык программирования Nyquist можно использовать отдельно от аудиоредактора Audacity® и вести самостоятельные разработки в NyquistIDE для более функциональной его интеграции именно в программную среду Audacity®, начиная с версии 2.4.0¹, была внедрена поддержка Макросов. С этого момента AUD-DO стала выполнять функции, существенно расширяющие горизонты возможностей языка программирования Nyquist в Audacity®. AUD-DO как функция даёт возможность использовать широкий перечень макро пишущих команд из языка программирования Nyquist. Скриптовые команды передаются в AUD-DO в виде строк² для выпол-

¹ Прим. автора. Именно с версии Audacity® 2.4.0 стало возможным обеспечивать вызовы команд Nyquist-плагинов, не имеющих интерфейсно-ориентированных опций, макросами Nyquist.

² Прим. автора. Примерно такой же подход используется для реализации программных сценариев Audacity® (Python Scripting), команды также создаются в виде строк и передаются для функциональной обработки.

нения функциональной обработки. В качестве примера можно привести заглавный код фрагмента функции AUD-DO (код 25).

Nyquist в виде макроса будет представлен как (type tool) первая метка проекта, и формулируется следующим образом

```
(AUD-DO "SetLabel: Text=\"Foo\"")
```

Текстовая строка, находящаяся после AUD-DO, будет передана механизму выполнения сценариев для обработки сигнала. Одним из самых простых путей в решении вопроса с оптимизацией сценарного кода и сосредоточением его строк является использование команды Macros (Макрос) с целью добавления команд в макроячейки и изучения (отладки) уже добавленных строк.

Основным преимуществом Nyquist-макросов перед Python Scripting служит то, что Nyquist полностью встроен в оболочку Audacity®.

```

;amplitude-rms
;Envelopes
(/0.1.0.1.0) (/0.1.0.1.0) / (setf ilowpass 8420.000)
(/0.1.0.1.0) (/0.1.0.1.0)
(/0.1.0.1)

```

Код 26

```

(/ 1616.000 sr) (/ 2355.000 sr) (/ 6528.000 sr)
(/ 1516.000 sr) (/ 2255.000 sr) (/ 6428.000 sr)
(/ 1416.000 sr) (/ 2155.000 sr) (/ 6328.000 sr)
(/ 1316.000 sr) (/ 2355.000 sr) (/ 6528.000 sr)
(/ 1216.000 sr) (/ 2355.000 sr) (/ 6528.000 sr)
(/ 1116.000 sr) (/ 2355.000 sr) (/ 6528.000 sr)
(/ 1616.000 sr) (/ 2355.000 sr) (/ 6528.000 sr)
(/ 1516.000 sr) (/ 2355.000 sr) (/ 6528.000 sr)
(/ 1416.000 sr) (/ 2355.000 sr) (/ 6528.000 sr)
(/ 1316.000 sr) (/ 2355.000 sr) (/ 6528.000 sr)
(/ 1216.000 sr) (/ 2355.000 sr) (/ 6528.000 sr)
(/ 1116.000 sr) (/ 2355.000 sr) (/ 6528.000 sr)
(/ 1616.000 sr) (/ 2355.000 sr) (/ 6528.000 sr)
(/ 1516.000 sr) (/ 2355.000 sr) (/ 6528.000 sr)
(/ 1416.000 sr) (/ 2355.000 sr) (/ 6528.000 sr)
(/ 1316.000 sr) (/ 2355.000 sr) (/ 6528.000 sr)
(/ 1216.000 sr) (/ 2355.000 sr) (/ 6528.000 sr)
(/ 1116.000 sr) (/ 2355.000 sr) (/ 6528.000 sr)
(/ 1616.000 sr) (/ 2355.000 sr) (/ 6528.000 sr)
(/ 1516.000 sr) (/ 2355.000 sr) (/ 6528.000 sr)
(/ 1416.000 sr) (/ 2355.000 sr) (/ 6528.000 sr)
(/ 1316.000 sr) (/ 2355.000 sr) (/ 6528.000 sr)
(/ 1216.000 sr) (/ 2355.000 sr) (/ 6528.000 sr)
(/ 1116.000 sr) (/ 2355.000 sr) (/ 6528.000 sr)

```

Код 27

Что касается импорта заранее подготовленных программных сценариев, то здесь, если вы имеете общее представление о синтаксисе Nyquist/Lisp, вы можете обнаружить, что синтаксис и структура кода, описываемая нами во фрагменте выше, не совсем похожа на обычный синтаксис Lisp. Команды magic string чувствительны к регистру. И построение строк кода выглядит не совсем элегантно. Но для многих команд и сценариев существует альтернативный синтаксис, доступный путём прямого импорта дополнительных

функций Lisp¹. Для таких операций предпочтительно использовать Audacity® версии 2.4.0, однако если вы работаете в более ранних версиях данной программы

¹ Прим. автора. Каждый из импортированных сценариев имеет имя, начинающееся с AUD — «...», с суффиксом имени пишущей команды. Параметры сценариев передаются в качестве аргументов ключевого слова. При использовании этих команд синтаксиса Lisp присутствует несущественное снижение производительности, поэтому для критически важных приложений (таких как пакетная обработка аудиофрагментов и небольших файлов) предпочтительнее использовать версии AUD-DO.

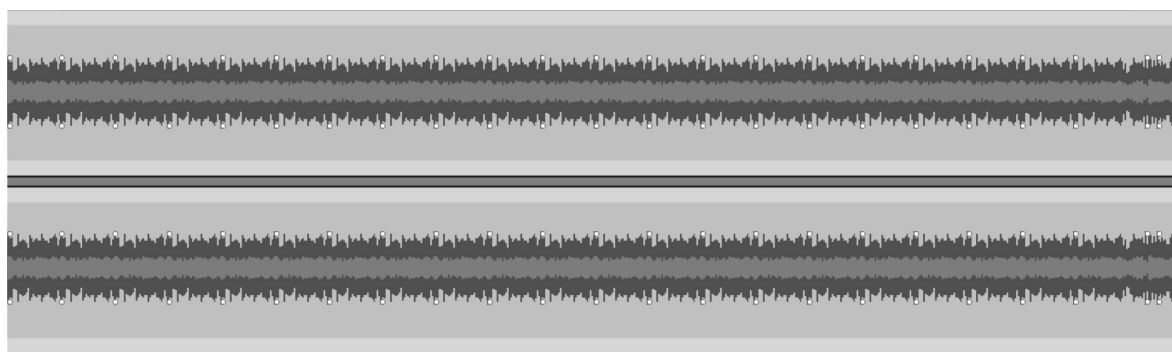


Рис. 26. Аудиоматериал, отмеченный контрольными точками, для поднятия частной амплитуды громкости.

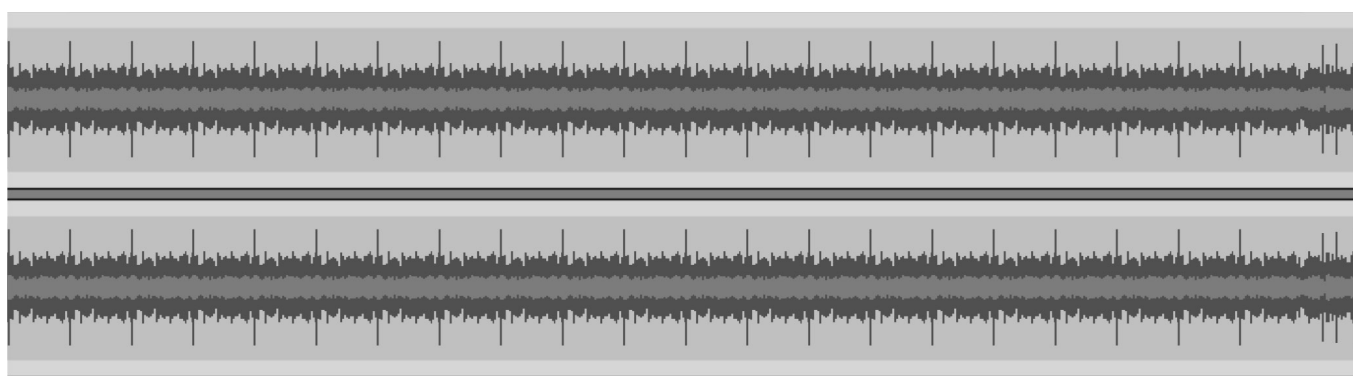


Рис. 27. Результат использования прозрачной огибающей. Пики, выделенные ранее, увеличили амплитуду громкости.

2.3.2¹ или 2.3.3, для импорта Lisp-сценариев можно воспользоваться следующей функцией

```
(aud-import-commands).
```

Поэтому внутрисценарно схема обработки аудиоматериала может выглядеть следующим образом (код 26).

Фрагмент кода показывает возможность применения прозрачной огибающей, с интервалами времени на каждом из которых присутствует отметка. Чуть ниже располагается таблица частот, демонстрирующая изменения амплитуды на выделенных участках (код 27).

Sr^2 — отметка частоты дискретизации. Первые шесть позиций варьируются к нулевой отметке в порядке

¹ Прим автора. В Audacity® 2.3.2 и более поздних версиях следующие команды сценариев имеют эквивалентные функции Lisp:

- Создание меню эффектов.
- Встроенные эффекты.
- Таблицы Сценариев I.
- Таблица Сценариев II.

² Прим. автора. Sample rate как глобальная переменная содержит (*sound-srate*/control-srate*=sound-srate-abs/control-srate-abs,)

убывания. Остальные секции таблицы остаются без изменений, единственное изменение — это начальная часть строки, которая периодически переходит в нисходящую. Для того чтобы воспользоваться опциями временной структуры и определить шкалу затуханий, можно вывести следующую строку

```
(diff s (env 0.0.1...))
```

Здесь diff определяет структуру времени, может работать в паре с «Returns» при необходимости возврата различий между установленными точками³, параметр env — остаётся параметром огибающей и создаёт точку или другую разновидность амплитудной модуляции. Таким образом, по сути, схема описывает следующий набор действий:

1. выделить точки, отмеченные маркером;

определяет частотную выборку управляющих сигналов (аудиосигнала), предопределяются в любой точке преобразования/sound-srate-abs (48000.0, osc(s4)). Произведёт вычисления /48000кГц/, даже если общий уровень частоты по умолчанию будет иным.

³ Прим. автора. Функция может определяться как sum a (prod -1 b), если есть условные a и b.

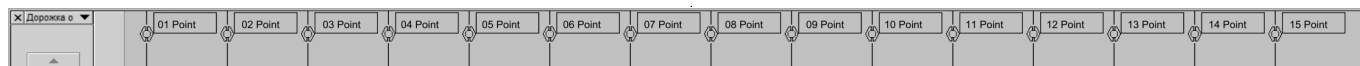


Рис. 28. Дорожка регулярной интервальной разметки в Audacity®.

2. взять все импульсные симметричные точки аудиосигнала (сформировать прозрачную огибающую¹);
3. увеличить амплитуду пиковой громкости выделенных маркером точек, оставляя остальные точки на прежнем уровне.

На английском языке² данные действия будут изложены так:

1. label the marked points;
2. get all pulse symmetric points of the audio signal (create transparent envelope);
3. increase peak volume amplitude of the labeled points, leaving the remaining points at the same level.

В результате мы получаем увеличение амплитуды отмеченных точек, что может быть очень полезно при дизайне, мастеринге и реставрации аудиоматериала.

Для расположения узла стыковки³ на тайм-линии мы воспользуемся Nyquist Prompt с целью расстановки точек⁴ огибающей формы аудиосигнала. На этом этапе считаем важным отметить, что расстановку точек можно также выполнить с помощью интерфейсно-ориенти-


¹ Прим. автора. Под прозрачной огибающей подразумевается схема разметки аудиоматериала без использования инструмента выделения и его направляющих кривых. То есть, огибающая кривая присутствует на сонограмме только в виде точек. В случае с интерфейсным редактированием на сонограмме отражается и сама линия огибающей, вдоль которой можно в хаотичном порядке выстраивать точки. Обратите также внимание, что снимки сонограммы в некоторых случаях имеют разный оттенок (в градациях серого) в независимости от темы, которая используется интерфейсом Audacity®. Здесь можно охарактеризовать два способа выделения спектро-акустической составляющей аудиоматериала интерфейсно-ориентированное выделение и программно-ориентированное выделение. В первом случае огибающая линия присутствует и отображается сама область выделения, во втором случае видны только точки и их геометрия расположения.

² Прим. автора. Можно использовать в качестве формулировок (либо дополнительных комментариев) в коде на английском языке, для описания алгоритма исполнения процесса и для строчных комментариев.

³ Прим. автора. Узлы стыковки бывают разного вида одноранговые и двухранговые. Одноранговый узел стыковки предполагает три ступени плавных затуханий с пользовательским интервалом. Двухранговый узел стыковки подразумевает три и более ступеней затуханий с пользовательским интервалом*.

* Пользовательский интервал — это интервал, время которого заданно пользователем (оператором программы).

⁴ Прим. автора. Расстановка точек необходима для оптимального баланса канальной пропускной способности аудиоматериала при его стыковке с другим аудиоматериалом. Точки огибающей могут регулировать степень плавного спада аудиопотока, а также скрывать некоторые акустические нюансы аудиоматериала при его горизонтальном сведении.

рованного инструмента «огибающая» , а расстановку самих меток с помощью инструмента Regular interval labels (регулярная интервальная разметка).

Но здесь нужно принять во внимание тот факт, что инструмент «огибающая» расставляет точки хаотично по движению стрелки мыши. И тут есть несколько моментов:

1. Выделение с помощью мышки и клавиатуры имеет погрешность и не является точным.
2. Отсутствует возможность формирования симметрии расставляемых точек.
3. Отсутствует возможность выравнивания точек по диагонали трека.

Первый момент — заставляет аудиоинженера работать на слух⁵, потому что точки ставятся приблизительно, и даже если кажется, что они стоят симметрично, то между ними есть значительный числовой интервал.

Второй момент — актуализирует проблему геометрии отклика аудиосигнала при плавном его спаде. Особенно характерно для стерео аудиосигнала.

Третий момент — делает невозможным процедуры ветвления⁶ аудиоматериала, поскольку на глаз невозможно (крайне трудно) выравнивать отмеченные точками участки аудиокomпозиции. С Nyquist Prompt эта проблема становится разрешимой. Для наглядности импортируем обычный музыкальный аудиоматериал в редактор Audacity®, который будет иметь смешанный тип содержимого.

Стереосигнал поделён на две независимые дорожки, которые имеют нестандартный перекрёстный вариант перехода друг в друга с узлом стыковки, немного увеличивающим амплитуду на одной из фаз перехода. Определим себе задачу выделения одной

⁵ Прим. автора. Работа «на слух» заключается в контроле акустического баланса (привязанного к точкам) оператором аудиомонтажа. Таким образом, выявление несовпадений по спектрочастотной амплитуде (провалы громкости, несбалансированные пики) определяются на слух, соответственно наладка такого типа аудиоданных требует большой отдачи со стороны звукорежиссёра (оператора аудиомонтажа).

⁶ Прим. автора. Ветвление аудиоматериала это технологический процесс, подразумевающий выравнивание веток точек аудиоматериала с целью обеспечения единого баланса громкости фазы при финальном затухании аудиокomпозиции. То есть тогда, когда необходимо выдерживать временной интервал спада громкости, приводящий впоследствии к полному затуханию конечного фрагмента аудиоматериала.



Рис. 29. Аудиоматериал, имеющий смешанный тип содержимого со сложным узлом стыковки.

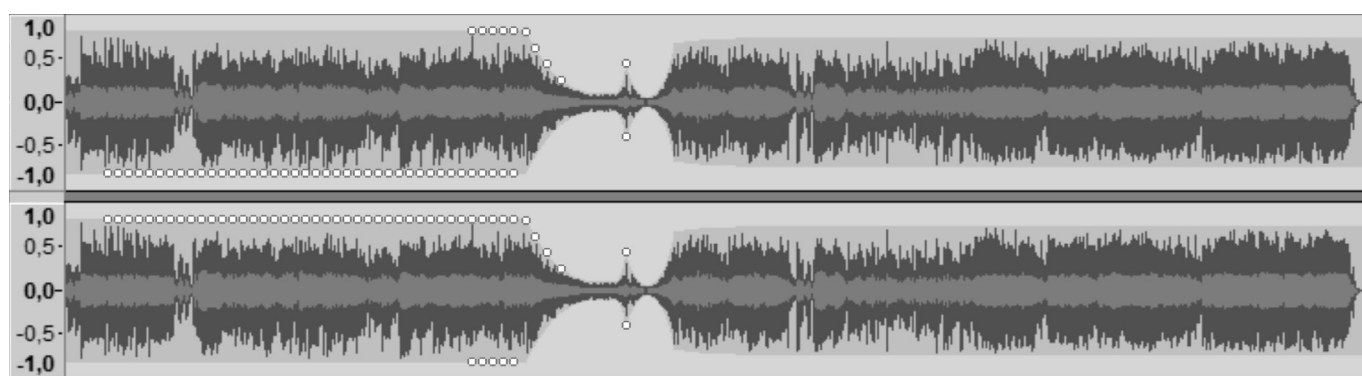


Рис. 30. Выделенный за счёт контрольных точек аудиоматериал, имеющий полярную структуру выделения.

```

;amplitude-rms
;Envelopes
L= (/0.1.0.1.0) (/0.0.0.0.0) R= (/0.1.0.1.0) (/1.0.1.0.1)
    (/0.1.0.1) (/1.0.0.1)      (/0.1.0.1) (/1.0.0.1)
-----|Fragment of the table|-----
(/ 2614.000 sr) (/ 3064.000 sr) (/ 5315.000 sr) (/ 1000.000 sr)
(/ 2514.000 sr) (/ 3063.000 sr) (/ 5314.000 sr) (/ 1000.000 sr)
(/ 2414.000 sr) (/ 3062.000 sr) (/ 5313.000 sr) (/ 1000.000 sr)
(/ 1614.000 sr) (/ 2064.000 sr) (/ 4315.000 sr) (/ 1000.000 sr)
(/ 1613.000 sr) (/ 2063.000 sr) (/ 4314.000 sr) (/ 1000.000 sr)
(/ 1612.000 sr) (/ 2062.000 sr) (/ 4313.000 sr) (/ 1000.000 sr)
    
```

Код 28

из полярностей¹ стереосигнала (для дальнейшего поднятия уровня громкости пиков). Это будет небольшая часть левой и правой полярностей с отдельным эпизодом выделения пика узла стыковки (в этом слу-

чае для контроля перехода). При этом левая (L) и правая (R) стороны аудиосигнала будут иметь различную структуру разметки. Фрагмент, следующий за данными изменениями, останется нетронутым (т.е. не будет подвержен редактированию). Для этого обратимся к таблице частот подобно той, которая использовалась выше при симметричном выделении пиков (код 28).

¹ Прим. автора. В этом процессе под полярностями мы понимаем симметричную либо асимметричную геометрическую форму отражения аудиосигнала визуализируемого на сонограмме.

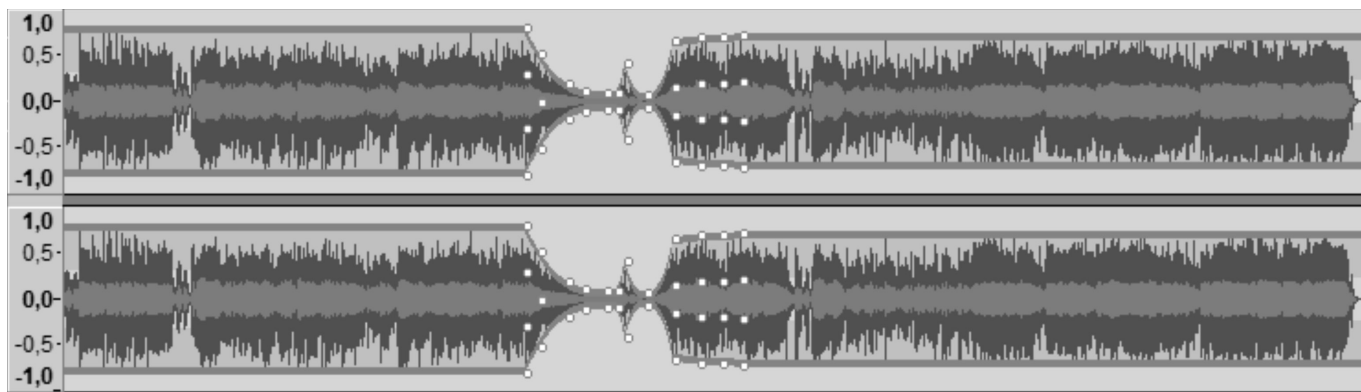


Рис. 31. Выделение того же аудиофрагмента интерфейсно-ориентированным способом, используя стандартные кривые, предусмотренные интерфейсом программы Audacity®.

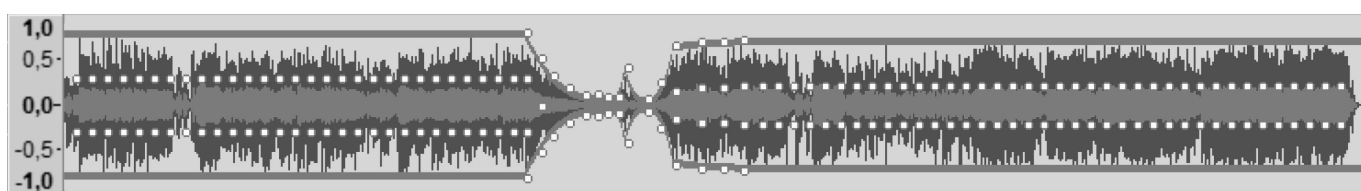


Рис. 32. Комбинированный способ выделения аудиофрагмента с использованием интерфейсно-ориентированных опций (стандартные огибающие) и опций программно-ориентированных (прозрачные огибающие).

Для упрощения изложения материала, учитывая объёмы научной статьи, мы привели начальный заголовок программной таблицы, характеризующий установленные на данном редактируемом аудиоматериале частоты. Небольшое отличие данного фрагмента таблицы от её предыдущего аналога состоит в том, что выделенные частоты, идущие в порядке возрастания (2614–5315), *незначительно снижаются* для перехода в более *нижние пределы* частот (2614–1614). Такое снижение позволяет применять любой из перечисленных в статье аудиоплагинов на любом выделенном точками фрагменте.

Мы добились выделения полярностей пиковых значений громкости с помощью программной таблицы, используя прозрачную огибающую.

Давайте посмотрим как будет выглядеть подобный результат (с использованием того же фрагмента аудиоматериала), в контексте применения интерфейсно-ориентированного инструмента «изменение огибающей»

Как мы видим, форма изменения огибающих выглядит несколько по-другому, точки, фиксирующие изменения значений по RMS и точки контролирующие отражение её пиков, зависят от видимых огибающих стереосигнал кривых. Поэтому в случае ультра точного компьютерного аудимонтажа больше подходит выде-

ление с прозрачными кривыми. Однако в некотором смысле эти два вида выделения можно совмещать. В первом случае должно идти интерфейсно-ориентированное выделение аудиосигнала, а во втором — программно-ориентированное с применением программной таблицы. В результате мы будем иметь более сложную (комбинированную) структуру выделения, как показано ниже

Итак, мы добились наиболее точных показателей выделения структуры аудиоматериала и его фрагментов¹, благодаря чему можно существенно повысить качество обработки звука в Audacity®, и расширить горизонты экспериментов со звуком. Ниже представлен интерфейсно-ориентированный способ работы с огибающей

¹ Прим. автора. Обратите также внимание на форму выделения RMS, в первом аудиофрагменте точки располагаются во внепиковой зоне (кроме одной точки), а во втором — во внутрпиковой. Это обстоятельство позволяет сделать следующие выводы:

- 1) Изменение математических параметров RMS можно вести независимо от центральной фазы (единственное, что нужно сделать, это поставить точку узла пересечения огибающей).
- 2) При сведении аудиодорожек либо их спектральном редактировании изменения, внесённые с помощью манипулирования амплитудой громкости, будут чётче фиксироваться спектрограммой, в дальнейшем это позволит убирать некорректные пики уже путём спектрального редактирования.
- 3) Редактирование RMS, так же как и в случае с пиками, можно вести симметрично, подгоняя отдельные частотные диапазоны под установленный оператором шаблон.

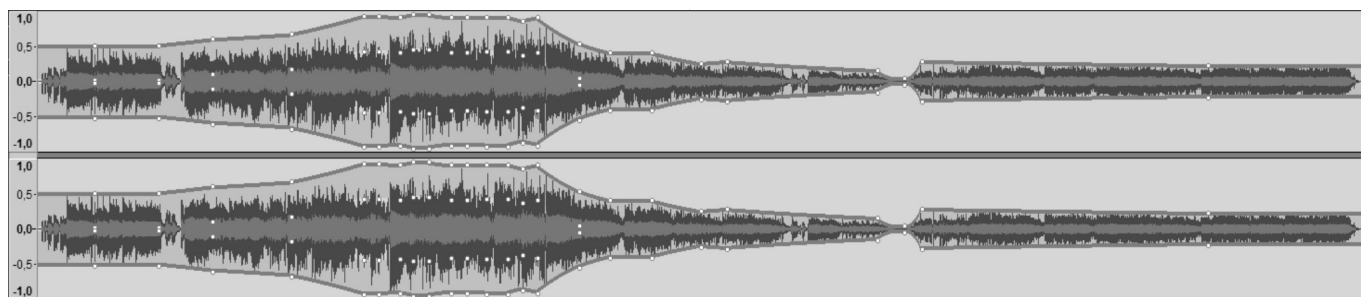


Рис. 33. Аудиоматериал со смешанным содержимым и управляемый стандартными кривыми (кривые огибающей).

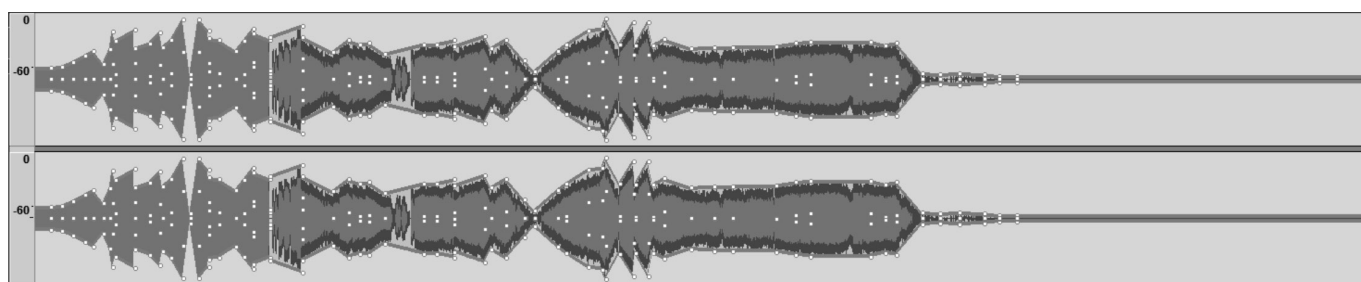


Рис. 34. Аудиоматериал со смешанным содержимым, имеющий нестандартную структуру RMS — результат совмещения выделений стандартной и прозрачной кривых.

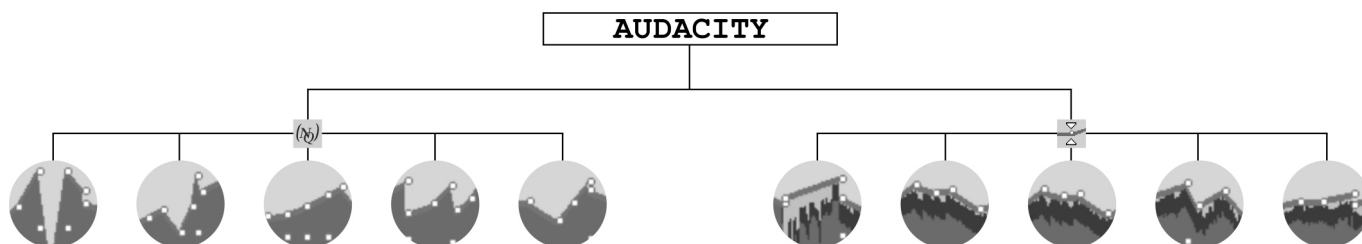


Рис. 35. Управление огибающими посредством контрольных точек. Слева — контроль, над точками, осуществляемый через приглашение NuquistPrompt. Справа — контроль, над точками, осуществляемый через интерфейс программы.

аудиосигнала (рис. 32), демонстрирующий развитость этой опции, и ещё ниже для наглядного представления показан комбинированный способ работы с обычной и прозрачной огибающими (рис. 33).

Читатель, наверное, обратил своё внимание на нестандартную структуру аудиоматериала в начале представленной на сонограмме композиции (Рис. 33). В действительности это стерео материал со смешанным содержимым, в начале которого присутствует искусственно сгенерированный однородный аудиосигнал, над отрезком которого не проходит обычная огибающая Audacity®, её свод начинается над оригинальным материалом, имеющим тип смешанного содержимого. Кроме того, искусственный сигнал не имеет пиков, поэтому его точки контролируют исключительно RMS. Первая часть

точек на аудиофрагменте контролируется программной *таблицей частот*, а вторая часть точек контролируется *интерфейсной опцией* «изменение огибающей» (рис34).

Таким (комбинированным) подходом можно добиться наиболее востребованного результата при сведении аудиоматериала разных типов и жанров, к тому же «комбинированный подход» очень полезен при реставрации аудиоматериала, так как подобный аудиоматериал имеет большое количество акустических погрешностей, требующих заглушения либо полного удаления.

Удаление конечно лучше всего производить в спектральном режиме редактирования, а заглушение, при использовании комбинированного подхода, можно выполнять на обычной звуковой форме, располагая

```
sound-srate-abs 44100
ñontrol-srate-abs 44100 -159.03437/-167.82133
```

Код 29

$$\begin{bmatrix} 0.1 & 0.5 & 0.1 \\ 1.0 & 5.0 & 1.0 \\ \text{pwlv} & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} 1.1 & 0.1 & 0.1 \\ 1.1 & 0.1 & 0.1 \\ g0 & g1 & > g0 & g1 \end{bmatrix}$$

(defun r-cos (dur)
 (abs-env
 (mult 0.5
 (sum 1
 (osc (hz-to-step (/ (* dur 2))) dur *table* 90))))))

Код 30

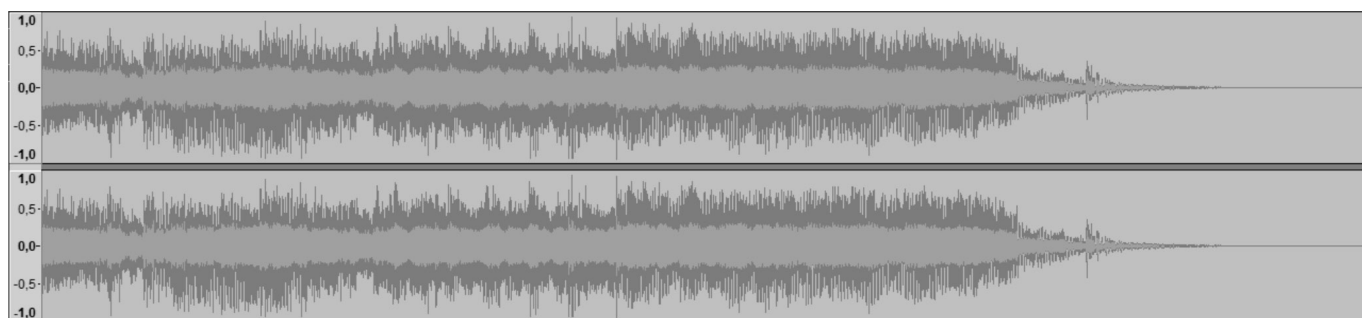


Рис. 36. Плавное затухание при отрицательной пиковой амплитуде
 (Прим. автора. Имеется ввиду плавное понижение общей пиковой амплитуды громкости с учётом RMS.)

контрольные точки над нежелательными артефактами аудиосигнала. Там где имеются ярко выраженные акустические артефакты на протяжении всего хронометража аудиоматериала, такой подход позволит, не затрагивая полезный аудиосигнал, приглушать и заглушать потенциально повреждённые участки аудиоматериала.

Ввод фрагментов программного кода, описывающего алгоритм спада с применением различных подходов выделения участков аудиосигнала (используя обычную и прозрачную) огибающие, позволит модифицировать алгоритмы и видоизменять геометрию плавного затухания аудиосигнала. При горизонтальном нелинейном сведении аудиотреков либо их отдельных фрагментов как раз очень актуальна возможность изменения траектории спада спектро-частотной амплитуды.

Допустим, мы хотим сделать плавное затухание аудиосигнала при общей пиковой амплитуде -159.03437 дБ и при среднеарифметическом показателе среднеквадратического значения -167.82133 дБ. Устанавливаем параметры частоты дискретизации в соответствии с нашим проектом (код 29).

Дополняем программный код алгоритма студийного затухания согласно нижеприведенной схеме, используя заголовки частотной таблицы (ячейки) таким образом, чтобы уровни громкости соответствовали параметрам `mult`¹ (код 30).

В результате мы получаем крутой, а затем мягкий склон частотной амплитуды в конце аудиоконпозиции с псевдокомпрессионным² эффектом сужения каналов на выходе³ (рис. 34).

¹ Прим. автора. В зависимости от того, какой аудиоматериал будет выбран. Если это будет аудиоматериал с характеристиками моно, то значения `g1` в правой части столбца заголовка таблицы поменяют очерёдность. Если аудиоматериал будет иметь характеристики стерео, то здесь всё остаётся без изменений, как показано на схеме.

² Прим. автора. Под псевдокомпрессионным эффектом здесь понимается сужение частотного диапазона выделенного фрагмента аудиоматериала для достижения отрицательной пиковой амплитуды с сохранением оригинальной динамики RMS. В этом случае мы можем подчеркнуть (усилить, выделить) различные частоты, не затрагивающие основной RMS-поток. Такая настройка фейдинга позволит обратить внимание на определённые акустические блоки и подчеркнуть желаемые гармоники в затухающем аудиоматериале. Очень важно для современного компьютерного сведения аудиоматериала разной жанровой направленности.

³ Прим. автора. Формируемый в результате манипуляций с ячейками таблицы «мягкий склон» иллюстрирует рис. 35, где в качестве основных инструментов

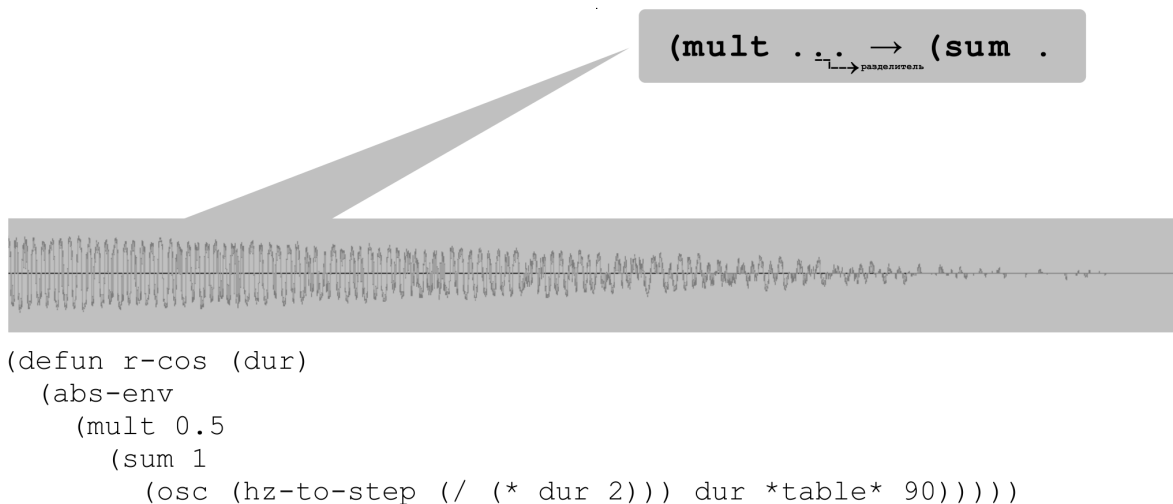


Рис. 37. Результат работы элементов управления Nyquist mult/sum.

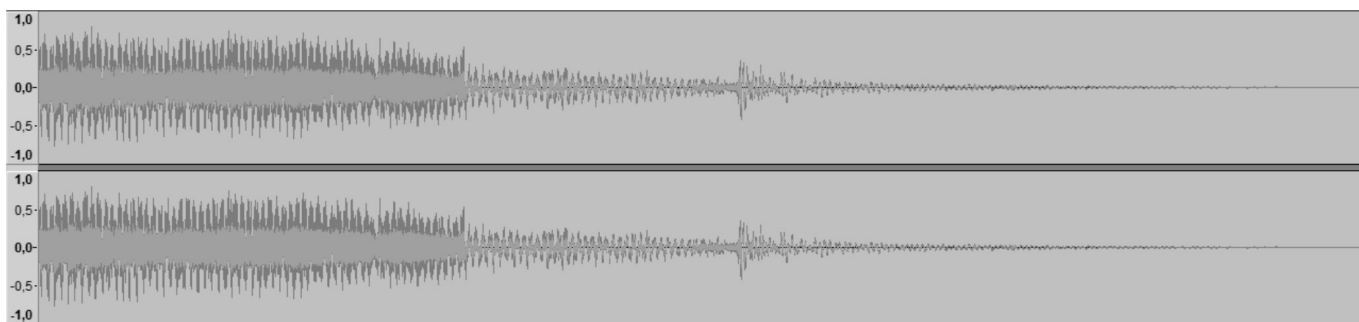


Рис. 38. Nyquist mult/sum — полный фрагмент затухания.

Основными элементами управления частотной таблицей здесь будут mult/sum.

К примеру, изменения числовых значений в положительную сторону 0.5 (mult) — в первом случае приведут к уплотнению спектрочастотной амплитуды, тем самым повысят её громкость относительно точки выделения аудиофрагмента, изменение значений в отрицательную сторону приведут к обратному эффекту, т.е. к затуханию аудиосигнала в противоположную сторону от установленного порога выделения. Sum здесь всё также остаётся классом суммы, который формирует сумму чисел по одной от каждого из двух других выбранных образцов. Соответственно при увеличении этого значения повысится громкость и увеличится плотность аудиосигнала. Это значение хорошо использовать в корреляции с mult для имитации жирности¹ аудиосигнала в период его затухания.

управления ячейками выступают mult и sum. В перспективе настройка сонограммы может быть отсечена (масштабирована по хронометражу) по внутренней и общей фазам, согласно рис. 37.

¹ Прим. автора. При компьютерном аудиомонтаже звукозаписей, разделённых на различные дорожки особенно при их дальнейшем сведении, бывает необходимо подчеркнуть некоторые частоты при

Данные операции достаточно хорошо разрешают ситуации с профессиональным (точным) сведением аудиодорожек. Что касается регулируемого спада спектро-частотной амплитуды в целом и спада внутрифазной амплитуды межфрагментарных акустических блоков, то здесь можно рассмотреть следующий пример:

На рисунке 37 изображён фрагмент сигналограммы в виде звуковой формы, тёмно-серым оттенком

затухании аудиоматериала, процесс усложняется вдвойне, если выбранный фрагмент характеризуется смешанным содержанием аудиоматериала, и если, к примеру, нужно подчеркнуть элементы вокала или клавишного инструмента (на участке перехода от дорожки к дорожке), то обычно приходится прибегать к сторонним эффектам (это может быть компрессия, клиппинг, эквалазация). Все перечисленные эффекты так или иначе видоизменяют содержание аудиоматериала и могут ухудшать спектро-частотные характеристики других фрагментов обрабатываемого трека. Поэтому в данном случае мы используем обычный пересчёт громкости аудиоданных, не приводящий к существенной деформации аудиоматериала (не изменяющий не выделенных для обработки гармоник), эффект жирности здесь во многом будет зависеть от увеличения изначальной громкости. Это и есть та самая тонкая настройка, позволяющая (без применения сторонних плагинов) производить точную подстройку всех элементов сонограммы под общую настройку в соответствии с установленными значениями проекта.

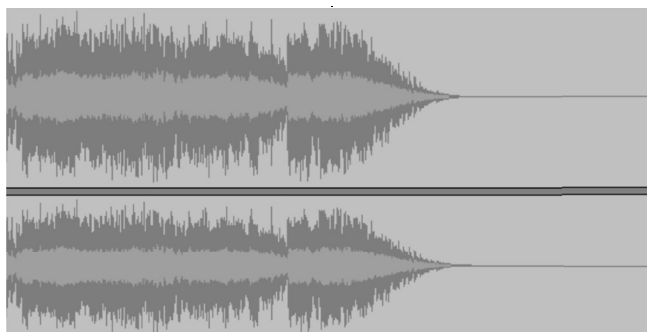


Рис. 39. Общая и внутренняя фазы и плавное затухание.

```
(defun filter (sig dur)
  (abs-env
    (let* ((nyq-hz (/ *sound-srate* 2))
           (f-out (r-cos (min (/ dur 2.0) 0.5)))
           (f-in (diff (snd-const 1 0 *sound-srate* dur) f-out)))
      (sim
        (mult f-out sig)
        (mult f-in (lp sig (pwlv nyq-hz dur 100)))))))

(defun r-cos (dur)
  (abs-env
    (mult 0.5
      (sum 1
        (osc (hz-to-step (/ (* dur 2))) dur *table* 90))))
    (let ((dur (get-duration 1)))
      (cond
        ((< len 3) "Selection too short.\nIt must be more than 2 samples.")
        ((< dur 0.2) (mult s (r-cos dur)))
        (t (mult (filter s dur) (r-cos dur)))))))
```

Код 31

обозначена общая фаза — (PH), светло-серым выделена внутренняя фаза (InPH). На индикаторах присутствуют соответствующие описания PH — фаза (phase), InPH — внутренняя фаза (Intraphase). Фаза представляет собой общую пиковую громкость, внутренняя фаза характеризует оригинальный уровень звукового давления (ядро громкости). Если нам необходимо провести калибровку громкости аудиоматериала в пределах установленного хронометража по InPH (RMS), то здесь можно использовать связку ((= g0 g1) g0), которую может характеризовать направление кривой (scale-curve g0 g1 (cosine-curve g0 g1))). Сдвиг общей фазы (PH) по громкости в сторону увеличения либо уменьшения амплитуды сигнала может контролироваться точками входа¹ (g0 g1) / (- g0 g1).

Чуть ниже представлено полное описание алгоритма затухания (Studio Fade Out) на языке Nyquist (код 31).

¹ Прим. автора. Имеются в виду точки входа на увеличение либо на уменьшение (в соответствии с параметрами кода и выбранным алгоритмом затухания).

Здесь abs — абсолютное числовое значение. Expr — число. Returns — возврат абсолютного числового значения. Cond — контрольная конструкция, выполняющая условную оценку, может использоваться как связка cond pair, где pair — пара состоящая из (pred expr...). Pred — предикатное выражение (выражение с допущением). Expr оценивается, если допущение не является nil. Returns — возврат значения первого выражения, в котором допущение не является nil. Прежде чем подойти к выводам нашей статьи и для полноты научного обзора стоит отметить ещё один фиксированный модуль, имеющий отношение непосредственно к корректровке частотного спада аудиосигнала это сокращённый вариант модуля «Studio Fade Out» — «Fade In» → «Fade Out». Модуль представляет собой отдельные секции Fade In — плавное нарастание звукового давления, Fade Out характеризует плавный спад звукового давления.

Модуль Fade In является частью самой программы, однако основные его параметры изложены в интерпретации Nyquist и выражаются кодом 32:

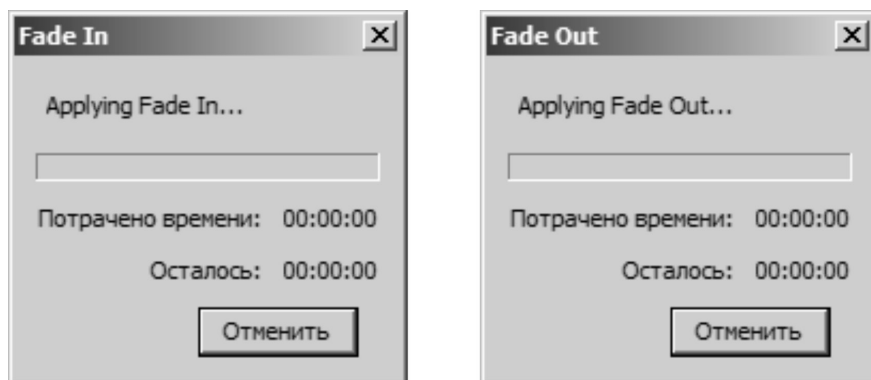


Рис. 40. Интерфейс модулей обработки аудиоданных Fade In/Fade Out.

```
(mult *track* (pwlv 0 1 1 1.1 1))
```

Код 32

```
(mult *track* (pwlv 0 1 2 1.1 0))
```

Код 33

```
(mult *track* (pwlv 1 1 0))
```

Код 34

```
(mult *track* (pwlv 2 1 0))
```

Код 35

Для эффекта акустической вспышки в начале трека можно использовать следующие настройки (код 33).

Строчка кода позволяет эмулировать постепенное линейное плавное нарастание аудиосигнала на входе.

Плавное снижение аудиосигнала обеспечивает модуль Fade Out, который выражается следующей строчкой (код 34).

Для достижения эффекта акустической вспышки¹ можно использовать следующую настройку (код 35):

¹ Прим. автора. Акустическая вспышка — специализированный акустический эффект, при котором амплитуда аудиоматериала (в отмеченном участке сигнала) резко возрастает на единицу времени, после чего резко спадает. Эффект акустической вспышки чаще всего употребим при сведении различных аудиодорожек, причём, в первую очередь, при инструментальном сведении, к примеру перкуссии, которая может иметь разные циклы ударов. Также данный эффект может применяться при

И тот и другой модули можно корректировать через Nuquist Prompt, ход выполнения процесса характеризует следующая иллюстрация

При горизонтальном либо вертикальном сведении больших массивов аудиоданных может потребоваться многошаговое затухание (Multi-step fade out), которое обеспечит плавный спуск амплитуды аудиосигнала на определённых отметках (код 36).

Шаги определяются цифрами, которые являются идентификационными метками плавного фрагментарного спуска аудиосигнала на каждом из участков. К примеру, стандартная формулировка многошагового затухания будет выглядеть следующим образом (код 37).

сведении вокальных партий с бэк-вокалом для уплотнения некоторых участков общей акустической картины сведённых партий.

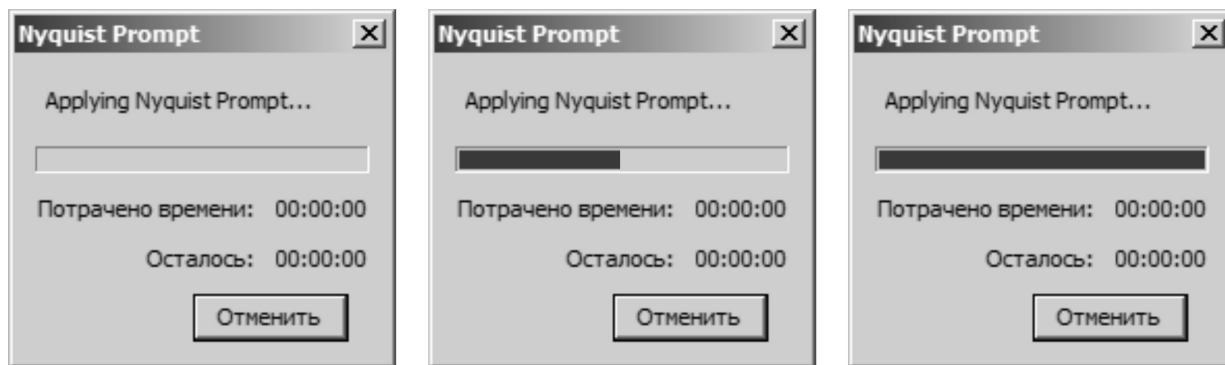


Рис. 41. Шкалы выполнения процесса модулем NyquistPrompt.

```
( _ . _ . _ . _ . _ . _ . _ . _ . _ . _ . _ . _ . )
```

Код 36

```
(
  ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓
  ( 1 0.4 0.775 0.8 0.447 0.9 0.316 0.95 0.224 1.0 0.0 ) )
```

Код 37

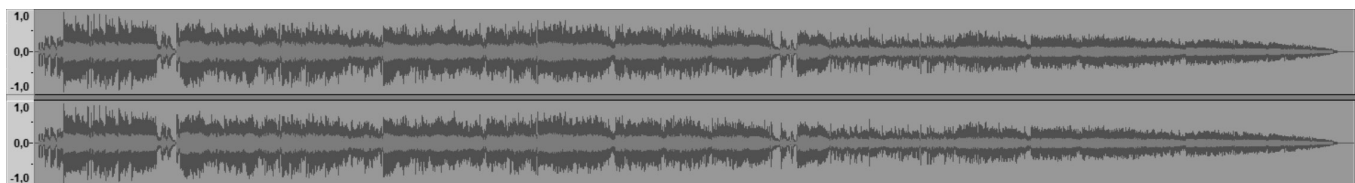


Рис. 42. Многошаговое затухание.

```
(mult *track* (pwlv 1 0.4 0.775 0.8 0.447 0.9 0.316 0.95 0.224 1.0 0.0))
```

Код 38

Сигналограмма примет следующий вид (рис. 42).

Полная строка кода для ввода в NyquistPrompt будет следующей¹ (код 38).

Для того чтобы усилить крутизну эффекта (код 39).

Соответственно полная строка кода для ввода в NyquistPrompt будет таковой (код 40).

¹ Прим. автора. При вводе команд на языке Nyquist параметр Use Legacy (version 3) syntax должен быть не активен. В противном случае оболочка NyquistPrompt не предпримет шагов для обработки аудиосигнала. При откате команды назад — действие ввода команд Nyquist не будут учитываться программой. Для лабораторных экспериментов автором статьи использовалась Audacity® версии 2.1.3. В других примерах использовалась текущая версия Audacity® 2.4.2.

Сигналограмма примет следующий вид (рис. 43).

В тех случаях, когда необходимо чтобы кривая синуса постепенно нарастала, противоположно многошаговому затуханию можно воспользоваться следующим формуляром (код 41).

Сигналограмма примет следующий вид (рис. 44).

Чтобы усилить центр и создать плавный спад в начале и в конце аудиокомпозиции, можно применить следующий код (код 42):

Сигналограмма преобразуется в следующий вид (рис. 45).

```
(0 0.0 0.000 0.0 0.000 0.0 0.000 0.00 0.000 0.0 0.0)
  ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓
(1 0.4 0.775 0.8 0.447 0.9 0.316 0.95 0.224 1.0 0.0)
  ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓
(1 0.5 0.775 0.4 0.500 0.9 0.700 0.95 0.740 1.0 0.1)
```

Код 39

```
(mult *track* (pwlv 1 0.5 0.775 0.4 0.500 0.9 0.700 0.95 0.740 1.0 0.1))
```

Код 40

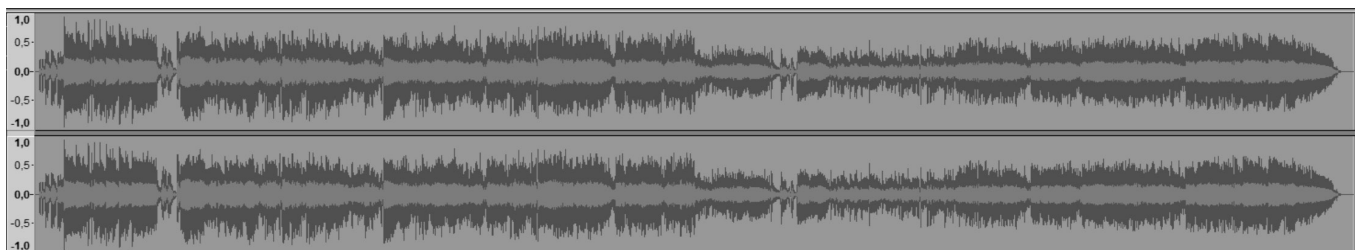


Рис. 43. Многошаговое затухание с соответствующей изложенному программному коду «крутизной».

```
(mult *track* 0.5
  (sum 1
    (osc (hz-to-step (/ (get-duration 2)))
      1 *table* -90)))
```

Кдо 41

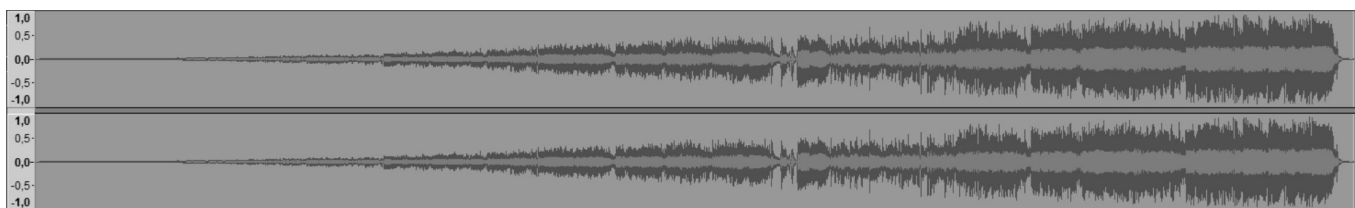


Рис. 44. Многошаговое затухание на входе аудиосигнала.

В некоторых случаях при сведении может пригодиться эффект волнообразных затуханий в течение всего сигнала, такой эффект будет полезен при создании волнообразных сонограмм, состоящих из сольных партий различных инструментов или вокала. Например, при сведении струнных инструментов — басовой (электро) и акустической гитар. Для этого можно воспользоваться следующей формулировкой кода (код 43).

Для усиления крутизны повышаем значение `mult` и `sum` и можем наблюдать изменение геометрии сонограммы в сторону уплотнения пиков (рис. 46).

В инженерной практике также может быть полезен эффект волнообразного конечного затухания, для этого можно использовать следующий код (код 44).

По умолчанию сигналограмма будет такой (рис 48).

Для того чтобы добиться широко распространённого в компьютерном монтаже аудиоматериала эффекта волнообразного сужения каналов на выходе, следует ввести код со следующими корректировками (код 45).


```
(mult *track* 0.3
  (sum 2
    (osc (hz-to-step (/ (get-duration 1)))
      1 *table* -80)))
```

Код 42

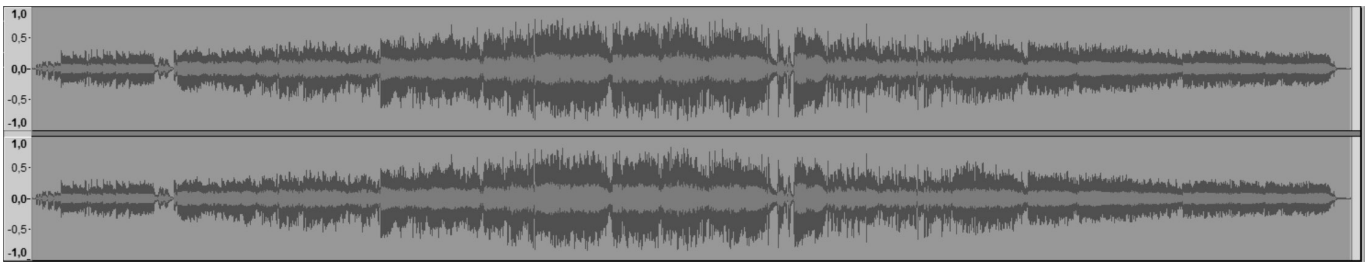


Рис. 45. Многошаговое затухание со смещённым к центру увеличением амплитуды аудиосигнала.

```
(setf wiggle (mult 0.2 (hzosc (/ 6.0 (get-duration 1))))
  (mult *track* (sum 1.0 wiggle)))
```

Код 43

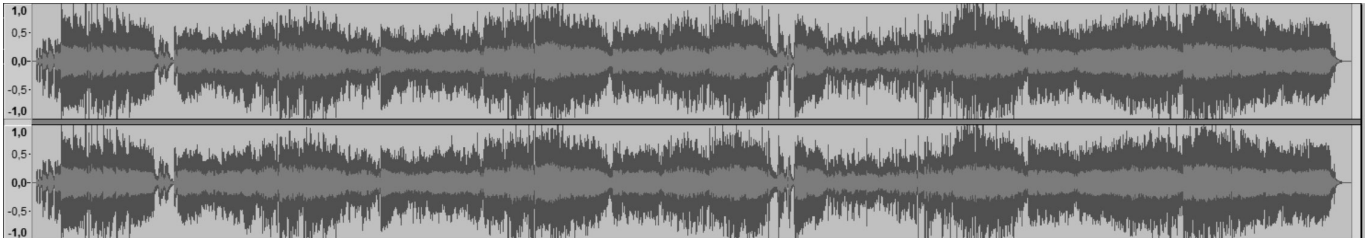


Рис. 46. Пример волнообразных многошаговых затуханий.

```
(setf wiggle (mult 0.5 (hzosc (/ 3.0 (get-duration 1))))
  (mult *track* (sum 1.1 wiggle)))
```

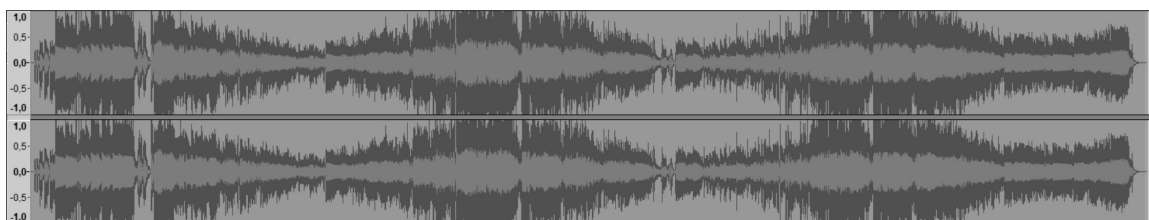


Рис. 47. Пример волнообразных многошаговых затуханий в соответствии с изменёнными по «крутизне» параметрами программного кода.

```
(setf wiggle (mult 0.2 (hzosc (/ 6.0 (get-duration 1))))))
(mult *track* (pwlv 1 1 0) (sum 1.0 wiggle))
```

Код 44

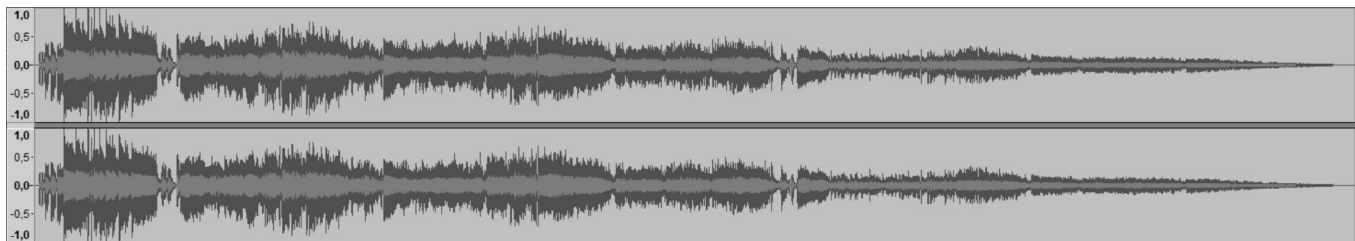


Рис. 48. Пример волнообразного конечного затухания.

```
(setf wiggle (mult 0.5 (hzosc (/ 4.0 (get-duration 1))))))
(mult *track* (pwlv 1 1 0) (sum 2.0 wiggle))
```

Код 45

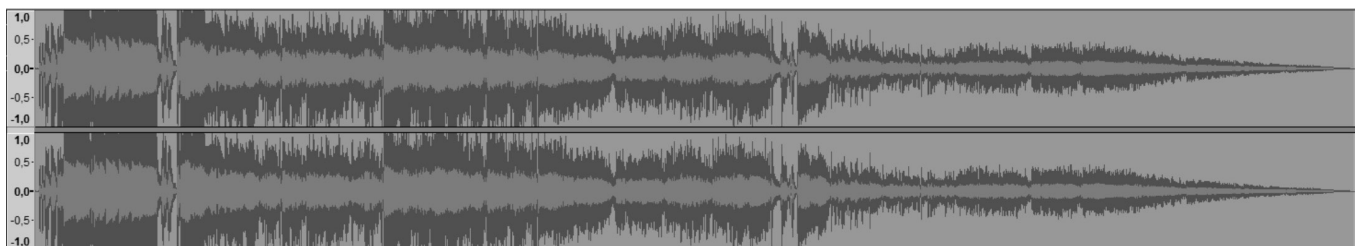


Рис. 49. Пример волнообразного сужения каналов на «выходе».

Сигналограмма примет несколько иной вид (рис. 49).

С помощью простых эффектов затуханий и их описаний на языке Nyquist можно достичь и некоторых других интересных эффектов, полезных при сведении аудиоматериала. В процессе подбора литературы для работы над данной статьёй автор наткнулся на интересную модификацию кода Nyquist¹, способную создавать интервал внутри выбранной дорожки на заданном пользователем участке с промежуточным нарастанием и затуханием аудиосигнала (рис. 48), код 50.

¹ Прим. автора. Модификация размещена по электронному адресу: <http://forum.audacityteam.org/viewtopic.php?f=39&t=53408> / Название эффекта — Dual-Fade. Автор edgar-rft (дата обращения к источнику: 15.01.2021). С изменениями и дополнениями с ресурса: <https://www.christeck.de/2012/08/21/dual-fade-nyquist-plugin-for-audacity/> (дата обращения к источнику: 15.01.2021).

Здесь (`totalDuration (/ len *sound-srate*)`) соответствует количеству выборки. (`segmentDuration (/ totalDuration 3)`) характеризует параметры затухания, тишины и время спада. (`decay-end (/ segmentDuration totalDuration)`) определяет конец постепенного затухания. (`ramp-start (/ (* segmentDuration 2) totalDuration)`) выявляет конец тишины. (`ramp-end (/ (* segmentDuration 3) totalDuration)`) — конец постепенного нарастания аудиосигнала. (`len+1 (/ (1+ len) len)`) — Время Nyquist в `len + 1` выборка. Далее смотрим следующие две позиции изменения и смещения сонограммы (рис. 49,50).

Таким образом, мы рассмотрели основные инженерно-технические возможности языка программирования Nyquist (в программной среде Audacity®) в области корректировки точности плавного снижения и повышения спектро-частотной амплитуды аудиосигнала.

```
(defun dualfade (sound)
  (let* ((totalDuration (/ len *sound-srate*))
        (segmentDuration (/ totalDuration 3))
        (decay-end (/ segmentDuration totalDuration))
        (ramp-start (/ (* segmentDuration 2) totalDuration))
        (ramp-end (/ (* segmentDuration 3) totalDuration))
        (len+1 (/ (1+ len) len)))
    (control-srate-abs *sound-srate*
      (mult sound (pwl 0.0 1.0 decay-end 0.0
        ramp-start 0.0 ramp-end 1.0 len+1))))))
(dualfade s)
```

Код 50

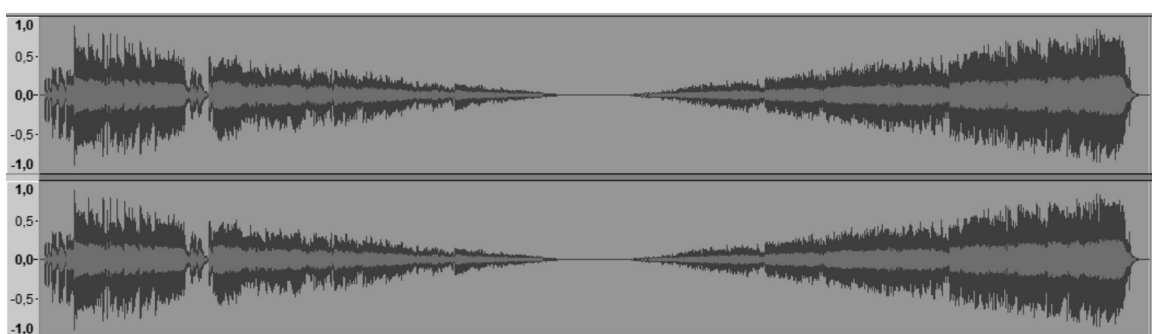


Рис. 50. Вариация использования интервальной тишины (с возможной коррекцией её хронометража).

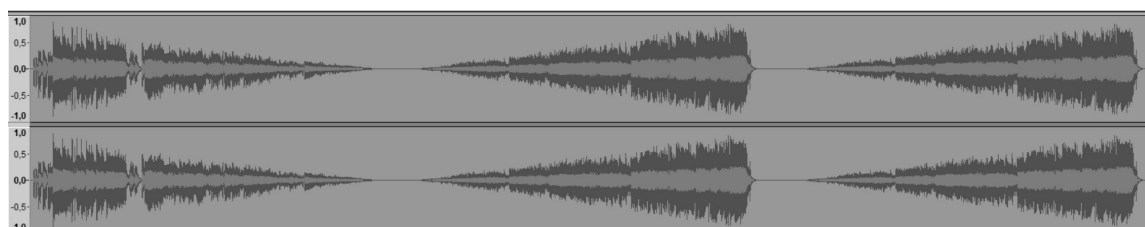


Рис. 51. Вариация использования интервальной тишины: спад → интервал → нарастание → интервал → нарастание → интервал.

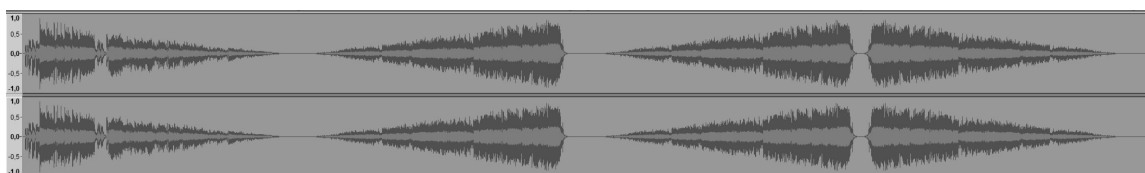


Рис. 52. Вариация использования интервальной тишины: спад → интервал → нарастание → интервал → нарастание → интервал → спад. Интервальная тишина правого аудиофрагмента сдвинута по хронометражу общей дорожки.

Автор попытался систематизировать и упорядочить все основные визуальные инструменты интерфейса программы Audacity®, отвечающие за редактирование и точную настройку выделенных фрагментов аудиоматериала, при этом, не забывая про терминальные функции, открывающие дополнительные возможности по балансировке отладке и точной настройке отдельных подключаемых модулей программы. В принципе перечисленные технические процедуры редактирования аудиоматериала можно отнести к гибриднему способу обработки аудиоданных. Именно в силу совместного и поочерёдного использования элементов интерфейса подключаемых (штатных) модулей обработки аудиосигнала.

Примеры, рассматриваемые в нашей научной статье, могут послужить хорошей визуально-схематической инструкцией для специалистов в области компьютерного сведения звука и в сфере прикладной аудиоинженерии и аудиоинформатики, органично дополняющей традиционные практики корректировки, компоновки, рендеринга и распределения аудиоматериала.

Автор надеется, что такой гибридный подход качественно улучшит инженерно-техническую отрасль обработки аудиоматериала, а также сократит время, затрачиваемое звукоинженерами на компоновку аудиоматериала.

Приложение 1

Единичные и двоичные операторы для формирования выражений

1. [+] — сложение, со звуковым сопровождением.
2. [-] — вычитание, со звуковым сопровождением.
3. [*] — умножение, со звуковым сопровождением.
4. [/] — деление (из-за случаев деления на ноль без звукового сопровождения).
5. [%] — числовая характеристика (остаток от деления).
6. [^] — потенцирование.
7. [=] — равенство (использует Lisp equal для «несписочных» значений и сравнивает последовательно элементы списка в обратном порядке).
8. [!] — не равно.
9. [>] — больше чем.
10. [<] — меньше чем.
11. [>=] — больше или равно.
12. [<=] — меньше или равно.
13. [~=] — приблизительно равно. Числа являются приблизительно равными, если они располагаются в пределах расстояния *~=tolerance* друг от друга. *~=tolerance* изначально равно 0,000001. Не числовые значения сравниваются при помощи функции XLISP equal, а списки сравниваются поэлементно в обратном порядке, используя ~=.
14. [&] — логический «и».
15. [|] — логический «или».
16. [!] — не логический (единичный).
17. [@] — сдвиг интервала.
18. [@@] — сдвиг интервала в абсолютное время.
19. [~] — растяжение времени.
20. [~~] — растяжение времени до абсолютного коэффициента растяжения.

Приложение 2

Математические функции языка программирования Lisp/Niquist и их эквиваленты на языке программирования SAL

Lisp	SAL	Описание функции
(+ a b)	a + b	сложение
(- a b)	a — b	вычитание
(* a b)	a * b	умножение
(/ a b)	a / b	деление
(truncate expr)	truncate (expr)	округлить выражение до целого числа (нижняя целая часть числа)
(float expr)	float (expr)	целое выражение с плавающей точкой*
(rem a b ...)	rem (a b...)	остаток списка чисел
(min a b ...)	min (a b ...)	минимум
(max a b ...)	max (a b ...)	максимум
(abs expr)	abs (expr)	абсолютное значение числа
(random n)	random (n)	случайное целое число от 1 до n – 1
(rrandom)	rrandom ()	случайная величина с плавающей точкой от 0 до 1
(sin expr)	sin (expr)	синус
(cos expr)	cos (expr)	косинус
(tan expr)	tan (expr)	тангенс
(expt expr)	expt (expr)	показатель степени (экспонент) (a в степени b)
(sqrt expr)	sqrt (expr)	квадратный корень
(< a b)	a < b	тест на a меньше, чем b
(<= a b)	a <= b	тест на a меньше или равно b
(> a b)	a > b	тест на a больше, чем b
(>= a b)	a >= b	тест на a больше или равно b
(= a b)	a = b	тест на равенство a и b
(/= a b)	a /= b	тест на неравенство a и b

* Прим.автора. В англоязычной научно-технической литературе дословно эти команды обозначают с «плавающей точкой», отделяет десятичные доли от целой части. В русскоязычной литературе — «плавающая запятая». Точка/запятая используются как разделители целого числа и его десятичных долей. Символы в языке программирования Nyquist (такие как, имена переменных и имена функций) не чувствительны к регистру.

ЛИТЕРАТУРА

1. Таран В.В. Проектирование дизайна аудиопродукции в программной среде Audacity® с применением языка Nyquist/ В.В. Таран// Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. — 2019. — № 10. — С. 159–171. [ISSN2223–2966].
2. Таран В.В. Компьютерный аудиосинтез штатными средствами Audacity® с возможностью имитационного дизайн-моделирования на языке Nyquist/ В.В. Таран// Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. — 2020. — № 1. — С. 115–129. [ISSN2223–2966].
3. Таран В.В. Компьютерная очистка аудиоматериала штатными средствами программы Audacity® (программно-ориентированный подход) / В.В. Таран// Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. — 2020. — № 9. — С. 112–128. [ISSN2223–2966]. (DOI 10.37882/2223–2966.2020.09.37).
4. Таран В.В. Язык программирования Nyquist: настоящее время и перспективы его развития в области компьютерной аудиоинженерии и аудиоинформатики / В.В. Таран// Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. — 2020. — № 4. — С. 135–153. [ISSN2223–2966]. (DOI 10.37882/2223–2966.2020.04.37).
5. Таран В.В. Актуальные проблемы развития аудиоинженерии в России и их философско-техническое обоснование /В.В. Таран// Материалы X международной научно-практической конференции Фундаментальная наука и технологии — перспективные разработки [Технические науки], North Charleston, USA. — 2016 г., Том 1, стр. 108–123.
6. Таран В.В. Сравнительный анализ качества передаваемой информации форматами MP3, OGG, AIFF, WMA для оптимального выбора трансляции в Интернете/В.В. Таран // Материалы XVII международной научно-практической конференции Академическая наука — проблемы и достижения [Технические науки], North Charleston, USA. — 2018 г., Том 1, стр.78–94 [ISBN: 978–1729559000].
7. Audacity® 2.1.3 Manual, web-version: https://wiki.audacityteam.org/wiki/Release_Notes_2.1.3; https://wiki.audacityteam.org/wiki/New_features_in_Audacity_2.1.3 [дата обращения к электронному ресурсу: 15.01.2021].

8. Audacity® 2.4.2 Manual, web-version: <https://manual.audacityteam.org/> [дата обращения к электронному ресурсу: 15.01.2021].
9. Carla Schroder The book of Audacity®: record, edit, mix, and master with the free audio editor / No Starch Press, Inc. — 2011, p.359. (ISBN-10: 1-59327-270-7; ISBN-13: 978-1-59327-270-8).
10. Touretzky, David S. Common LISP: a gentle introduction to symbolic computation /Carnegie Mellon University///Copyright (c) 1990 by Symbolic Technology, Ltd.///Published by The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc.p.587 (ISBN0-8053-0492-4).
11. Seibel Peter. Practical COMMON LISP /APRESS — 2005, p.528 (ISBN1-59059-239-5).
12. Dannenberg R.B. Nyquist Reference Manual Version 3.16 // Carnegie Mellon University — School of Computer Science/ Pittsburgh, PA 15213, U.S.A. 2013–2020 WEB-version, URL: <http://www.cs.cmu.edu/~rbd/doc/nyquist/> [дата обращения к электронному ресурсу: 15.01.2021].
13. Dannenberg R.B. Nyquist Reference Manual Version 3.15 // Carnegie Mellon University — School of Computer Science/ Pittsburgh, PA 15213, U.S.A. 11.08. 2018 p.276.
14. Dannenberg R.B. Nyquist Reference Manual Version 3.09 // Carnegie Mellon University — School of Computer Science/ Pittsburgh, PA 15213, U.S.A. 27.12. 2014 p.297.
15. Dannenberg R.B. Nyquist Reference Manual Version 2.36 // Carnegie Mellon University — School of Computer Science/ Pittsburgh, PA 15213, U.S.A. 05.03. 2007 p.205.

© Таран Василий Васильевич (allscience@lenta.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Российская академия наук

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ С БЕСПРОВОДНЫМ ИНТЕРФЕЙСОМ

AUTOMATED FIRE PROTECTION SYSTEM PROTECTION OF POTENTIALLY DANGEROUS OBJECTS WITH A WIRELESS INTERFACE

**A. Fedorov
A. Aleshkov
E. Kolesnikova**

Summary. Introduction. The great need for mineral resources has historically led to the creation of one of the most important sectors for the development of economies — the mining industry. As the volume of mining operations increases, so does the number of accidents in the mining industry. The results presented in the article are the initial stage of a detailed study of the structure of an automated fire protection system for underground mines with a wireless interface.

Targets and goals. The purpose of creating fire protection systems for mining facilities is to protect people and property from the effects of hazardous fire factors and (or) limit the consequences of exposure to hazardous fire factors. Achievement of this goal is ensured in one or more of the following ways:

installation of systems for continuous automatic (automated) control of pre-explosive concentrations of dust-air mixtures in the production zones of mining facilities using industrial atomizers;

installation of systems for continuous automatic (automated) control of pre-explosive concentrations of methane-air mixtures in the production zones of mining facilities;

arrangement of fire detection systems (installations and fire alarm systems), warning and evacuation control in case of fire;

the use of automatic and (or) autonomous fire extinguishing installations;

organization of the activities of fire departments.

Methods. To build an automated fire protection system (AFS), the methods of system analysis, modeling and a formalized description of the structure of the complex of hardware AFS were used.

Федоров Андрей Владимирович

*Д.т.н., профессор, Академия Государственной противопожарной службы МЧС России; г. Москва
fedorov-ppa@yandex.ru*

Алешков Александр Михайлович

К.т.н., старший преподаватель, Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, г. Москва

alexander-akfire@yandex.ru

Колесникова Елена Геннадьевна

*Академия Государственной противопожарной службы МЧС России; г. Москва
elena.kolesnikova97@mail.ru*

Аннотация. Введение. Большая потребность в минерально-сырьевых ресурсах исторически привела к созданию одной из важных отраслей для развития экономик — горнорудной промышленности. С увеличением объема добычи полезных ископаемых растет также и число аварий на предприятиях горнодобывающей промышленности. Представленные в статье результаты являются начальным этапом детального исследования структуры автоматизированной системы противопожарной защиты подземных рудников с беспроводным интерфейсом.

Цели и задачи. Целью создания систем противопожарной защиты объектов рудничной промышленности является защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение последствий воздействия опасных факторов пожара. Достижение указанной цели обеспечивается одним или несколькими из следующих способов:

- устройство систем непрерывного автоматического (автоматизированного) контроля до- взрывоопасных концентраций пылевоздушных смесей в производственных зонах объектов рудничной промышленности с применением промышленных атомизеров;
- устройство систем непрерывного автоматического (автоматизированного) контроля до- взрывоопасных концентраций метановоздушных смесей в производственных зонах объектов рудничной промышленности;
- устройство систем обнаружения пожара (установок и систем пожарной сигнализации), оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре;
- применение автоматических и (или) автономных установок пожаротушения;
- организация деятельности подразделений пожарной охраны.

Методы. Для построения автоматизированной системы противопожарной защиты (АСПЗ) использовались методы системного анализа, моделирования и формализованного описания структуры комплекса технических средств АСПЗ.

Results and its discussion. A diagram of the structure of a complex of technical means and algorithms is proposed, and a description of the technical support of the ATPZ of the mining industry facilities is compiled. It is recommended to create the system as a three-level APPS with a hierarchical structure that implements at the lower control level the functions of the local automation of the subsystems for the control of the WOC zones of dust and explosive gases, fire alarms, automatic fire extinguishing, and at the upper level — the functions of the SHMFSB.

Conclusions. Thus, the proposed new technical solutions, the structure of a complex of technical means and algorithms for the functioning of an automated fire protection system for underground mines with a wireless interface, which performs the functions of explosion, fire and emergency protection of hazardous production facilities with difficult operating conditions will significantly increase the level of industrial and fire safety of underground mine workings of mines, mines and their surface structures.

Keywords: automated fire protection system, underground mines, radio channel, fire detectors, receiving and control device, fire safety, explosion protection, gas analyzers, dust meters, atomizers.

Введение

Оbjectы рудной промышленности одновременно являются одними из главных источников пожаровзрывоопасности и напряженной технологической обстановки, представляют опасность для горняков из-за рисков взрыва метана и угольной пыли, горных ударов и самовозгорания пластов. Особенно опасны пожары на горных предприятиях, добывающих горючие полезные ископаемые. Существенно осложняется тушение пожаров на угольных шахтах из-за возможности образования взрывоопасных концентраций выделяющихся горючих газов, угольной пыли [1], [2].

Промышленная безопасность на опасных производственных объектах регламентируется Ф3-116 [9]. Однако, данный закон устанавливает только общие требования. Специфические требования к промышленной безопасности в данной отрасли регламентируются Приказом Ростехнадзора № 599 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности» [10]. Современные информационные технологии стали важным фактором и средством повышения эффективности управления технологическими процессами и производствами с обеспечением высокого уровня промышленной и пожарной безопасности. Данное обстоятельство обуславливает необходимость отбора и анализа применения и внедрения различных

Результаты и их обсуждение. Предложена схема структуры комплекса технических средств и алгоритмы, и составлено описание технического обеспечения АСПЗ объектов рудничной промышленности. Систему рекомендовано создавать как трехуровневую АСПЗ с иерархической структурой, реализующей на нижнем уровне управления функции локальной автоматизации подсистем контроля зон ВОК пылей и взрывоопасных газов, пожарной сигнализации, автоматического пожаротушения, а на верхнем — функции ШМФСБ.

Выводы. Таким образом, предлагаемые новые технические решения, структура комплекса технических средств и алгоритмы функционирования автоматизированной системы противопожарной защиты подземных рудников с беспроводным интерфейсом, выполняющая функции противовзрывной, противопожарной и противоаварийной защиты опасных производственных объектов со сложными условиями эксплуатации позволяют значительно повысить уровень промышленной и пожарной безопасности подземных горных выработок рудников, шахт и их наземных строений.

Ключевые слова: автоматизированная система противопожарной защиты, подземные рудники, радиоканал, извещатели пожарные, прибор приёмно-контрольный, пожарная безопасность, взрывозащита, газоанализаторы, пылемеры, атомизеры.

аспектов практического использования интегрированных информационных систем в автоматизированное управление системой автоматической противопожарной защиты с беспроводным интерфейсом на объектах рудной промышленности. Данная система избавляет от прокладки проводов, кабелей пожарных шлейфов, так как часто это бывает не всегда удобно и требует немалых затрат. Эффективна в применении, потому как на объектах рудной промышленности возможны перебои с электричеством.

Компоненты автоматизированной системы противопожарной защиты (АСПЗ) должны иметь рудничное взрывобезопасное исполнение, в соответствии с ТР ТС012/2011 обеспечиваться электроснабжением I категории надёжности, с аккумуляторной поддержкой до 32 ч, не отключаться при любом уровне загазованности и запыленности подземных выработок взрывоопасными (токсичными) газами и пылями. АСПЗ может быть интегрирована как подсистема «Шахтной многофункциональной системы безопасности (МФСБ)». Блочная-модульная структура АСПЗ рудников и шахт представлена на рис. 1.

Функционирование АСПЗ предлагается осуществлять на трех уровнях, обеспечивающих отказоустойчивость системы и решающих как обособленные, так и общесистемные задачи.



Рис. 1. Структурная схема комплекса технических средств автоматизированной системы противопожарной защиты подземных рудников (АСПЗР) с беспроводным интерфейсом:

- АСОДУ — автоматизированная система дистанционного управления;
- ШМФСБ — шахтная многофункциональная система безопасности;
- ППКУП — пульт приёмно-контрольный и управления пожарный;
- МУПТВ — модульная установка пожаротушения тонкораспыленной водой;
- МПП — модуль порошкового пожаротушения; ИИП — интегрированный источник питания; УДП — устройство дистанционного пуска; ИП — извещатель пожарный; ОСЗ — оповещатель светозвуковой; ОС — оповещатель световой

Нижний уровень — уровень подземной защищаемой камеры (помещения)

В качестве базового устройства нижнего уровня АСПЗ предлагается использовать шкаф прибора приемно-контрольного и управления пожарного ППКУП. Шкаф прибора ППКУП (РО АСПЗ) обеспечивает следующие функции: приём и передачу сигналов и команд управления техническим устройствам посредством беспроводного интерфейса IEEE802.15.4, дискретных сигналов и интерфейсных линий связи RS-485; локального автоматического управления оборудованием АСПЗ в реальном масштабе времени; управление оповещением и пожаротушением; диагностики тех-

нических средств АСПЗ; передачи извещений о пожаре, неисправности, авариях линий связи (основных/резервных) в СПИ АСПЗ, а также прием сигналов телеуправления по различным интерфейсам взаимодействия (в том числе контроль до- взрывоопасных концентраций метановоздушных и пылевоздушных смесей).

Уровень ППКУП обеспечивает 3 режима функционирования системы (табл. 1).

Технические средства АСПЗ: извещатели пожарные тепловые, извещатели пожарные пламени, веб-видеокамеры, датчики приближения, светозвуковые оповещатели обеспечивают:

Таблица 1. Режимы функционирования АСПЗ

Режим «Дежурный»	Контроль состояния компонентов системы
Режим «Внимание»	Перевод всех радиоустройств в режим постоянной прослушки с запретом перехода в «сон». Иницируется первым выдавшим тревогу газоанализатором-сигнализатором либо пылемером в составе ШМФСБ Иницируется первым выдавшим тревогу извещателем пожарным либо детектором пламени
Режим «Пожар»	Выдача управляющей команды на модули пожаротушения. Иницируется извещатель пожарный тепловой (ип), извещатель пожарный ручной радиоканальный рудничный особовзрывобезопасный (ип 513-1-в), устройство дистанционного пуска радиоканальное рудничное особовзрывобезопасное (удп 513-1-в), с арм диспетчера

- ◆ обнаружение очагов возгорания (в том числе на ранних стадиях);
- ◆ анализ видеоизображения на предмет определения признаков пламени;
- ◆ контроль за температурой воздуха в защищаемых помещениях;
- ◆ контроль доступа в помещения.

Извещатели пожарные автоматические (ИПТ, ИПП), ручные (ИПР), устройства дистанционного пуска (УДП), предлагается использовать для передачи извещений о пожаре и формирования стартового импульса на запуск исполнительных устройств системы оповещения и пожаротушения: оповещателей пожарных световых и звуковых, модулей порошкового пожаротушения (МПП), модулей пожаротушения тонкораспыленной водой (МУПТВ).

Анализ пожарной опасности технологического процесса рудничной промышленности подтверждает необходимость непрерывного автоматического (автоматизированного) контроля до- взрывоопасных концентраций метановоздушных и пылевоздушных смесей в производственных зонах.

Учитывая результаты анализа пожарной опасности и особенностей технологического процесса, а также результаты анализа технических возможностей и характеристик современной приборной техники для контроля концентрации газов и пылей в составе АСПЗ объектов рудной промышленности рекомендуются к применению газоанализаторы и пылемеры в рудничном взрывобезопасном исполнении. Для снижения пылевыделения в процессе горных выработок рекомендовано применение систем контроля и поддержания регламентных значений концентрации метана и угольной пыли в воздухе рабочей зоны- автоматизированных промышленных атомайзеров.

Увлажнители распылительного типа (атомайзеры) используются только в промышленности на крупных предприятиях. Принцип действия атомайзеров основан на распылении мелкодисперсной водяной взвеси, кап-

ли которой имеют диаметр 5–8 мкм. Полный переход капель в парообразное состояние происходит на расстоянии нескольких десятков сантиметров от сопла форсунки. Атомайзеры обладают высокой производительностью — от 60 до 230 л/ч и имеют автоматический и автоматизированный режим эксплуатации.

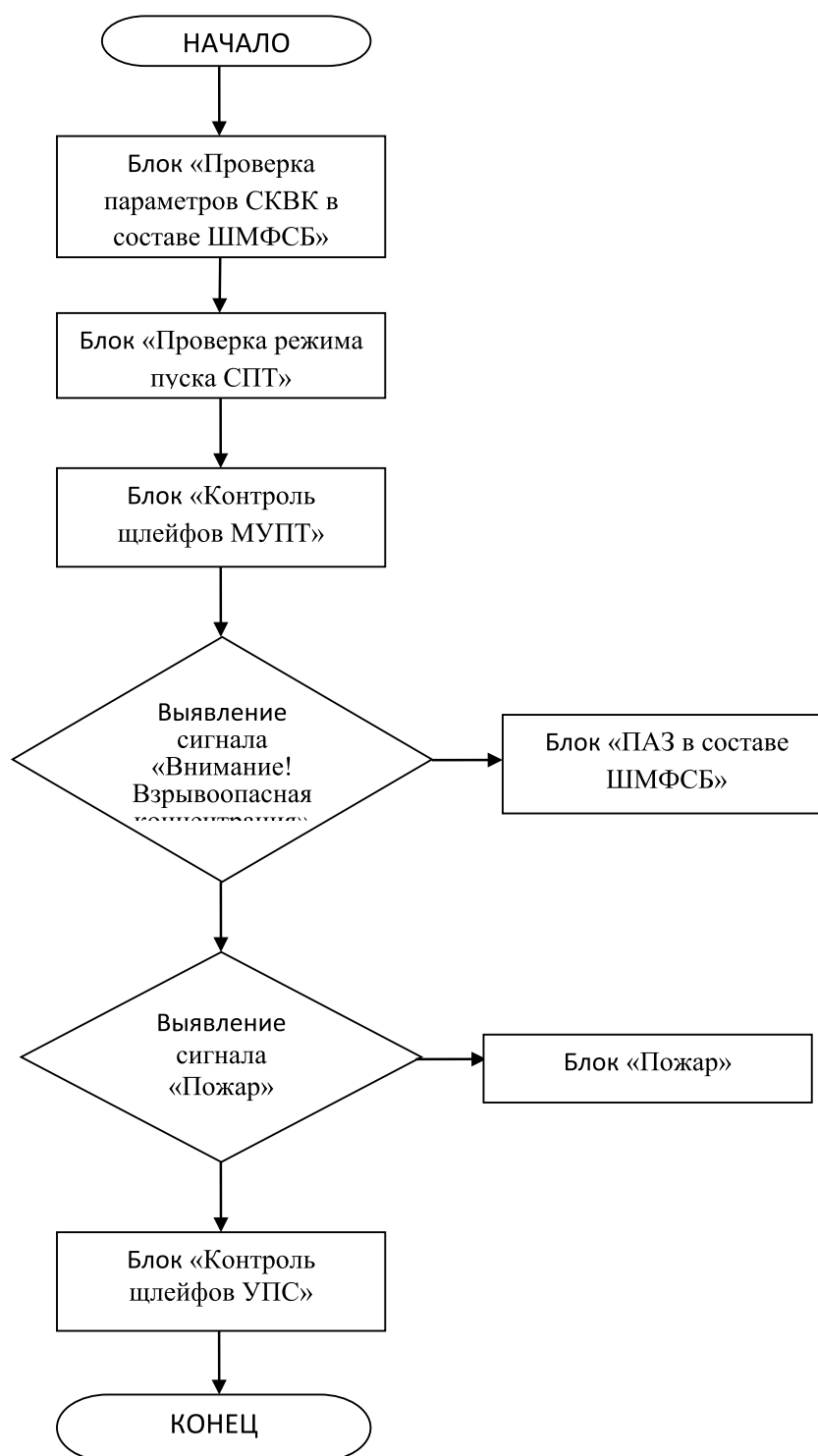
Одним из мировых лидеров рынка, занятых производством промышленных увлажнителей и управляющих ими контроллеров, является фирма CAREL, Италия. Увлажнители CAREL могут комплектоваться в зависимости от требований заказчика различными индивидуальными и универсальными контроллерами, датчиками и сетевыми системами управления.

Применение на объектах рудничной промышленности комплекса технических средств на основе рекомендованных приборов контроля взрывопожароопасных концентраций газовоздушных, пылевоздушных смесей и атомайзеров как отдельно выделенных систем, так и в составе АСПЗ позволит значительно повысить уровень пожаровзрывобезопасности защищаемых объектов.

Алгоритм блока задач нижнего уровня управления АСПЗ представлен на рис. 2.

Средний уровень — уровень централизации оборудования противопожарной защиты объекта и интеграции с АСОДУ рудника (МФСБ шахты)

Средний уровень АСПЗ предназначен для приема извещений от приемно-контрольных приборов, приборов управления или других технических средств производственной и пожарной автоматики объекта различных производителей и конфигураций, передачи полученной информации по каналу связи напрямую или через ретранслятор в пункт централизованного наблюдения или в помещение с персоналом, ведущим круглосуточное дежурство, а также для приема команд телеуправления.



СКВК- система контроля взрывоопасных концентраций метановоздушных и пылевоздушных смесей;
 ШМФСБ – шахтная многофункциональная система безопасности;
 СПТ - система пожаротушения;
 МУПТ - модульная установка пожаротушения;
 ПАЗ- противоаварийная защита
 УПС – установка пожарной сигнализации;

Рис. 2. Алгоритм блока задач нижнего уровня управления АСПЗ

Данный уровень представляет собой программно-аппаратный комплекс, предназначенный для централизованного оперативного диспетчерского контроля и управления АСПЗ, обработки, архивирования, хранение получаемых от него данных, вывод оперативной информации на мониторы АРМов входящих в состав приборов пожарных: АРМ ППКУП (РО АСПЗ), АРМ ПОО АСПЗ, а также дополнительных АРМ Горного диспетчера, АРМ видеонаблюдения, имеющих возможность подключения к системе передачи извещений о пожаре (СПИ).

Реализация данного уровня АСПЗ предусматривается на основе комплекса технических средств: прибор объектовый оконечный — ПОО АСПЗ, имеющий в своем составе шкафы основные ПОО-ШО (устанавливаемые на поверхности и являющиеся связанным взрывозащищенным оборудованием) и шкафы связи ПОО-ШС (устанавливаемые в подземных горных выработках, в том числе опасных по газу и пыли), а также системное, прикладное и специальное программное обеспечение.

При этом АРМ Горного диспетчера является специальным программно-аппаратным средством, предусмотренным для выполнения интеграционных мероприятий с существующими «Автоматизированными системами оперативного диспетчерского управления» (АСОДУ) рудника или «Шахтными многофункциональными системами безопасности» (МФСБ), в части передачи извещений о наличии до- взрывоопасных концентраций метановоздушных и пылевоздушных смесей, о пожаре, а также других служебных и контрольно-диагностических извещений АСПЗ. Программная реализация АРМ Горного диспетчера предусматривается с использованием системы SCADA различных производителей, используемых на рудниках и шахтах.

В качестве специального программного обеспечения (ПО) для интеллектуальной обработки, архивирования и отображения видеоданных распределенных систем охранного видеонаблюдения на основе IP-видеокамер предлагается использовать продукт Macroscop Ultra. ПО Macroscop Ultra (версии 1.8), предусматривается для решения задач, связанных с видеонаблюдением, благодаря наличию системы подключаемых интеллектуальных модулей и возможности интеграции с внешними системами охраны и диспетчеризации. Одним из таких модулей является «Детектор дыма и огня». Модуль позволяет обнаружить в кадре признаки задымления и открытого пламени. Модуль будет работать только на тех камерах, в настройках которых администратором системы включена его поддержка. Для включения отображения информации о задымлении и/или возгорании в контекстном меню ячейки необходимо выбрать пункт «Показывать задымления и/или «Пока-

зывать возгорания», после чего при просмотре камеры в режиме реального времени, в случае обнаружения задымления или возгорания, соответствующая область кадра будет выделена КРАСНОЙ рамкой с надписью «Возможно задымление» либо «Возможно возгорание».

Кроме дополнительной функции контроля возгораний и задымления по анализу видеоизображения, контрольно-диагностические сигналы обработки таких тревожных извещений отсылаются видеосистемой в АРМ ППКУП. В АРМ ППКУП, при повторении указанных извещений с перезапросом, через настраиваемый промежуток времени, осуществляется приведение всех радиоустройств АСПЗ в режим «готовности» (без энергосберегающего режима «сна» радиоустройств), что повышает скорость реакции системы на извещение «Внимание», «Пожар 2», «Пуск».

Верхний уровень — уровень пункта централизованного наблюдения

Верхний уровень АСПЗ предлагается формировать на основе прибора пультового оконечных ППО АСПЗ (ППО-Ш, АРМ ППО) который предназначен для приема извещений от приборов объектовых оконечных ПОО АСПЗ, их преобразования, регистрации, хранения и отображения посредством световой индикации и звуковой сигнализации в пункте централизованного наблюдения или в помещениях с персоналом, ведущим круглосуточное дежурство, а также для обратной передачи на приборы объектовые оконечные команд телеуправления.

Данный уровень представляет собой программно-аппаратный комплекс, предназначенный для размещения в пункте централизованного наблюдения — ПЦН, имеющий функции передачи тревожных и контрольно-диагностических извещений, а также возможность управления оборудованием противопожарной защиты объектов, входящих в комплекс АСПЗ.

Соединение локальных комплексов нижнего уровня управления, терминалов абонентских пунктов между собой и с ЭВМ верхнего уровня предлагается осуществлять, используя кольцевую оптико-волоконную структуру вычислительной сети с целью создания гибкой системы с повышенной надежностью и позволяющей производить техническое обслуживание, ремонт и подключение новых устройств без ее остановки.

Необходимость проведения работ по созданию многоуровневой структуры АСПЗ, включая компоненты СПИ АСПЗ (ППО-Ш, АРМ ППО, ПОО-ШО, ПОО-ШС, АРМ ПОО, АРМ ГД, АРМ ВН), ППКУП, извещатели, оповещатели, другие технические средства определяется

в зависимости от количества защищаемых подземных камер, направлений, зон (объектов на поверхности), конфигурации оборудования АСПЗ, организации линий связи и каналов передачи информации, организационной структуры подразделений пожарной безопасности, промышленной безопасности, спасательных сил предприятия [4–6]. Данные положения уточняются при составлении задания на проектирование или техническом задании на комплексную реализацию АСПЗ.

Выводы

Учитывая результаты анализа пожарной опасности и особенностей технологического процесса объектов рудничной промышленности, а также результаты анализа технических возможностей и характеристик современных приборов для контроля концентрации взрывопожароопасных газов и пылей в составе АСПЗ, произведен выбор и рекомендованы к использованию газоанализаторы типа АКМР-М (стационарный автоматизированный комплекс АКМР-М предназначен для непрерывного автоматического контроля рудничной атмосферы на предприятиях горнодобывающей промышленности) и пылемеры типа ИКВЧ (с). Для снижения пылевыделения в процессе производства обосновано выбраны и рекомендованы к использованию автомати-

зированные промышленные атомайзеры как подсистемы контроля и поддержания регламентных значений концентрации в воздухе рабочей зоны.

Предложена схема структуры комплекса технических средств и составлено описание технического обеспечения АСПЗ объектов рудничной промышленности. Систему рекомендовано создавать как трехуровневую АСПЗ с иерархической структурой, реализующей на нижнем уровне управления функции локальной автоматизации подсистем контроля зон ВОК пылей и взрывоопасных газов, пожарной сигнализации, автоматического пожаротушения, а на верхнем — функции ШМФСБ.

Таким образом, предлагаемые новые технические решения, структура комплекса технических средств и алгоритмы функционирования автоматизированной системы противопожарной защиты подземных рудников с беспроводным интерфейсом, выполняющая функции противовзрывной, противопожарной и противоаварийной защиты опасных производственных объектов со сложными условиями эксплуатации позволят значительно повысить уровень промышленной и пожарной безопасности подземных горных выработок рудников, шахт и их наземных строений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лебецки К.А., Романченко С.Б. Пылевая взрывоопасность горного производства. М.: Горное дело, 2012. 463 с.
2. Романченко С.Б., Девликанов М.О. Влияние дисперсного состава угольной пыли на показатели взрывоопасности // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2019. № 2. С. 16–23.
3. Горение мелкодисперсных пылегазовоздушных смесей в горных выработках / Черданцев С.В. [и др.] // Физикотехн. проблемы разработки полезных ископаемых. 2018. № 2. С. 172–180.
4. Джигрин А.В., Исаев И.Р. Оценка последствий взрывов метана и пыли в угольных шахтах // Научно-технический сборник «Взрывное дело» № 106/63, 2011 г. С. 219–227.
5. Федоров А.В., Членов А.Н., Лукьянченко А.А., Буцынская Т.А., Демехин Ф.В. Системы и технические средства раннего обнаружения пожара: монография. М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. 155 с.
6. Абросимов А.А., Топольский Н.Г., Федоров А.В. Автоматизированные системы управления противопожарной защитой нефтеперерабатывающих производств. — М.: АГПС МВД России, 2000, 252 с.
7. Федоров А.В. Научные основы автоматизированной системы управления противопожарной защитой нефтеперерабатывающих производств [Текст]: Дис. на со-иск. уч. степ. докт. техн. наук.: 05.13.06 / Федоров Андрей Владимирович — М.: Академия ГПС МВД России, 2000. — 332 с.
8. Корякин Н.М. Комплекс беспроводного индивидуального оповещения об авариях на шахтах и рудниках // Глобальная безопасность. № 1. 2005.
9. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 N116-ФЗ
10. Приказ Ростехнадзора от 11.12.2013 N599 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых».

© Федоров Андрей Владимирович (fedorov-ppa@yandex.ru),

Алешков Александр Михайлович (alexander-akfire@yandex.ru), Колесникова Елена Геннадьевна (elena.kolesnikova97@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СИСТЕМА ТРИАНГУЛЯЦИОННЫХ ЛАЗЕРНЫХ ДАЛЬНОМЕРОВ ДЛЯ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ¹

TRIANGULATION LASER RANGEFINDER SYSTEM FOR ROBOTIC PROCESSING USING MACHINE VISION METHODS²

**I. Filonov
B. Notkin
K. Zmeu**

Summary. The paper describes the problem of positioning an industrial robot relative to the workpiece surface to be processed via a system of laser triangulation rangefinders. An implementation of a measuring system based on a video camera of a technical vision system and a group of lasers with parallel beams for measuring the distance to the surface at several points is proposed and studied. The procedures for processing images, calculating the position of the laser projection on the track, calibrating the measuring module, and estimating the distance to the surface are described. An experimental measurement module is presented and investigated using an industrial robot. The impact of design parameters of the measuring module on its resolution is studied. Recommendations for constructing a measuring system are proposed.

Keywords: industrial robotics, industrial robot, machine vision, laser rangefinder.

Филонов Иван Владимирович

Аспирант, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», (Владивосток)
Filonov.iv@dvfu.ru

Ноткин Борис Сергеевич

К.т.н, н.с., ФГБУН «Институт автоматизации процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук», (Владивосток)
notkin@iacp.dvo.ru

Змеу Константин Витальевич

К.т.н, доцент, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», (Владивосток)
zmeu.kv@dvfu.ru

Аннотация. В работе рассматривается задача позиционирования промышленного робота относительно обрабатываемой поверхности детали с помощью системы лазерных триангуляционных дальномеров. Предложена и исследована реализация измерительной системы, построенная на базе видеокамеры системы технического зрения и группы лазеров с параллельными лучами для измерения расстояния до поверхности в нескольких точках. Описаны процедуры обработки изображений, расчета положения проекции лазера на треке, калибровки измерительного модуля, оценки расстояния до поверхности. Представлен экспериментальный модуль измерения, проведено его исследование с помощью промышленного робота. Исследовано влияние конструктивных параметров измерительного модуля на его разрешающую способность. Предложены рекомендации по построению измерительной системы.

Ключевые слова: промышленная робототехника, промышленный робот, техническое зрение, триангуляционный лазерный дальномер.

Введение

В области промышленной робототехники широко используются системы технического зрения для решения различных задач визуального контроля и диагностики [1,2,3,4]. Часто эти задачи совмещены с необходимостью позиционирования робота относительно наблюдаемого объекта и его окружения

[5,6,7,8]. Для этого могут использовать как средства обработки и анализа изображений [9], регистрируемых видеокамерой системы технического зрения, так и дополнительные измерительные устройства. Наиболее часто в качестве таких дополнительных устройств используются лазерные триангуляционные дальномеры (ЛТД). Можно выделить класс задач, где измерение расстояния требуется выполнять одновре-

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства Науки и Образования Российской Федерации [контракт 02.G25.31.0348]

² This work was financially supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation [state contract 02.G25.31.0348].

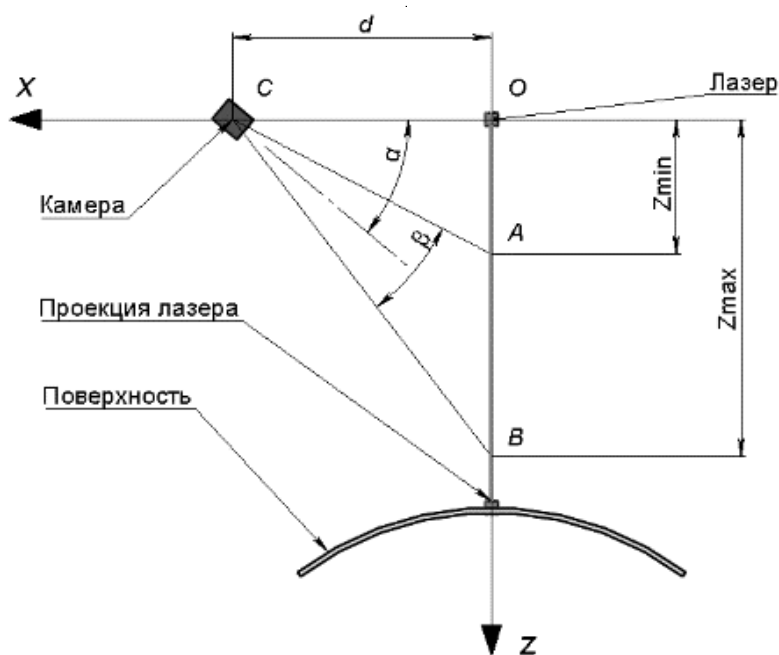


Рис. 1. Схема модуля измерения

менно в нескольких точках. В области промышленной робототехники примерами таких задач являются задачи позиционирования инструмента относительно обрабатываемой поверхности, например, при сверлении или клепке [15,16,17,13], где важно контролировать не только положение инструмента, но и его ориентацию, часто по нормали к поверхности. В таких решениях может использоваться от трех модулей ЛТД [21] и более [20]. Возможны различные конфигурации размещения ЛТД, отличающиеся как рисунком (например, ромб [11] или круг [19]), так и взаимной ориентацией лучей (параллельные друг другу [12] или наклонные [10,14,18]). В настоящей работе предлагается и исследуется реализация измерительной системы, построенная на базе камеры системы технического зрения, которая

дополнена группой лазеров с параллельной ориентацией лучей. Эксперименты выполнены с использованием промышленного робота KUKA KR10 R900 и веб-камеры.

Работа организована следующим образом. В разделе 1 рассматривается измерительная система на базе одного лазера и видеокамеры. В разделе 2 на примере этой системы устанавливается зависимость координаты проекции лазера в кадре камеры от изменения расстояния до поверхности. В разделе 3 представляется реализация многолучевой измерительной системы на базе группы параллельных лазеров. Раздел 4 содержит результаты экспериментального исследования лабораторного образца измерительного модуля, размещенного на фланце промышленного робота.

1. Конструктивные параметры однолучевого модуля измерения расстояния

Для измерения расстояния до поверхности используется метод лазерной триангуляции, в соответствии с которым, можно измерить расстояние от модуля измерения до проекции лазерного луча на поверхности при известных координатах расположения элементов оптической системы — лазера и камеры [13]. Конструкция модуля измерения представлена на рисунке 1

Рабочий диапазон модуля измерения ограничен зоной видимости проекции луча в кадре камеры. На рисунке 1 он обозначен интервалом z_{min} и z_{max} . Основные конструктивные параметры модуля измерения зависят от угла обзора камеры β , её положения d и наклона α .

Выражая косинус угла обзора камеры β через скалярное произведение векторов $\overline{CA} = (d, z_{min})$ и $\overline{CB} = (d, z_{max})$, запишем уравнение (1), связывающее основные конструктивные параметры модуля измерения

$$d^2 + z_{min} \cdot z_{max} = \sqrt{d^2 + z_{min}^2} \cdot \sqrt{d^2 + z_{max}^2} \cdot \cos\beta. \quad (1)$$

При изменении расстояния от модуля измерения до поверхности по координате z происходит переме-

щении проекции лазера в кадре камеры. Множество таких проекций на интервале рабочего диапазона от z_{min} до z_{max} образуют в кадре камеры трек.

2. Зависимость проекции лазера в кадре камеры от расстояния до поверхности

В соответствии с моделью pinhole camera [14], координаты проекции лазера u, v в кадре камеры будут иметь следующий вид:

$$\begin{aligned} u &= f \cdot \frac{x_c}{z_c} + c_x; \\ v &= f \cdot \frac{y_c}{z_c} + c_y, \end{aligned} \tag{2}$$

где x_c, y_c, z_c – координаты проекции лазера на поверхность в системе координат камеры, c_x, c_y — координаты главной точки оптической оси кадра камеры.

Вектор положения проекции лазера P в системе координат измерительного модуля:

$$P = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ z \end{pmatrix}, \tag{3}$$

где согласно схеме на рисунке 1, координаты x и y проекции луча лазера равны нулю, так как лежат на оси z и не смещаются при изменении расстояния модуля измерения до поверхности. Тогда, учитывая поворот камеры a и ее смещение d в форме матриц поворота

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{pmatrix}$$

и переноса

$$T = \begin{pmatrix} d \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

соответственно, получим

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} x_c \\ y_c \\ z_c \end{pmatrix} &= R^T \cdot (P + T) = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} d \\ 0 \\ z \end{pmatrix} = \\ &= \begin{pmatrix} r_{11} \cdot d + r_{13} \cdot z \\ r_{21} \cdot d + r_{23} \cdot z \\ r_{31} \cdot d + r_{33} \cdot z \end{pmatrix}. \end{aligned} \tag{4}$$

Подставляя (4) в (2), окончательно получим:

$$\begin{aligned} u(z) &= f \cdot \frac{r_{11} \cdot d + r_{13} \cdot z}{r_{31} \cdot d + r_{33} \cdot z} + c_x; \\ v(z) &= f \cdot \frac{r_{21} \cdot d + r_{23} \cdot z}{r_{31} \cdot d + r_{33} \cdot z} + c_y. \end{aligned} \tag{5}$$

Из (5) видно, что выражения координат проекции луча в кадре имеют одинаковый знаменатель, а их числитель линейно зависит z . Из этого следует, что трек проекция лазера в кадре имеет прямолинейный вид. В силу этого положение на нем может быть представлено единственной координатой w :

$$w = \sqrt{(u - u_0)^2 + (v - v_0)^2}, \tag{6}$$

где u_0 и v_0 координаты начала трека, описывающее одно из крайних положений. Таким образом, зависи-

мость проекции луча в кадре камеры от расстояния может быть представлена в виде функции

$$z = f(w). \tag{7}$$

Функцию (7) целесообразно определять путем аппроксимации экспериментальных данных в процессе калибровки системы. Следует отметить, что при этом могут быть также учтены и скомпенсированы нелинейные искажения оптической системы.

3. Конструктивные параметры и особенности многолучевого модуля измерения

В данной работе предполагается, что поверхность в локальной области измерения геометрически близка к плоскости. Для оценки её ориентации и положения необходимо измерить расстояние до неё в не менее, чем в трёх точках, следовательно, модуль измерения должен включать в себя не менее трех лазеров, одновременно наблюдаемых в кадре камеры. Для упрощения последующих вычислений лазеры размещаются параллельно.

Для корректной работы измерительного модуля проекции лазеров должны попадать в поле зрения камеры, причем для обеспечения наибольшей разрешающей способности их ход в кадре должен быть максимальным при изменении регистрируемого положения в рабочем диапазоне. В силу параллельности лучей лазеров последовательность их проекций в кадре камеры не меняется при изменении расстояния до поверхности, при этом их смещение происходит в одном направлении. Таким образом рабочий диапазон измерительного модуля, определяется положением крайних проекций лазеров по направлению движения.

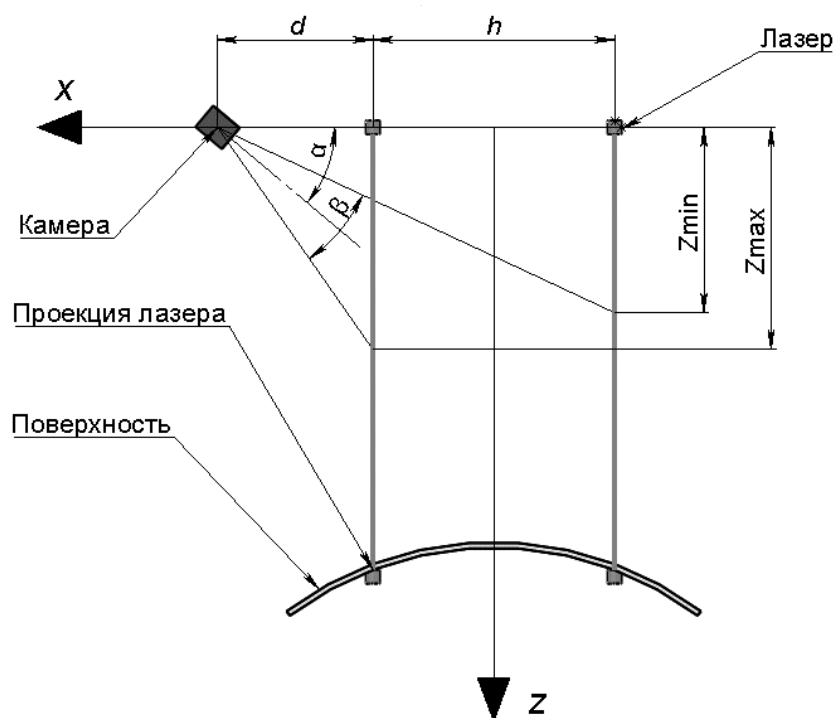


Рис. 2. Схема модуля измерения ориентации

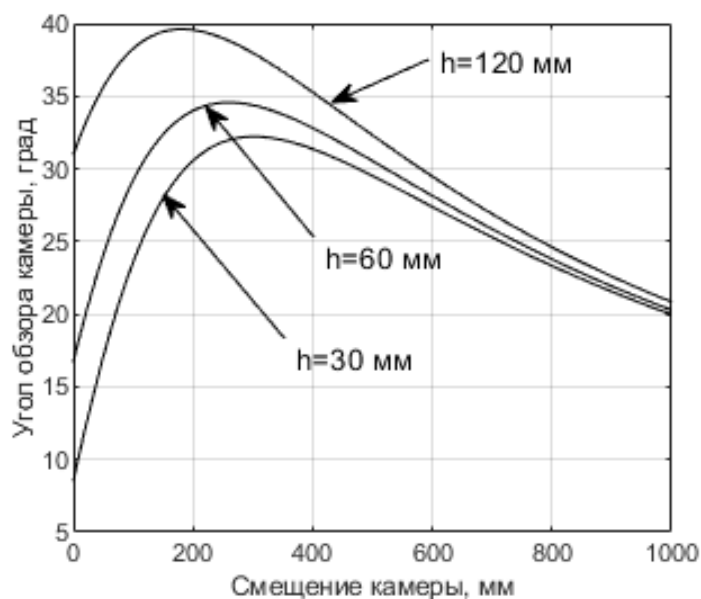


Рис. 3. Зависимость угла обзора β от смещения камеры d

В соответствии с вышесказанным, рассматривается конструкция модуля измерения на рисунке 2, где h — расстояние между крайними лазерами.

В соответствии с конструкцией на рисунке 2 выражение (1) примет вид:

$$\begin{aligned} (d + h) \cdot d + z_{min} \cdot z_{max} &= \\ &= \sqrt{(d + h)^2 + z_{min}^2} \cdot \sqrt{d^2 + z_{max}^2} \cdot \cos\beta \end{aligned} \quad (8)$$

Выражение (8) связывает основные конструктивные параметры многолучевого измерительного модуля

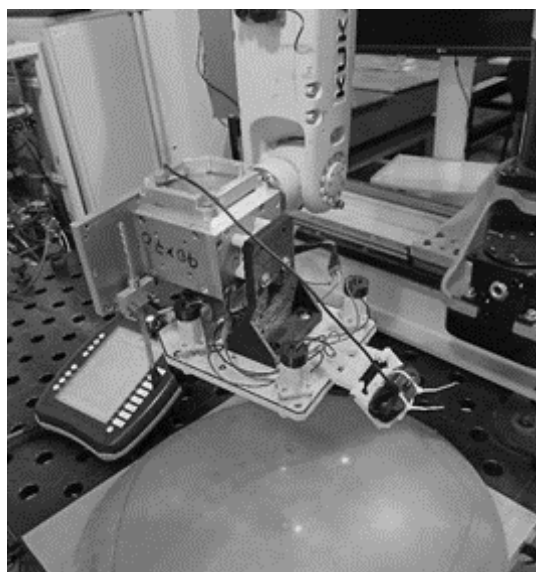


Рис. 4. Модуль измерения

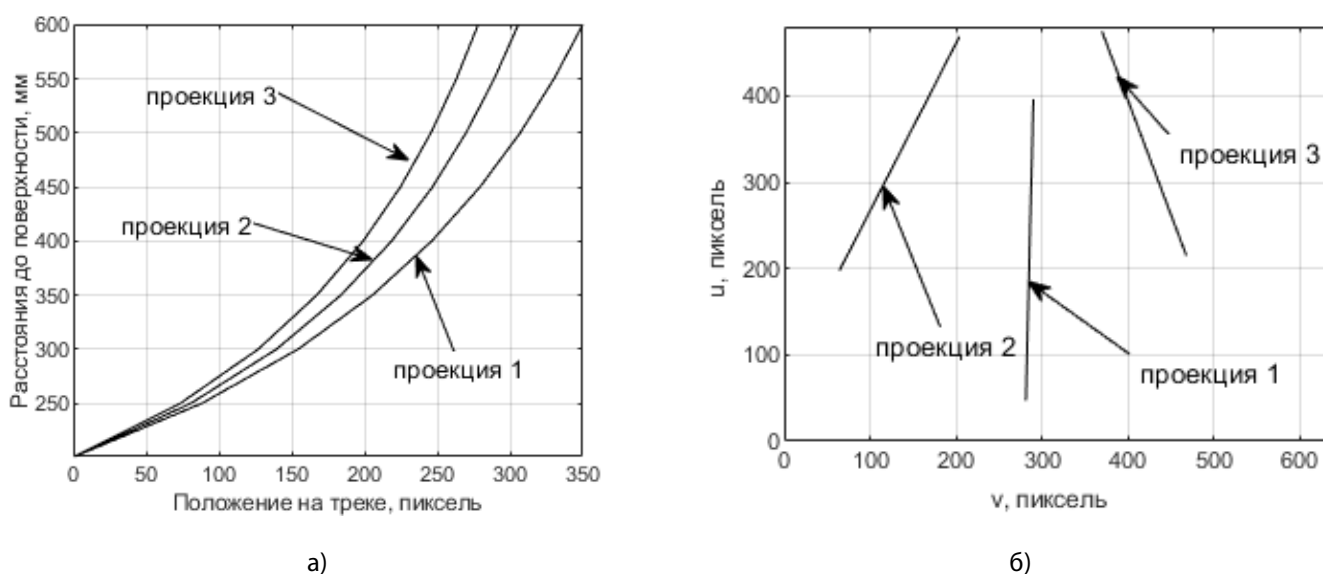


Рис. 5. Результаты калибровка трехлучевого модуля измерения: а) калибровочная зависимость; б) треки проекций лазеров в кадре камеры

и позволяет вычислить оптимальное в соответствии с расчетной схемой значение любого из них, при условии, что остальные заданы. При этом угол наклона камеры α однозначно определяется из расчетной схемы в соответствии с выражением

$$\alpha = \arctan \left(\frac{z_{min}}{d+h} \right) + \frac{\beta}{2}. \quad (9)$$

На рисунке 3 представлен пример зависимости угла обзора β от смещения камеры d при $z_{min} = 200$ мм, $z_{max} = 600$ мм и различных h .

Представленные на графике зависимости отражают ситуацию, когда в кадре видно все проекции лазеров в рабочем диапазоне. Использование меньшего угла обзора β не позволит попасть в кадр некоторым проекциям лазера, при этом больший угол обзора приведет к сокращению длины трека в кадре и снижению разрешающей способности. Также следует отметить, что в рассмотренном примере модуль измерения может быть реализован в виде двух конструктивных исполнений для угла обзора β , для которого существует два варианта смещения камеры d . Выбор конструктивного

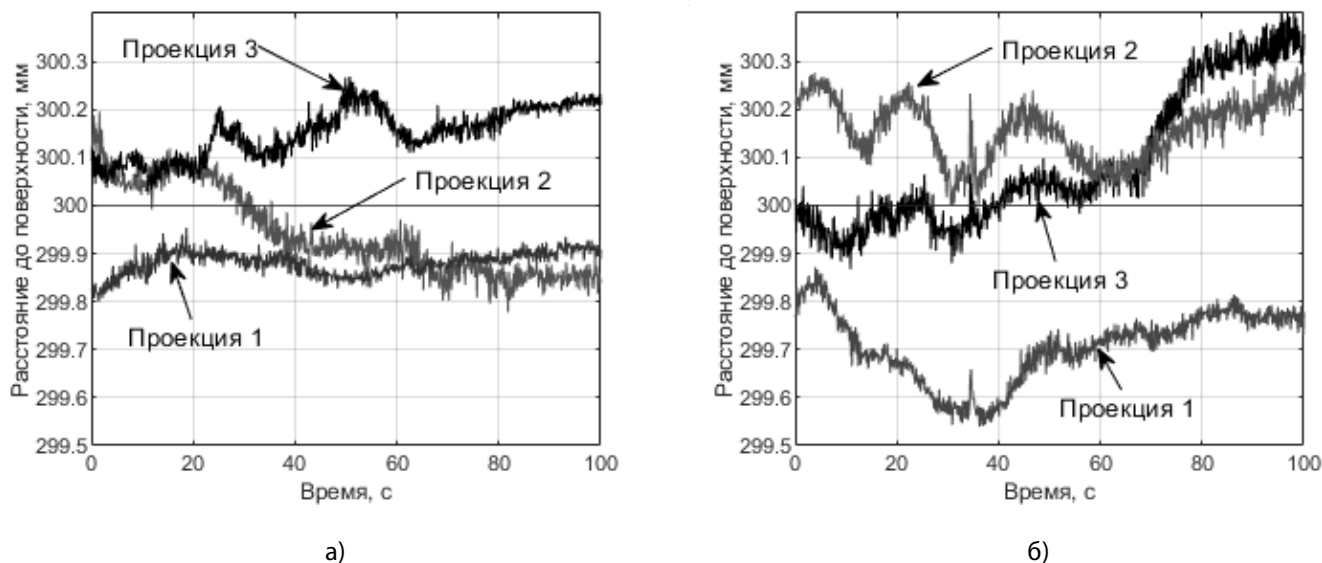


Рис. 6. Результаты экспериментальных измерений: а) рабочий диапазон $z_{min} = 200$ мм, $z_{max} = 600$ мм; б) рабочий диапазон $z_{min} = 200$ мм, $z_{max} = 1000$ мм

исполнение может учитывать необходимость уменьшенных габаритов модуля измерения или лучшего визуального контроля. При изменении расстояния между лазерами h картина качественно не меняется.

4. Экспериментальное исследование

Экспериментальный модуль измерения представлен на рисунке 4. Он реализован с использованием камеры с разрешением 640 на 480 пикселей и трёх красных лазеров. Измерительный модуль размещен на фланце робота KUKA KR10 R900.

Для калибровки модуля измерения его положение относительно перпендикулярной плоскости последовательно изменяется в рабочем диапазоне с помощью робота. При этом для каждого положения z фиксируются координаты проекций лазеров u , v в кадре камеры с помощью методов компьютерного зрения.

Индивидуальная для каждого лазера калибровочная зависимость получена путем аппроксимации экспериментальных данных степенным полиномом 6 порядка. Пример экспериментальных зависимостей для трех лазеров представлен на рисунке 5. Экспериментальные данные получены с шагом 50 мм в рабочем диапазоне $z_{min} = 200$ мм, $z_{max} = 600$ мм, при $\beta = 30$ град, $h = 60$ мм.

На разрешающую способность модуля измерения оказывает влияние рабочий диапазон, в соответствии с которым выбираются конструктивные

параметры модуля. Для оценки этого влияния рассмотрим две конструкции измерительной системы с различными рабочими диапазонами. В первом случае он составляет 400 мм ($z_{min} = 200$ мм, $z_{max} = 600$ мм), во втором 800 мм ($z_{min} = 200$ мм, $z_{max} = 1000$ мм). В рассматриваемых экспериментах рабочий диапазон обеспечен соответствующим положением камеры d и углом ее наклона α . После конфигурирования каждая система откалибрована.

На рисунке 6 представлены результаты сравнительного эксперимента, где рассматриваемые измерительные системы с помощью робота размещены и неподвижно зафиксированы на расстоянии 300 мм от перпендикулярной поверхности. В регистрируемых при этом показаниях дальномеров присутствуют выраженные осцилляции, в которых можно выделить высокочастотные и низкочастотные составляющие погрешности измерений.

Различия по разрешающей способности рассматриваемых измерительных систем преимущественно прослеживаются в амплитуде высокочастотной составляющей погрешности измерения. В системе с большей разрешающей способностью эта амплитуда оказывается меньше. Однако ее вклад в ошибку измерения оказывается не так существенен, как влияние низкочастотной составляющей погрешности. Эта составляющая преимущественно связана с нестабильностью источника лазерного излучения, а также с нестабильностью фоновой засветки изображения с камеры, которая параллельно используется для

удаленного мониторинга области обработки. Эксперименты показали, что получаемая в таких условиях погрешность измерения составляет порядка 0.2% от рабочего диапазона.

При построении системы технического зрения, дополненная группой лазеров с параллельной ориентацией лучей, следует учитывать влияние таких факторов как качество камеры, стабильность работы лазерных источников, фоновой засветки и жесткости конструкции модуля.

Заключение

В работе рассмотрены задачи позиционирования рабочего инструмента промышленного робота относительно наблюдаемого объекта и его окружения. Реализована и исследована система технического

зрения, дополненная группой лазеров с параллельной ориентацией лучей. Определена зависимость координат проекции лазера в кадре камеры от расстояния до поверхности. Предложена техника калибровки измерительного модуля, учитывающая нелинейные искажения оптической системы. Предложен метод расчета конструктивных параметров системы, направленный на повышение её разрешающей способности. Проведено экспериментальное исследование модуля измерения, установленного на фланец промышленного робота KUKA KR10 R900. Эксперименты проведены для измерительных модулей с различными рабочими диапазонами. Выполнена оценка влияния конструктивных параметров модуля измерения на разрешающую способность. Достигнутая в рассматриваемом эксперименте точность измерения составила 0.2% от рабочего диапазона. Предложены рекомендации по построению измерительной системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wenbin Zhang, Chengliang Zhang, Chengbin Li, He Zhang, "Object color recognition and sorting robot based on OpenCV and machine vision", IEEE, 2020 [2020 IEEE 11th International Conference on Mechanical and Intelligent Manufacturing Technologies (ICMIMT)]
2. Baishali Chaudhury, "Single axis manipulator control using machine vision and virtual reality technique", IEEE, 2008 [2008 IEEE International Symposium on Industrial Electronics]
3. Barbara Araujo, Julierme Araujo, Rafael Silva, Danilo Ragis, "Machine Vision for Industrial Robotic Manipulator using Raspberry Pi", IEEE, 2018 [2018 13th IEEE International Conference on Industry Applications (INDUSCON)]
4. M. Herman Jamaluddin, M. Azmi Said, Marizan Sulaiman, Chong Shin Horng, "Vision Guided Manipulator for Optimal Dynamic Performance", IEEE, 2006 [2006 4th Student Conference on Research and Development]
5. Priyanka Karuppiah, Hem Metalia, Kiran George, "Automation of a wheelchair mounted robotic arm using computer vision interface", IEEE, 2018 [2018 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC)]
6. Rodrigo Melo, Thelmo Ponted de Araujo, Arata Andrade Saraiva, Jose Vigno Moura Sousa, Nuno Miguel Fonseca Ferreira, "Computer Vision System with Deep Learning for Robotic Arm Control", IEEE, 2018 [2018 Latin American Robotic Symposium, 2018 Brazilian Symposium on Robotics (SBR) and 2018 Workshop on Robotics in Education (WRE)]
7. Emre Dandil, Kerim Kursat Cevik, "Computer Vision Based Distance Measurement System using Stereo Camera View", IEEE, 2019 [2019 3rd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT)]
8. K. Karthika, S. Adarsh, K.I. Ramachandran, "Distance Estimation of Preceding Vehicle Based on Mono Vision Camera and Artificial Neural Networks", IEEE, 2020 [2020 11th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT)]
9. Viacheslav V. Kapustin, Yuri I. Maltsev, Andrey K. Movchan, "Controlling a Robotic Manipulator Using Optical Feedback", IEEE, 2019 [2019 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON)]
10. Dongdong Chen, Peijiang Yuan, Tianmiao Wang, Ying Cai, Haiyang Tang, "A Normal Sensor Calibration Method Based on an Extended Kalman Filter for Robotic Drilling", MDPI Sensors, 2018.
11. Yuhao Gao, Dan Wu, Chenggen Nan, Ken Chen, "Normal direction measurement in robotic drilling and precision calculation", The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, pp. 1311–1318, 2015
12. Yuhao Gao, Dan Wu, Yunfei Dong, Xinguo Ma, Ken Chen, "The method of aiming towards the normal direction for robotic drilling", The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, pp. 787–794, 2017
13. Tian Wei, Zhou Weixue, Zhou Wei, Liao Wenhe, Zeng Yuanfan, "Auto-normalization algorithm for robotic precision drilling system in aircraft component assembly", Chinese Journal of Aeronautics, pp. 495–500, 2013
14. Yun Bo Bi, Yong Chao Li, Yi Hang Jiang, Jiang Xiong Li, Wei Wang, Mian Gao, Shuo Li, "An Industrial Robot Based Drilling System for Aircraft Structures", Applied Mechanics and Materials, pp. 151–157, 2013
15. ZhaoCai Du, Yanbin Yao, "Measurement Method for Evaluating Normal Direction of Surface for Digital Drilling and Riveting", SAE Technical Papers, 2012 [SAE2012 Aerospace Manufacturing and Automated Fastening Conference & Exhibition]
16. Peijiang Yuan, Qishen Wang, Tianmiao Wang, Chengkun Wang, Bo Song, "Surface normal measurement in the end effector of a drilling robot for aviation", IEEE, 2014 [2014 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)]

17. Dongdong Chen, Peijiang Yuan, Tianmiao Wang, Zhenyun Shi, Yuanwei Liu, Mingqing Lin, "Perpendicularity adjustment end effector for aeronautical drilling robot", IEEE, 2016 [2016 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)]
18. Dongdong Chen, Peijiang Yuan, Tianmiao Wang, Qishen Wang, Chengkun Wang, Fengchao Wang, "Intelligent surface normal measurement method of end effector for the aeronautical drilling robot", IEEE, 2014 [2014 International Conference on Multisensor Fusion and Information Integration for Intelligent Systems (MFI)]
19. Maozhen Gong, Peijiang Yuan, Tianmiao Wang, Leibin Yu, Hongwen Xing, Wen Huang, "A novel method of surface-normal measurement in robotic drilling for aircraft fuselage using three laser range sensors", IEEE, 2012 [2012 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM)]
20. Peijiang Yuan, QiShen Wang, ZhenYun Shi, TianMiao Wang, ChengKun Wang, DongDong Chen, LiHeng Shen, "A micro-adjusting attitude mechanism for autonomous drilling robot end-effector", Science China Information Sciences, pp. 1–12, 2014
21. Rui Zhang, Peijiang Yuan, Maozhen Gong, "Intelligent Surface-normal Adjustment System and Application in Aeronautical Drilling Robot", IEEE, 2012 [2012 Second International Conference on Intelligent System Design and Engineering Application]
22. J. Matteo Munaro, Edmond Wai Yan So, Stefano Tonello, Emanuele Menegatti, "Efficient Completeness Inspection Using Real-Time 3D Color Reconstruction with a Dual-Laser Triangulation System" on Integrated Imaging and Vision Techniques for Industrial Inspection, 2015, pp. 201–225.
23. Peter Sturm, "Pinhole Camera Mode" on Computer Vision, 2014

© Филонов Иван Владимирович (Filonov.iv@dvfu.ru),

Ноткин Борис Сергеевич (notkin@iacp.dvo.ru), Змеу Константин Витальевич (zmeu.kv@dvfu.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Дальневосточный федеральный университет

МОБИЛЬНЫЕ СЕТИ 5G, КРИТЕРИИ ВЫБОРА СЕТИ И ИХ ПОСТРОЕНИЕ НА ОСНОВЕ МЕТОДА КОМПЛЕКСНОГО КРИТЕРИЯ

Храмцов Илья Александрович

Аспирант, Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика

М.Ф. Решетнева, г. Красноярск

ilia.khramcov@yandex.ru

5G MOBILE NETWORKS, NETWORK SELECTION CRITERIA AND THEIR CONSTRUCTION BASED ON THE COMPLEX CRITERION METHOD

I. Khramtsov

Summary. The emerging demand for high-quality communication gave an impetus to the development and implementation of a new generation of 5G networks. The paper considers the application of the method of constructing a fifth-generation network, based on the use of the complex criterion method to improve the accuracy of the number and location of base stations. The method under study allows us to take into account the main characteristics of the mobile network, service quality indicators, as well as to evaluate the cost characteristics. Also, the main criteria and requirements for them are presented when designing a mobile network of the 5G generation using the multi-criteria optimization method.

Keywords: 5G, mobile networks, network parameters, multi-criteria optimization method, data transmission reliability criterion, transmission speed criterion, material cost criterion.

Аннотация. Возникший спрос на качественную связь дал толчок к развитию и внедрению сетей нового поколения 5G. В материале работы рассмотрено применение метода построения сети пятого поколения, на основе использования метода комплексного критерия для повышения точности количества и местоположений базовых станций. Исследуемый метод позволяет учесть основные характеристики работы мобильной сети, показатели качества обслуживания, а также оценить стоимостные характеристики. Также, представлены основные критерии и требования к ним при проектировании мобильной сети поколения 5G с применением метода многокритериальной оптимизации.

Ключевые слова: 5G, мобильные сети, параметры сети, метод многокритериальной оптимизации, критерий надежности передачи данных, критерий скорости передачи, критерий материальных затрат.

Введение

Стремительное развитие технологий, рост конкуренции на рынке телекоммуникационных услуг, появление новых видов услуг в сетях мобильной связи, которые ранее были невозможны, сформировали новые требования потребителей к качеству предоставляемых им услуг. Данная ситуация дала старт к созданию сетей нового поколения (технология пятого поколения 5G. поэтому при создании сетей нового поколения важным моментом является соблюдение критериев оптимизации задач построения сети.

Основные проблемы и сложности при построении сети нового поколения можно объяснить отсутствием систематических универсальных критериев для решения задач оптимизации, которые нужно учитывать при создании сети.

Поэтому остро стоит вопрос в необходимости разработки актуальных методов определения структуры сети (оптимальной для решения поставленной задачи), которые будут учитывать основные критерии, обеспечивающие оценку стоимости качества обслуживания абонентского трафика.

Основные критерии при создании сетей нового поколения

Анализируя прошлые поколения сетей, при проектировании мобильных сетей 2G, одним из базовых критериев было качество голосовой связи и, согласно которому и проектировалась сеть [5].

Ключевым результатом при построении сети является выбор лучшего варианта оценки оптимальных показателей качества обслуживания с одной стороны и минимального количества сетевых ресурсов базовый сотовой станции с другой [4].

На стадии этапе проектирования, обычно есть данные по физическим параметрам среды — такие как распределенная застройка, плотная застройка, наличие или отсутствие деревьев, скорость движение абонента и другие. предполагаемое количество абонентов и параметры качества их обслуживания, например, скорость доступа к сети. Сложности в проектировании, на данном этапе, заключаются в том, что достаточно сложно оценить то количество ресурсов в мобильной сети, которые нужно выделить абоненту при оказании ему услуги сети. С другой стороны, для оператора связи необходимы минимальные затраты для обеспечения этих ресурсов. Поэтому, при проектировании сети учитывается стоимостная составляющая [1].

Поэтому важным стоит выделить, что при проектировании сетей мобильной связи важным является определение, отдельных критериев и их количества. Однако, стоит учесть, что анализ мобильной сети по нескольким критериям является достаточно и трудоемкой задачей, так как сеть по сути своей не однородна с точки зрения месторасположения и возможной загруженности сотовой базовых станций. Стоит отметить, что выбранные критерии могут быть зависимыми друг от друга и оказывать различное влияние на общие показатели работы сети. Для решения данной задачи при построения мобильной сети, необходимо исходить анализа возможных требований пользователей сети мобильной связи. Эти требования и будут являются ключевыми, на основе их будет формироваться оценка качества работы в проектируемой мобильной сети 5G. Качество связи можно будет оценить непосредственно по численному значению критерия.

Стоит сделать акцент на оценке несколько критериев показателей качества обслуживания пользователей, поэтому в данном случае целесообразно применить методы оценки многокритериальной оптимизации. Учитывая то, что при принятии решения будет учитываться сравнение вариантов по двум или более критериям с целью выделения эффективного варианта [11].

Рассмотрим применение метода оптимизации по Парето. Ключевым фактором будет свойство эффективности (в крайнем случае, слабого характера) где должно быть любое решение, претендующее на то, чтобы его назвали оптимальным.

Обобщим основные критерии проектирование мобильной сети поколения 5G с применением метода многокритериальной оптимизации [8]:

- ◆ выбор оптимальной сети поколения 5G, учитывая критерии, на основе которых она характеризуется;
- ◆ проектирование оптимальной структуры сети 5G, то есть нахождения соответствующего расположения базовых станций;
- ◆ Выделения основных требований к выбору критериев для целей оптимизации на этапе планирования сети поколения 5G.

Итак, критерии должны соответствовать следующим требованиям:

- ◆ их количество должно быть минимальным и включать в себя наиболее важные частные критерии;
- ◆ вектор оптимального решения для сети поколения 5G состоящий из множества числа частных критериев, должен с большей точностью описы-

вать функциональную надежность проектируемой сети поколения 5G (K);

- ◆ частные критерии должны и характеризовать свойства сети поколения 5G и иметь простое содержание.

Важным фактором для сетей поколения 5G, отражающими параметры качества обслуживания потребителей, будет [2]:

- ◆ критерий надежности передачи данных (N). Так как он характеризуется вероятностью неработоспособности (Q) мобильной сети. При увеличении количества отказов отдельно взятой базовой станции надежность соединения снижается, что приводит к снижению надежности всей мобильной сети и качества, предоставляемой ею услуг;
- ◆ критерий скорости передачи (V) который является качественным показателем работоспособности сети связи 5G. Он характеризуется относительными отклонениями от нормы коэффициентов использования емкости кольца $\Delta ring_N$ и сети $\Delta network$. Выбор данного параметра в качестве критерия основан на влиянии загрузки сети на ее надежность работы (так как если часть базовых станций работает с перегрузкой, а другая их часть простаивает либо недогружена, что приводит к дополнительным необоснованным затратам ресурсов в сети);
- ◆ критерий материальных затрат (C). Он характеризуется коэффициентом использования капитальных затрат Кикз на строительство базовых станций. Очевидно, что для операторов мобильной связи данный критерия должен быть минимальным.

Руководствуясь описанными выше критериями, сформируем задачу для разработки метода проектирования сети пятого поколения на основе комплексного критерия качества.

Каждый из выбранных вариантов построения сети мобильной связи M_i можно описать целевой функцией и функцией полезности [9].

$$\min K_i = K(N_i(\bar{x}), V_i(\bar{x}_v)),$$

$$C_i(\bar{x}_N, \bar{x}_v) \leq C_{доп}$$

где K_i — вектор оптимального решения для сети мобильной связи 5G M_i ; N_i — частный критерий надежности передачи данных;

V_i — частный критерий скорости передачи сети;

C_i — частный критерий материальных затрат при создании сети; \bar{x}_N — вектор надежности передачи данных; \bar{x}_v — вектор пропускной способности сети; $C_{доп}$ — допустимое значение частного критерия материальных затрат.

В дальнейшем при планировании сети поколения 5G на этапе планирования и на этапе дальнейшей эксплуатации, данные векторы надежности передачи данных будет иметь вид [3,6]:

$$\begin{cases} 2 \leq \bar{\tau}_{абвнм} \leq 5 \text{ мкс/км}, \\ n_{рест_номн} \leq 2, \\ 10^{-9} \leq BER \leq 10^{-11}, \\ t_{перкл.СЦР} \leq 30 \text{ мс}, \\ t_{перкл.МSP,MS-SPRing} \leq 50 \text{ мс}. \end{cases}$$

$$\bar{x}_N = \begin{Bmatrix} \rho_{ab} \\ P_{kz} \\ \phi_k \end{Bmatrix}, \quad \bar{x}_v = \begin{Bmatrix} \tau_{ab} \\ \chi_{vv} \end{Bmatrix}$$

Пропускную способность представим также в виде вектора:

$$\bar{x}_v = \begin{Bmatrix} \mu_{link_ij} \\ \mu_{MUX_i} \\ \mu_{ring_N} \\ \mu_{network} \end{Bmatrix}$$

где μ_{link_ij} , μ_{MUX_i} , μ_{ring_N} , $\mu_{network}$ — коэффициенты использования емкости канальных групповых трактов, мультиплексоров, колец и сети в целом [4].

Важно отметить ограничения при данной модели при использовании данных критериев — ограничением является использование исключительно кольцевых схем при построении сетей поколения 5G.

Ограничения с учетом критерия надежности передачи данных, можно описать следующим образом

$$\begin{cases} 2 \leq \bar{\tau}_{абвнм} \leq 5 \text{ мкс/км}, \\ n_{рест_номн} \leq 2, \\ 10^{-9} \leq BER \leq 10^{-11}, \\ t_{перкл.СЦР} \leq 30 \text{ мс}, \\ t_{перкл.МSP,MS-SPRing} \leq 50 \text{ мс}. \end{cases}$$

Для модели функциональной надежности, которые накладываются сектором телекоммуникаций и опера-

торами сети нужно учитывать такие ограничения как [10]:

- ♦ среднее допустимое время прохождения сигнала сети любой пары узлов составляет 2–5 мкс/км;
- ♦ количество рестартов для одного соединения — 2 (устанавливается оператором сети); — значение BER в диапазоне $10^{-9} \leq BER \leq 10^{-11}$;
- ♦ полная вероятность работоспособности сети должна быть не меньше, чем 0.99999.

Для моделей с учетом критерия пропускной способности применяются следующие ограничения:

$$\begin{cases} v_{ij} \leq v_{link_{ij}} \\ v_{ring_N} \leq v_{\sum_ringN} \\ 0,7 \leq \mu_{link_{ij}} \leq 0,8, \\ 0,7 \leq \mu_{MUX_i} \leq 0,8, \\ 0,7 \leq \mu_{ring_N} \leq 0,8, \\ 0,7 \leq \mu_{network} \leq 0,8. \end{cases}$$

Для моделей материальных затрат при создании сети используют ограничения:

$$\begin{cases} C_{MOD} \leq C_{MAX_MOD}, \\ C_{NETWORK} \leq C_{MAXNETWORK}, \\ 15 \leq r \leq 30\%, \\ 3 \leq t \leq 5 лет. \end{cases}$$

Где C_{MOD} — затраты оператора на модернизацию сети;

C_{MAX_MOD} — максимально возможные затраты оператора на модернизацию сети;

$C_{NETWORK}$ — капитальные затраты на проектирование сети;

$C_{MAXNETWORK}$ — максимально возможные инвестиционные вложения на строительство сети;

r — величина среднерыночной прибыли среди операторов на рынке СНГ в период 2016–2018 гг; t — период окупаемости инвестиций.

Ключевым условием будет то, чтобы значения выбранных критериев должны быть положительными и больше нуля [6]:

$$N_i > 0, V_i > 0, C_i > 0;$$

– значения частных критериев и вектора стремятся к минимуму:

$$N_i, V_i, C \rightarrow \min, K_i \rightarrow \min.$$

При использовании метода многокритериальной оптимизации выбранные частные критерии позволяют

в полной мере описать и оптимизировать параметры сети поколения 5G.

Анализируя $n!$ вариантов расположения базовых станций сети мобильной связи, приходим к выводу, что каждому вышеуказанному варианту соответствуют три состояния сети S_1, S_2, S_3 , при которых частные критерии принимают значения N_i, V_i, C_i . Из предложенных вариантов руководствуясь обобщенными показателями качества обслуживания потребителей $g(v_i)$ необходимо выбрать оптимальный вариант. Именно основываясь на значениях $g(v_i)$ будет выбран оптимальный вариант расположения базовых станций по трем частным критериям: надежности передачи данных, скорости передачи данных и величине материальных затрат.

Варианты расположения и соответствующие им значения критериев представим в виде матрицы G [8]:

$$G = \begin{pmatrix} | & S_1 & S_2 & S_3 & | \\ v_1 & g_{11} = N_1, & g_{12} = V_1, & g_{13} = C_1, & | \\ v_2 & g_{21} = N_2, & g_{22} = V_2, & g_{23} = C_2, & | \\ v_3 & g_{31} = N_3, & g_{32} = V_3, & g_{33} = C_3, & | \\ \dots & \dots & \dots & \dots & | \\ v_i & g_{i1} = N_i, & g_{i2} = V_i, & g_{i3} = C_i, & | \end{pmatrix}$$

где S_1, S_2, S_3 — описывает состояния сети, при котором мобильная сеть принимает значения показателей надежности, скорости и материальных затрат;

v_1, v_2, \dots, v_i — варианты расположения сотовых базовых станций, используемых для нахождения оптимального решения задачи.

Отметим, что используемые частые критерии могут иметь различную размерность, и для того, поэтому использовать метода оптимизации важным требованием будет выполнение нормирования значений матрицы G . Важно понимать, что масштабирования (нормирование) носит субъективный характер. В данном случае является приемлемым способ нормирования показателей на основе усреднения значения каждого показателя [4]:

$$\sim \frac{N_{\text{нн}} - \bar{N}_i - N}{\bar{N}}, \frac{V_{\text{нн}} - \bar{V}_i - V}{\bar{V}}, \frac{C_{\text{нн}} - \bar{C}_i - C}{\bar{C}},$$

Средние значения для каждого из частных критериев найдем исходя из количества вариантов расположения базовых станций:

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^l W_i}{l}, \bar{V} = \frac{\sum_{i=1}^l v_i}{l}, \bar{C} = \frac{\sum_{i=1}^l C_i}{l},$$

где l — количество вариантов решений для выбранной сети мобильной связи 5G.

Используя все варианты расположения базовых станций, выбранные с использованием как минимум трех вышеописанных методов, формируют область Парето в которой мобильная сеть будет планироваться с учетом целесообразных решений, при котором значе-

ние каждого частного критерия не может быть улучшено без ухудшения других критериев.

Заключение

Рассмотрев метод многокритериальной оптимизации как инструмент определения и проектирования структуры мобильной сети 5G можно сделать вывод что данный метод может использоваться для оптимизации расстановки базовых станций сети мобильной связи 5G при наличии большого количества альтернативных вариантов решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беззатеев С.В., Федоров И.Р. Технология блокчейн в сетях 5G // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2020. № 4. С. 472–484.
2. Данилов В.И. Сети и стандарты мобильной связи. СПбГУТ. 2015 100 с.
3. Олейникова С.А., Токарев И.И. Сравнительный анализ моделей и методов решения задачи структурного синтеза для современных систем мобильной связи // Электроника и электротехника, № 4. 2018, С. 40–47.
4. Павловская К.А., Лозинская В.Н., Яремко И.Н. Многокритериальная оптимизация построения сетей пятого поколения на основе системного анализа // Вестник академии гражданской защиты. 2019. № 4(19). С. 111–117.
5. Полтева Т.В., Курилова А.А. «Дерево решений» как метод учёта неопределённости и риска при оценке эффективности инвестиционного проекта // Карельский научный журнал, Т. 7, № 4 (25), 2018, С. 106–109.
6. Стеклов В.К. Оптимизация и моделирование устройств и систем связи: учебник для высших учебных заведений / В.К. Стеклов, Л.Н. Беркман, Е.В. Кильчицкий. — Киев: Техника, 2004. — 576 с.
7. Чепцов М.Н., Климов В.В. Анализ оценок эффективности работы транспортной сети мобильного оператора связи // Сборник научных трудов ДониЖТ. 2020. № 56. С. 43–48.
8. Чернышева Т.Ю., Жуков А.Г. Программный модуль учета рисков проекта на основе дерева решений // Ползуновский вестник. 2012. № 3–2. — С. 70–73.
9. Agiwal M., Roy A., Saxena N. Next generation 5G wireless networks: A comprehensive survey // IEEE Communications Surveys & Tutorials. 2016. V. 18. N3. P. 1617–1655. doi: 10.1109/COMST.2016.2532458
10. Isaev A.R. Future networks 5G // Электронный мультидисциплинарный научный журнал с порталом международных научно-практических конференций Интернетнаука. 2016. № 9. С. 136–143.
11. Panwar N., Sharma S., Singh A.K. A survey on 5G: The next generation of mobile communication // Physical Communication. 2016. V. 18. P. 64–84. doi: 10.1016/j.phycom.2015.10.006

© Храмов Илья Александрович (ilia.khramcov@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОБЗОР МЕТОДОВ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ НЕЙРОННОГО МАШИННОГО ПЕРЕВОДА

Чжун Жуйюй

Аспирант, Национальный исследовательский
университет Московский институт электронной
техники
zry1988510@126.com

OVERVIEW OF DEEP LEARNING METHODS FOR NEURAL MACHINE TRANSLATION

Chzhun Zhujuj

Summary. The article discusses the main methods of neurolinguistic training. Three stages of machine translation development are revealed: rule-based, statistical, neural learning. Two popular methods of neural machine translation are described: recurrent and convolutional. Advanced neural machine learning methods are characterized: ConvS2S, Transformer, RNMT+. A forecast was made for the further development of neural text translation systems.

Keywords: machine translation, neural learning, neural learning methods, neurolinguistics, ConvS2S, Transformer, RNMT+.

Аннотация. В статье рассмотрены основные методы нейролингвистического обучения. Раскрыто 3 этапа развития машинного перевода: на основе правил, статистический, нейронного обучения. Описано 2 популярных способа нейронного машинного перевода: рекуррентный и сверточный. Охарактеризованы продвинутые методы нейронного машинного обучения: ConvS2S, Transformer, RNMT+. Сделан прогноз по дальнейшему развитию систем нейронного перевода текста.

Ключевые слова: машинный перевод, нейронное обучение, методы нейронного обучения, нейролингвистика, ConvS2S, Transformer, RNMT+.

Машинный перевод (Machine Translation) (MT) — это классическое направление в NLP, которое исследует, как использовать компьютерное программное обеспечение для перевода текста или речи с одного языка на другой без участия человека. Поскольку задача MT имеет аналогичную цель с конечной целью NLP и AI, т.е. полное понимание человеческого текста (речи) на смысловом уровне, ему было уделено большое внимание в прошлом.

Задача машинного перевода имеет долгую историю исследований, и за последние десятилетия было предложено множество эффективных методов. Недавно, с развитием глубокого обучения, появился новый метод под названием нейронный машинный перевод (NMT). Он способен фиксировать длительную зависимость в предложении, что указывает на огромный потенциал в превращении в новую тенденцию мейнстрима. После примитивной первоначальной модели предлагается множество моделей NMT, некоторые из которых достигли больших успехов с самыми современными результатами.

История машинного перевода

Машинный перевод (MT) имеет долгую историю; происхождение этого направления можно проследить до 17 века. В 1629 году Rene Descartes придумал уни-

версальный язык, который выражал одно и то же значение на разных языках и разделял один символ.

Основные этапы его развития: машинный перевод на основе правил, статистический машинный перевод и нейронный машинный перевод [1].

1. Машинный перевод на основе правил

Машинный перевод на основе правил — это первая разработка в машинном переводе, основанная на гипотезе, что все разные языки имеют свой символ, представляющий одно и то же значение. Потому что обычно слово на одном языке может найти соответствующее слово на другом языке с тем же значением.

В этом методе процесс перевода можно рассматривать как замену слова в исходном предложении. С точки зрения «основанного на правилах», поскольку разные языки могут представлять одно и то же значение предложения в разном порядке слов, метод замены слов должен основываться на правилах синтаксиса обоих двух языков. Таким образом, каждое слово в исходном предложении должно занимать соответствующую позицию в целевом языке.

Самый серьезный недостаток метода, основанного на правилах, заключается в том, что он игнорирует по-

требность в контекстной информации в процессе перевода, что снижает надежность машинного перевода на основе правил.

2. Статистический машинный перевод

Статистический машинный перевод (SMT) был основной технологией в течение последних 20 лет. Он успешно применяется в отрасли, включая перевод Google, перевод Baidu.

Модель SMT находит слова (или фразы), которые имеют одинаковое значение, через двуязычный корпус по статистике.

Наиболее распространенной версией SMT является SMT на основе фраз (PBSMT), который, как правило, включает предварительную обработку, выравнивание предложений, выравнивание слов, извлечение фраз, подготовку функций фразы и обучение языковой модели. Ключевым компонентом модели PBSMT является лексика на основе фраз, в которой фразы на исходном языке сочетаются с фразами на целевом языке. Лексика построена из набора обучающих данных, который представляет собой двуязычный корпус. Таким образом, PBSMT может превзойти простые методы дословного перевода.

12. Нейронный машинный перевод

Из-за низкой производительности на начальном этапе и ограничений вычислительного оборудования соответствующие исследования по трансляции с помощью нейронной сети игнорировались в течение многих лет.

В связи с распространением глубокого обучения в 2010 году все больше и больше задач NLP достигли значительных улучшений. Большое внимание уделяется также использованию глубоких нейронных сетей для задач машинного перевода. Успешная модель нейронного машинного перевода (NMT) на основе DNN была впервые предложена Kalchbrenner and Blunsom, что к тому времени являлось совершенно новой концепцией для машинного перевода. По сравнению с другими моделями, модель NMT требует меньше лингвистических знаний, но может обеспечить конкурентоспособные результаты. С тех пор многие исследователи сообщили, что NMT может работать намного лучше, чем традиционная модель SMT, и она также широко применяется в промышленности.

Существует множество вариантов дизайна сети для NMT, которые можно разделить на повторяющиеся или неповторяющиеся модели. В частности, эту категорию можно проследить до раннего развития NMT,

когда модели на основе RNN и CNN являются наиболее распространенным дизайном. Многие предложенные впоследствии сложные модели также принадлежат к семейству CNN или RNN. Этот подраздел следует за развитием NMT в первые годы и демонстрирует некоторые характерные модели, классифицируя их как модели на основе RNN или CNN.

1) NMT на основе RNN

Первый успешный NMT на основе RNN был предложен Sutskever и др., который использовал чистую модель глубокого RNN и получил производительность, которая приближается к лучшему результату, достигнутому SMT [2]. Дальнейшее развитие предложило механизм внимания, который значительно улучшает производительность перевода и превосходит лучшую модель SMT. Модель GNMT была отраслевой моделью, применяемой в Google Переводчике, и считалась важной вехой в NMT на основе RNN.

Помимо упомянутой выше работы, другие исследователи также предложили различные архитектуры с отличной производительностью. Zhang и др. предложили вариационный метод NMT, который имеет инновационные перспективы в моделировании задачи перевода, и соответствующий эксперимент показал лучшую производительность, чем исходный уровень оригинального NMT в задачах китайско-английского и англо-немецкого перевода. Чжоу и др. разработали Fast-Forward Connections для RNN (LSTM), которые могут позволить более глубокую сеть в реализации и, таким образом, получить лучшую производительность. Поскольку большее количество параметров часто означает лучшую репрезентативную способность, это демонстрирует огромный потенциал в будущем.

2) NMT на основе CNN (сверточной нейронной сети).

По сравнению с NMT на основе RNN, модели на основе CNN имеют преимущество в скорости обучения; это связано с внутренней структурой CNN, которая позволяет выполнять параллельные вычисления для различных фильтров при обработке входных данных. Кроме того, структура модели упростила модели на основе CNN для решения проблемы исчезновения градиента. Однако есть два фатальных недостатка, влияющих на качество их перевода. Во-первых, поскольку исходная модель на основе CNN может фиксировать зависимости слов только в пределах ширины своих фильтров, длинную зависимость слов можно найти только в высокоуровневых сверточных слоях. Этот неестественный характер часто вызывает худшую производительность, чем в моделях на основе RNN. Во-вторых, поскольку

исходная модель NMT сжимает предложение до фиксированного размера вектора, значительное снижение производительности произойдет, если предложение станет слишком длинным. Это происходит из-за ограниченной способности представления в фиксированном размере вектора. Подобное явление также можно найти в ранее предложенных моделях на основе RNN, которые позже смягчены механизмом внимания.

Также были предложены некоторые передовые модели NMT на основе CNN с соответствующими решениями для устранения вышеуказанных недостатков. Kaiser и др. предложил глубинно разделимые свертки на основе NMT. Созданный ими SliceNet может иметь аналогичную производительность с Kaiser и др. (2016). Gehring и др. (2017) последовали за своей предыдущей работой, предложив NMT на базе CNN, который сотрудничает с Attention Mechanism. Он даже получил лучший результат, чем модель на основе RNN, но вскоре это достижение было превзойдено Transformer [3].

Проведенные исследования предложили различные методы как в процессе обучения, так и в процессе вывода. Эти методы можно условно разделить на три категории в зависимости от их ориентации.

Первый интуитивно ориентирован на поиск решений для повышения скорости вычислений, которые могли бы поддерживать более обширный словарный запас. Второй фокусируется на использовании контекстной информации. Этот метод может адресовать некоторые из неизвестных слов (например, имя собственное), копируя их в результат перевода, а также редко встречающиеся слова, вызывающие плохое качество перевода.

Последний, более продвинутый, предпочитает использовать информацию внутри слова, такую как символы, из-за их гибкости в обработке морфологических вариантов слов. Этот метод может поддерживать перевод OOV-слов (сокращений) более «умным» способом.

1) Методы ускорения вычислений

Первая мысль при попытке увеличить скорость вычислений — это масштабировать операцию softmax. Поскольку эффективное вычисление softmax, очевидно, могло бы поддержать большой словарный запас, подобным попыткам уделялось много внимания в литературе по NLM. Morin и Bengio [4] предложили иерархические модели для экспоненциального ускорения вычисления коэффициента нормализации, таким образом помогая ускорить градиентный расчет вероятностей слов. В частности, оригинальная модель преобразовала словарь в двоичную древовидную структуру, ко-

торая была построена с предварительными знаниями из WordNet.

Первоначальный результат эксперимента показывает, что этот иерархический метод сопоставим с традиционной триграммной LM, но не может превзойти исходный NLM; отчасти это связано с использованием ручной работы из WordNet в процессе построения дерева.

Более элегантный метод — сохранить исходную модель, но изменить метод расчета коэффициента нормализации. Bengio и Senecal предложили метод выборки по важности для аппроксимации коэффициента нормализации. Однако этот метод не является стабильным без тщательного контроля. Mnih & Teh использовали шум-контрастную оценку для непосредственного изучения коэффициента нормализации, который может быть более стабильным в процессе обучения NLM.

Общей слабостью всех этих методов является то, что они по-прежнему страдают от слов OOV, несмотря на большой размер словаря, который они могут поддерживать. Это связано с тем, что расширенный словарь по-прежнему ограничен по размеру, и нет решения для дополнения при обнаружении неизвестных слов, тогда как следующая категория методов может частично справиться с этим. Кроме того, простое увеличение словарного запаса может просто немного улучшить из-за закона Ципфа, что означает, что всегда есть большой хвост OOV-слов, требующих обработки.

2) Методы с использованием контекстной информации

Более продвинутая методика использует контекстную информацию. Луонг и др. предложил алгоритм выравнивания слов, который взаимодействует с механизмом копирования для последующей обработки результата перевода. Конкретно, в методе Луонга для каждого слова OOV существует «Указатель», который отображается на соответствующее слово в исходном предложении. На этапе постобработки предопределенный словарь был снабжен «указателем» для поиска соответствующего перевода, при этом использовался механизм прямого копирования для обработки OOV слов, которых нет в словаре.

Популярность метода Luong частично объясняется тем, что механизм копирования фактически предоставляет бесконечный словарный запас. Кроме того, он синтезировал механизм копирования с общей операцией трансляции, добавив так называемую сеть коммутации, чтобы решить, какая операция должна применяться на каждом временном шаге [5]. Gu и др.

приложив параллельные усилия по интеграции различных механизмов, предложили своего рода механизм внимания, называемый CopyNet, с ванильной моделью кодировщика-декодера, которую можно естественным образом расширить для обработки слов OOV в задаче NMT. Вдобавок они обнаружили, что механизм внимания больше зависит от семантики и языковой модели при использовании традиционного перевода слов, но от местоположения при использовании операции копирования.

Вкратце, было предложено множество контекстно-зависимых уточнений, большинство из которых использует механизм копирования для обработки слов OOV с различными алгоритмами выравнивания, чтобы найти соответствующее слово на целевой стороне. Однако у этих методов есть ограниченные возможности для дальнейшего улучшения, поскольку механизм копирования слишком груб для обработки сложных сценариев на разных языках. На практике эти методы плохо работают на языках с богатой морфологией, таких как финский и турецкий.

3) Методы с мелким зерном

Фокусируются на использовании дополнительной информации внутри словарной единицы. Совершенно очевидно, что такая дополнительная информация могла бы улучшить способность охватить различные языковые явления.

В предыдущих исследованиях, хотя использование семантической информации о словарной единице могло обеспечить подавляющее большинство возможностей обучения, другие особенности на уровне под слова обычно игнорировались. С лингвистической точки зрения понятие «слово» является базовой единицей языка, но не является минимальным по содержанию семантической информации, и существует множество опытных правил, которые можно узнать изнутри таких единиц слова, как форма и суффикс.

Один из популярных вариантов использования под слова, был предложен Sennrich и др., и, как было доказано, он имеет лучшую производительность в некоторых общих результатах. Конкретно, в этой методике неизвестные слова рассматриваются как последовательности подсловных единиц, что является разумным с точки зрения состава подавляющего большинства этих слов (например, именованных сущностей, заимствованных слов и морфологически сложных слов).

Однако восстановление подслов приводит к огромному расходу места в словарном запасе, что фактически сводит на нет цель снижения вычислительной эффек-

тивности как во времени, так и в пространстве. В этих условиях для операции сегментации слов на обеих сторонах языков был применен метод извлечения подслов на основе парного байтового кодирования (BPE), который успешно адаптировал этот старый, но эффективный метод сжатия данных при предварительной обработке текста.

Метод BPE развивался для получения лучшего обобщения. Такую предложил регуляризацию подслов в качестве альтернативы для обработки феномена ложной неоднозначности в BPE, а также они предложили новый алгоритм сегментации подслов, основанный на модели униграммы, которая разделяла концепцию BPE, но была более гибкой в получении нескольких сегментаций на основе их вероятностей. Аналогичным образом Wu и др. использовал концепцию «заготовок» для обработки слов OOV, которые когда-то применялись в системе распознавания речи Google для решения проблемы сегментации японского и корейского языков. Этот метод разбивает слова на части, чтобы получить баланс между гибкостью и эффективностью при использовании отдельных символов и целых слов по отдельности.

Продвинутые модели NMT

1. ConvS2S

ConvS2S — это сокращение от Convolutional Sequence to Sequence, которая представляет собой сквозную модель NMT, предложенную Gehring и др. [5]. В отличие от большинства моделей NMT на основе RNN, ConvS2S является полностью основанной на CNN моделью как в кодировщике, так и в декодере. В сетевой структуре ConvS2S объединила 15 уровней CNN в своем кодировщике и декодере с фиксированной шириной ядра 3. Эта глубокая структура помогает компенсировать слабые места в захвате контекстной информации (рис. 1).

Что касается деталей сети, ConvS2S применил стробированные линейные единицы (GLU) в построении сети, которые обеспечивают стробированную функцию для вывода сверточного слоя. В частности, выходной сигнал сверточного слоя $Y \in R^{2d}$, который представляет собой вектор с двойными размерами (2d числами измерений) встраивания каждого входного элемента (d числами измерений), стробированная функция обрабатывает выходной сигнал

Помимо нововведения в структуре кодера-декодера на основе CNN, ConvS2S также применил аналогичный механизм внимания, который был безоговорочно принят моделью RNN, под названием Multistep Attention. Конкретно, многоступенчатое внимание —

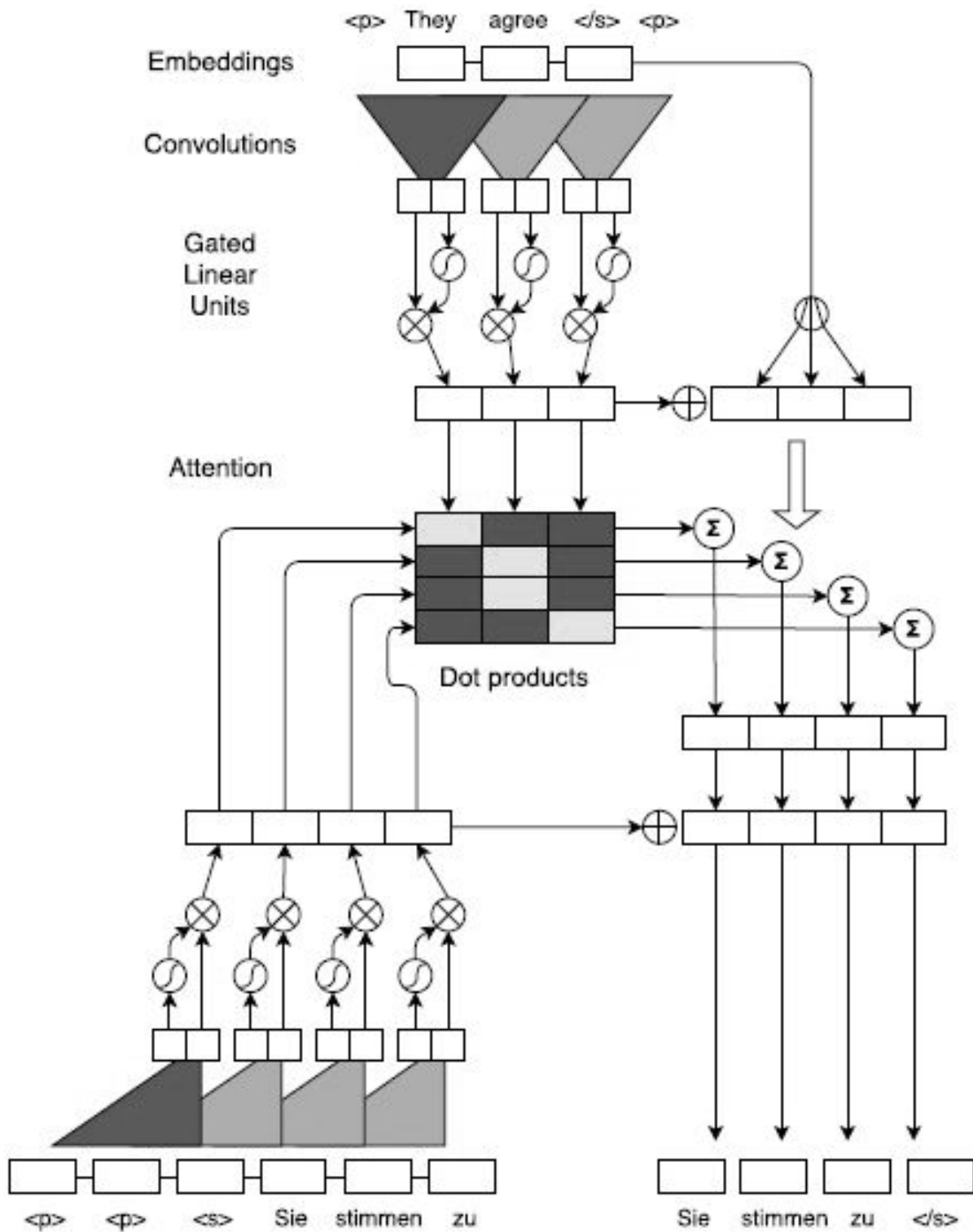


Рис. 1. Структура модели ConvS2S

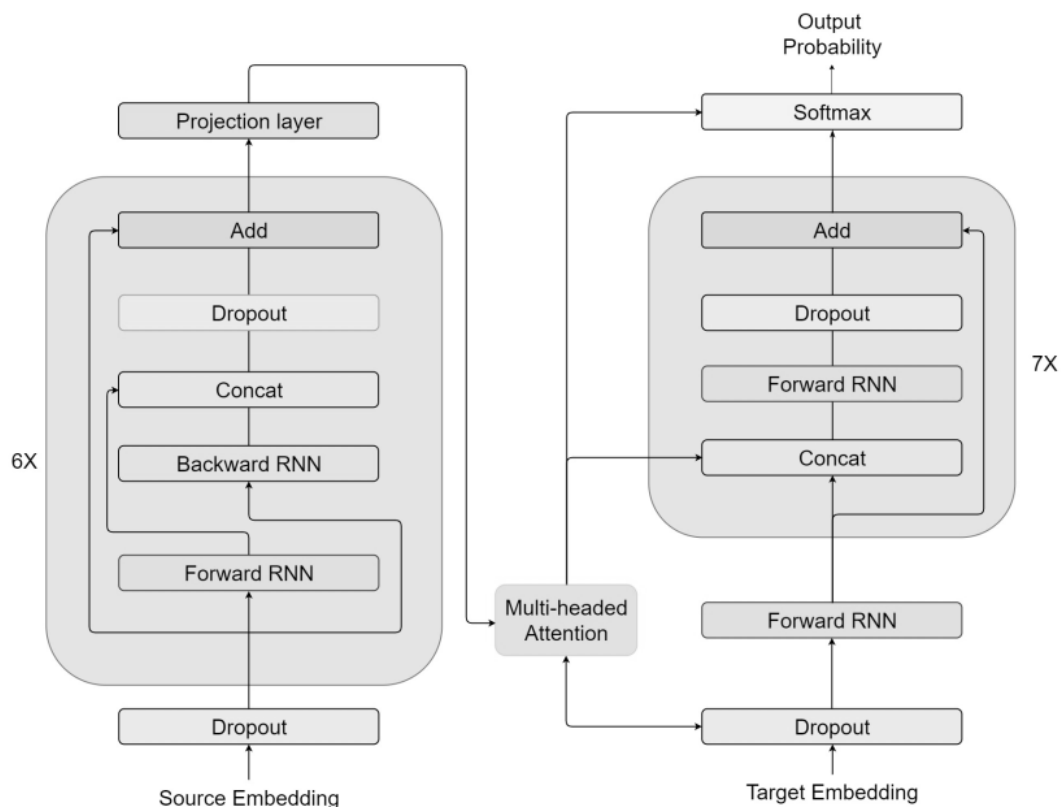


Рис. 2. Структура модели RNMT +, которая имеет аналогичную структуру GNMT с адаптивными инновациями в механизме внимания

это отдельная структура внимания, применяемая на каждом уровне декодера.

2. RNMT+

RNMT+ был предложен Chen и др. [6]. Эта модель напрямую унаследовала структуру модели GNMT, предложенную Wu и др. В частности, RNMT + можно рассматривать как улучшенную модель GNMT, которая продемонстрировала лучшую производительность модели NMT на основе RNN (рис. 2). По структуре модели RNMT + в основном отличается от модели GNMT в следующих нескольких аспектах.

Во-первых, RNMT+ использовал шесть двунаправленных RNN (LSTM) в своем декодере, тогда как GNMT использовал один уровень двунаправленной RNN с семью уровнями однонаправленных RNN. Эта структура принесла в жертву эффективность вычислений в обмен на исключительную производительность.

Во-вторых, стратегия синхронного обучения была предусмотрена в тренировочном процессе, улучшив скорость сходимости с производительность модели, основанной на эмпирических результатах.

3. Transformer и модели на его основе

Transformer — это новая структура NMT, предложенная Vaswani и др. [3]. В отличие от существующих моделей NMT, он отказался от стандартных структур RNN / CNN и разработал инновационные многослойные блоки самовнимания, которые объединены с методом позиционного кодирования. Эта новая тенденция проектирования структуры использует преимущества модели на основе как RNN, так и CNN, которая в дальнейшем использовалась для инициализации входного представления для других задач NLP. Примечательно, что Transformer — это полная модель NMT, основанная на внимании.

Transformer имеет свое уникальное представление при обработке входных данных, которое сильно отличается от рекуррентной или сверточной модели. Для вычисления самовнимания Transformer обрабатывает входные данные как три вида векторов для разных целей: это векторы ключа, значения и запроса. И все эти векторы управляются путем умножения содержимого входных данных на три матрицы, которые мы обучили в процессе обучения.

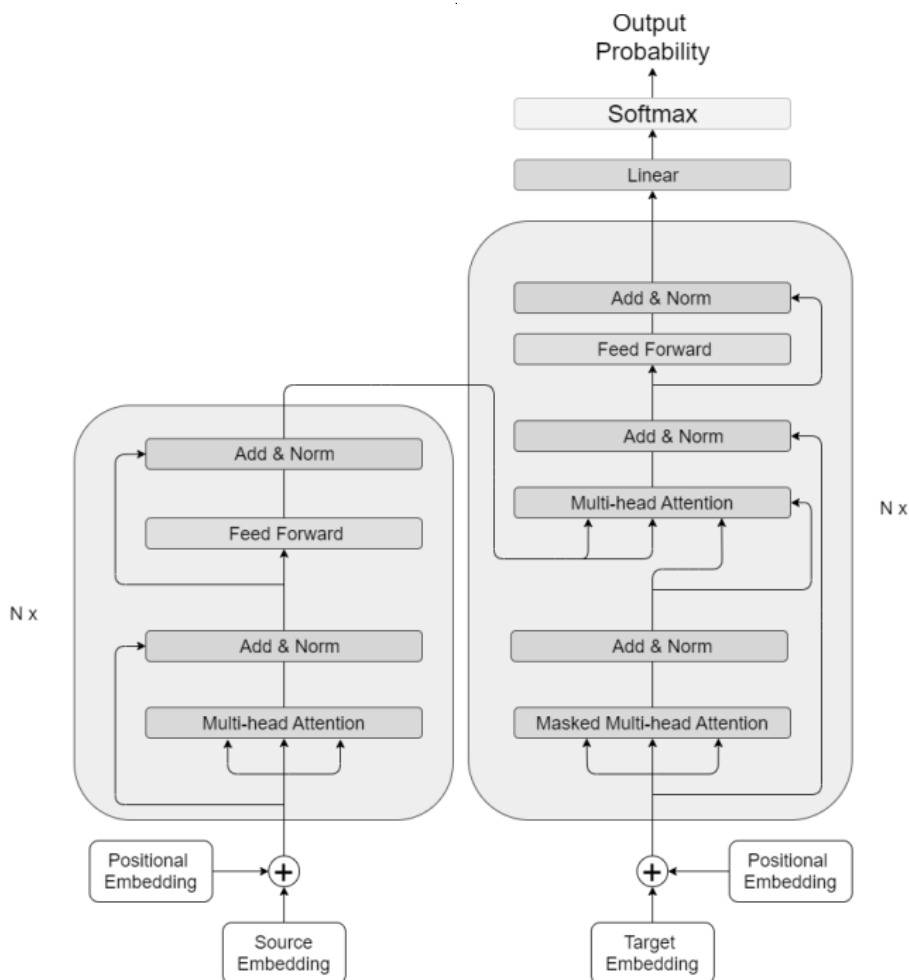


Рис. 3. Полная структура Transformer

Самовнимание — главное новшество в Transformer. Вместо того, чтобы просто вычислять самовнимание один раз, механизм с несколькими ядрами проходит через масштабированный скалярный продукт внимания несколько раз параллельно, а результаты этого независимого внимания затем объединяются и линейно преобразуются в ожидаемые измерения. Из-за огромного повышения производительности, произведенного Transformer, он привлек огромное внимание исследователей. Общеизвестный недостаток Transformer включает в себя: отсутствие рекуррентного моделирования, теоретически неполное по Тьюрингу, получение информации о местоположении, а также большую сложность модели. Все эти недостатки препятствовали дальнейшему повышению качества перевода. В ответ на эти проблемы были предложены некоторые корректировки.

Что касается архитектуры модели, то некоторые предложенные модификации были сосредоточены как на уровне глубокого внимания, так и на композиции

сети. Варна и др. предложили преобразователь в 2–3 раза более глубокий с усовершенствованным механизмом внимания, который может быть проще для оптимизации более глубоких моделей.

В отличие от фиксированных слоев модели NMT, Dehghani и др. предложили Universal Transformers, которые отменили укладку постоянного количества слов за счет объединения рекуррентного индуктивного смещения RNN и механизма остановки адаптивных вычислений, таким образом улучшив исходное представление на основе самовнимания для лучшего обучения итерационным или рекурсивным преобразованиям. Примечательно, что эта корректировка показала, что модель является полной по Тьюрингу при определенных предположениях.

Что касается уточнения композиции сети, вдохновленной идеей AutoML, So и др. применил поиск нейронной архитектуры (NAS), чтобы найти сопоставимую модель с упрощенной архитектурой. Evolved

Transformer имеет инновационную комбинацию базовых блоков и достигает того же качества, что и оригинальная модель Transformer-Big, с меньшими параметрами на 37,6%.

Хотя большая часть изменений направлена на непосредственное изменение структуры модели, в некоторых новых публикациях было решено использовать другое представление входных данных для повышения производительности модели. Один из прямых методов — это использование улучшенного кодирования положения для внедрения порядка следования. Shaw и др. предложили модифицированный механизм самовнимания с осознанием использования представлений об относительных положениях, который продемонстрировал значительные улучшения в двух задачах МТ.

Одновременно с этим, использование предварительно инициализированного представления ввода с точной настройкой — это еще одно направление, где были предложены некоторые идеи в различных задачах NLP, таких как применение ELMo для кодировщика модели NMT. Что касается Transformer, одним из побочных продуктов этой инновационной модели является использование самовнимания для представления последовательности, которое может эффективно объединять словесную информацию с контекстной информацией.

Были предложены два хорошо известных метода представления входных данных на основе трансформера, названные Bert (представление двунаправленного кодера от Transformers) и GPT (Generative Pretrained Transformer), для улучшения некоторых последующих задач NLP.

Полная структура трансформатора проиллюстрирована на рис. 3.

Аспекты развития проблемы на перспективу

Хотя мы стали свидетелями быстро растущего прогресса исследований в области NMT, остается еще много проблем. Суммируем основные проблемы и перечисляем некоторые потенциальные направления в нескольких аспектах.

1. Что касается производительности перевода, NMT по-прежнему не справляется с переводом длинных предложений. Это происходит в основном из-за двух причин: практических ограничений в разработке и способности самой модели к обучению.
2. Механизм выравнивания важен как для моделей SMT, так и для моделей NMT. Мы считаем, что этот продвинутый метод выравнивания будет привлекательным для будущих исследований, поскольку мощный метод внимания может напрямую улучшить характеристики модели. Более поздние исследования механизма внимания попытаются ослабить слабость NMT, такую как способность интерпретации.
3. Низкоресурсный нейронный машинный перевод — еще одна горячая точка в нынешнем NMT, который пытается решить проблему серьезного снижения производительности, когда модель NMT обучается с редким двуязычным корпусом.
4. Наконец, исследования в области приложений NMT станут более обширными. В настоящее время разработано множество приложений, таких как перевод речи и перевод на уровне документа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Cho K., Van Merriënboer, B., Bahdanau D., & Bengio Y. (2014). On the properties of neural machine translation: Encoder-decoder approaches. arXiv preprint arXiv:1409.1259.
2. Sutskever I., Vinyals O., & Le Q.V. (2014). Sequence to sequence learning with neural networks. In Advances in neural information processing systems (pp. 3104–3112).
3. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N., Uszkoreit J., Jones L., Gomez A N., ... & Polosukhin I. (2017). Attention is all you need. In Advances in Neural Information Processing Systems (pp. 5998–6008).
4. Morin F., & Bengio Y. (2005, January). Hierarchical probabilistic neural network language model. In Aistats (Vol. 5, pp. 246–252).
5. Gulcehre C., Ahn S., Nallapati R., Zhou B. & Bengio Y. (2016). Pointing the unknown words. arXiv preprint arXiv:1603.08148.
6. Chen M. X., Firat O., Bapna A., Johnson M., Macherey W., Foster G., ... & Wu Y. (2018). The best of both worlds: Combining recent advances in neural machine translation. arXiv preprint arXiv:1804.09849.
7. Clinchant S., Jung K.W., & Nikoulina V. (2019). On the use of BERT for Neural Machine Translation. arXiv preprint arXiv:1909.12744.

ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ В ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ МЕТОДОМ РАССЕЧЕНИЯ-РАЗНЕСЕНИЯ

PROTECTION OF INFORMATION IN CLOUD TECHNOLOGIES THE DISSECTION-SEPARATION METHOD

G. Shurkhovetsky

Summary. Cloud technologies are now closely integrated into our lives in all its aspects. Users of cloud technologies are often not only individuals and legal entities, but also various government agencies, so that the security of these online services has the highest priority, including in matters of national security. But until now, the providers of these services can not provide adequate protection of user data, especially since by sending personal information to the “cloud”, the user no longer controls it. An important role in this issue is played by the user’s ability to protect their information on their side before sending it to various online services. An important tool for protecting information for the user will be such a tool that will provide reliable protection, taking into account the existence of several unrelated data warehouses. For example, the split-split method. On the Internet, this method has not yet been considered from the point of view of the reliability of its use, there was no proper verification of its resistance to attacks. This is the question that this article will be devoted to.

Keywords: information security, cloud storage, dissection-separation method.

Шурховецкий Георгий Николаевич

Аспирант, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения»
gshn5@yandex.ru

Аннотация. Облачные технологии на сегодняшний день тесно вошли в нашу жизнь во всех её аспектах. Пользователями облачных технологий зачастую выступают не только физические и юридические лица, но и различные государственные структуры, благодаря чему защищённость данных онлайн-сервисов имеет высший приоритет в том числе и в вопросах национальной безопасности. Но до сих пор провайдеры этих услуг не могут обеспечить достойную защиту данных пользователя, тем более что, отправив в «облако» личную информацию, пользователь её больше не контролирует. Важную роль в этом вопросе играет умение пользователя защищать свою информацию на своей стороне перед отправкой на различные онлайн-сервисы. Важным инструментом защиты информации для пользователя будет такой инструмент, который позволит обеспечить надёжную защиту с учётом существования нескольких не связанных между собой хранилищ данных. Например, метод расщепления-разнесения. В литературе данный метод до сих пор не был рассмотрен с позиций надёжности его использования, не было должной проверки его стойкости к атакам. Именно этому вопросу и будет посвящена данная статья.

Ключевые слова: защита информации, облачные хранилища, метод расщепления-разнесения.

На сегодняшний день всё большее распространение получают облачные технологии хранения данных, при этом при их использовании потребителю нельзя передавать или хранить информацию как личного, так и корпоративного характера. Потому что как только информация попадает в «облако», её уже пользователь не контролирует, она находится полностью в пользовании провайдеров, поставщиков данных услуг. То есть любая конфиденциальная информация (в том числе — касающаяся персональных данных) вообще не должна туда попадать, поскольку это — прямое нарушение Федерального закона 152 «О персональных данных». Что, безусловно, повышает риски для пользователей данных услуг. Отсюда возникает большой спрос на поиск эффективных методов защиты информации при её передаче и хранении. Как правило, при этом ограничиваются классическими криптографическими методами в виде шифрования, с последующим размещением защищаемой информации в единственном хранилище данных, при этом

в остальных местах хранения могут храниться резервные копии. Однако этим возможные способы защиты не исчерпываются. Очевидно, что облачные технологии позволяют использовать одновременно несколько мест хранения, что расширяет арсенал возможных методов защиты информации. Большой интерес представляет разбиение информации на отдельные части и хранение этих, внешне бессмысленных частей, в разных географических точках. При этом информацию, в принципе, можно даже не зашифровывать в классическом смысле этого слова. То есть, наличие нескольких мест хранения привносит новые возможности защиты информации, один из которых — метод расщепления-разнесения — исследуется в данной статье. Интерес к данному методу обусловлен его алгоритмической простотой и естественностью в условиях массового распространения облачных технологий, однако его стойкость к атакам до сих пор подробно не рассматривалась [7]. Именно этому вопросу посвящена данная работа.

Таблица 1. Пример рассечения-разнесения текста

7	4	8	3	9	10	1	5	2	6	7	4	8	3	9	10	1	5	2	6
Н	а	ш	е	й	_	м	о	л	о	д	ё	ж	и	_	ж	е	л	а	ю
7	4	8	3	9	10	1	5	2	6	7	4	8	3	9	10	1	5	2	6
_	н	е	_	б	ы	т	ь	_	н	ы	т	и	к	а	м	и	.	_	н

И т.д. на протяжении всей длины сообщения

7	4	8	3	9	10	1	5	2	6	7	4	8	3	9	10	1	5	2	6
т	о	м	_	—	_	э	т	о	_	с	а	м	о	е	_	г	л	а	в
7	4	8	3																
н	о	е	.																

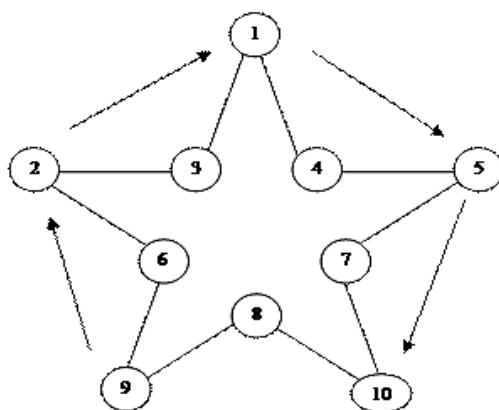


Рис. 1. Метод рассечения-разнесения в виде фигуры пятиконечной звезды

Метод рассечения-разнесения

Из литературы известно, что существует такой метод криптографической защиты как рассечения-разнесения или рассечения (разнесения), который заключается в том, что исходное сообщение определённым образом разделяется на отдельные (равные между собой) блоки, которые затем разносятся в разные места хранения. Причём предполагается, что знание одного из потоков не позволяет восстановить исходного сообщения [4, 5].

В качестве примера возьмём текст:

«Нашей молодёжи желаю не быть нытиками. Нытиков никогда не любил — и к себе не брал. Жизнь должна бить ключом и за любое дело нужно браться с энтузиазмом. Я всегда оставался оптимистом — это самое главное.» (А.Н. Ботян, Майор «Вихрь»).

Всего символов в сообщении 204. Зададим ключ рассечения-разнесения в виде числового набора {7, 4, 8, 3, 9, 10, 1, 5, 2, 6}. Ключ последовательно размещается вдоль текста по всей его длине, как показано в табл. 1. Каждое число — номер потока, в который помещается соответствующий символ. Легко видеть, что получив-

шиеся потоки содержат внешне случайный и бессмысленный набор символов:

1. мети_еиез_обусиваиэг
2. ла__илкбы_ен_зеаиоа
3. еи_кка_е_жл_оат_оо_о.
4. аёнттгиело_зебэмаяоао
5. оль.н__нбможяасвмтл
6. оюнНкю_р_ти_осм_глс_в
7. Нд_ыыобсадь_д_одстсн
8. шжеидлбл.лкалрн._мме
9. й_бао_—_Жнюл_ту_Ясп_—_е
10. _жымвн_ниачюньз_тт_—

Таким образом исходный текст заменяется десятью потоками, которые в сумме дают длину первоначального сообщения. Далее полученные потоки разносятся в разные места хранения, причём всё это является обратимым процессом. Данная реализация метода рассечения-разнесения называется механическая (также существует смысловая) [2].

Для удобства запоминания ключ можно графически представить некоторой фигурой, например, звездой как на рис. 1. В неё вписывается в определённом порядке исходный текст (по 10 символов), а буквы зашиф-

рованного текста выписываются в заданной последовательности. К примеру, открытый текст записывается построчно, как изображено (пронумеровано) на рис. 1, а шифротекст считывается по кругу: 9–2–1–5–10–8–6–3–4–7 (показано стрелками). И т.д.

Таким образом, способ разбиения данных — это ключ метода, который состоит из непрерывной, случайно перемешанной последовательности натуральных чисел, начиная с единицы.

Оценка криптостойкости

Стойкость данного метода рассмотрим по нескольким направлениям.

I. Ключ не известен, но при этом:

1. Известен один поток сообщения.
2. Известно несколько (более одного, но не все) потоков.
3. Известны все потоки.

II. Ключ известен и также:

1. Известен один поток сообщения.
2. Известно несколько (более одного, но не все) потоков.
3. Известны все потоки.

Очевидно, что это исчерпывает все возможные случаи. При этом наиболее вероятной выглядит ситуация I.1, наименее — ситуация II.3, когда у злоумышленника есть всё необходимое для восстановления сообщения. Последний случай тривиальный и его не рассматриваем.

Данное деление может выглядеть избыточным, однако остановимся на нём. Разберём ситуации последовательно.

1. Ключ неизвестен и известен один поток (направление I.1)

Если злоумышленнику известен один поток исходного сообщения, тогда ему необходимо для восстановления первоначального текста знать:

- а) всю длину исходного текста;
- б) в каком месте текста стоит конкретный символ известного потока;
- в) подставлять символы в оставшиеся (пустые) места, чтобы восстановить сообщение, т.е. комбинировать.

Злоумышленник имеет один поток из общего их числа (L). Допустим, он знает, что защита информации

была произведена методом рассеивания-разнесения. В результате он предполагает, что исходная информация была рассеяна на потоки и разнесена в места хранения каким-то образом.

Особенностью данного метода является то, что потоки, как правило, имеют равную длину, расхождения могут быть незначительны (либо +1 символ, если известный поток имеет *min* длину, либо -1 — если *max* длину, в примере выше, 4 потока длиной 21 символ, и 6 потоков — 20 символов). Если обозначить длину доступного злоумышленнику потока за X_L , тогда длину исходного сообщения можно выразить как $N = X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_L$ или $X \cdot L$, где при достаточно большой длине не все X_i можно считать равными X_L . Также в зависимости от реализации метода деление на потоки исходного сообщения может происходить по определённому ключу, например, {7, 4, 8, 3, 9, 10, 1, 5, 2, 6} — номера десяти потоков, куда направляются символы в каждом блоке исходного текста (пример выше). Этот ключ, может быть постоянным, либо же каждый новый символ m_z (m — число символов в алфавите D , m_z — это какой-то символ алфавита D (исходный алфавит)) в каждом блоке исходного сообщения разносится постоянно в разные потоки в зависимости от нового ключа. Если обозначить ключ за $P = \{p_1, p_2, \dots, p_t\}$, где t — количество символов в ключе, причём p_1, p_2, \dots, p_t обозначает номер потока, куда пойдут символы каждого блока исходного сообщения после их рассеивания. Общее количество вариантов возможных ключей равно [2]:

$$A_t = t! \quad (1)$$

Как уже говорилось ранее, при постоянном ключе рассеивания происходят равномерно (на потоки равной длины и с равной периодичностью рассеивания). Если посмотреть на табл. 1, то можно видеть, что текст исходного сообщения последовательно рассеивается на 10 частей, которые разносятся на 10 потоков, с периодом через каждые 10 символов. Более простой случай, разнесения на два или три потока, продемонстрирован на схеме 1.

Полагаем, что злоумышленник действует методом грубой силы [13–15]. Тогда при двух потоках (один из которых известен) количество возможных вариантов размещения символов в пустых позициях, соответствующих второму (отсутствующему) потоку, можно выразить величиной:

$$\bar{A}_m^{X_L} = 2 \cdot m^{X_L}, \quad (2)$$

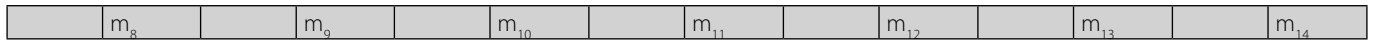
где m — это число символов в словаре (к примеру, $m = 54$ для русского словаря, включая цифры и знаки препинания), X_L — длина одного потока [1]. Здесь учтено

Схема 1. Расположение символов известного злоумышленнику потока в тексте исходного сообщения, для двух или трёх потоков, может выглядеть, например, так (символы условные)

Для двух потоков



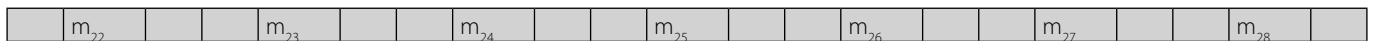
или



Для трёх потоков



или



или



(см. схему 1), что известные символы могут размещаться только в двух возможных позициях — в начале или в конце пары.

Общее же число комбинаций при t возможных потоках будет рассчитываться как:

$$\bar{A}_m^{X_L} = t \cdot m^{X_L \cdot (t-1)}, \tag{3}$$

где $m^{X_L \cdot (t-1)}$ — количество вариантов заполнения пустых позиций для $t-1$ неизвестных потоков умноженное на число вариантов размещения букв известного сообщения, состоящего из t потоков. Получится $t \cdot m^{X_L \cdot (t-1)}$. И то, если известно число потоков. Если не известно (а это так), ему придётся перебрать $t = 2, 3$ и т.д. насколько хватит вычислительных возможностей и времени для взлома, пока информация не потеряет свою актуальность. Если он будет исходить из предположения, что потоков не более M , тогда число рассматриваемых вариантов будет:

$$\begin{aligned} \bar{A}_m^{X_L} = & 2 \cdot m^{X_L} + 3 \cdot m^{2 \cdot X_L} + \dots + \\ & + t \cdot m^{(t-1) \cdot X_L} + \dots + + M \cdot m^{(M-1) \cdot X_L}. \end{aligned}$$

Или, что тоже самое:

$$A = \sum_{t=2}^M t \cdot m^{(t-1) \cdot X_L} \tag{4}$$

По данному направлению криптоатака будет очень сложной. Хотя для коротких сообщений и небольшого числа потоков раскрыть сообщение всё-таки представляется возможным за короткое время. Например, в случае если исходное сообщение было поделено только на 2 потока с количеством символов не более 8, или 3–4 потока с количеством символов 3–4, то взломать можно за допустимое время для хорошего ком-

пьютера. Число возможных комбинаций будет составлять примерно от тысячи миллиардов до ста тысяч миллиардов (а если при переписке не изменялся ключ, тогда узнав его можно вскрыть и всю переписку), для сообщений длиной от 12 до 16 символов. Также если нам известен 1 поток с 4 символами, то все возможные комбинации для 3-х потоков (12 символов) можно считать за допустимое время; количество вариантов здесь: $4 \cdot 3 \cdot 54^4 \cdot 2 \approx 9 \cdot 10^{14}$. Только исходное сообщение крайне короткое, но злоумышленник может узнать благодаря такому короткому сообщению способ, по которому происходили рассечения-разнесения, тогда, в случае, если данный текст взят из переписки и сам способ на протяжении переписки не изменялся, можно будет понять на каких позициях стоят известные символы и возможно удастся вскрыть всю переписку или её часть.

2. Ключ неизвестен и известно несколько (но не все) потоков (направление 1.2)

Когда злоумышленнику известно какое-то количество потоков (l). Больше он ничего не знает.

Злоумышленник предполагает, что всего потоков не более M , где $M > l$. Тогда для некоторого промежуточного значения $l < t \leq M$ символы известных потоков можно разместить

$$C_t^l = \frac{t!}{(t-l)! \cdot l!} \tag{5}$$

числом способов; $t-l$ остальных символов неизвестных потоков придётся подбирать. В результате количество вариантов для взлома грубой силой для $t-l$ потоков равно:

$$A = t \cdot m^{(t-l) \cdot X_L} \tag{6}$$

Если предположить, что потоков не более M , общее число возможных вариантов станет:

$$A = \sum_{t=l+1}^M \frac{t!}{(t-l)! \cdot l!} \cdot t \cdot m^{(t-l)} \cdot X_L \quad (7)$$

Данная формула (7) характерна для случаев, когда злоумышленнику известно $\leq 50\%$ из всех потоков, а также, когда $> 50\%$ из всех потоков.

Множество $f\{X_1, X_2, \dots, X_l\}$ потоков известно злоумышленнику, l — общее количество известных потоков [9–12]. Можно предположить два варианта развития криптоатаки, когда злоумышленник знает большинство потоков исходного сообщения, например, 70–80%, либо же меньшинство 20–30%. Изначально можно скомбинировать известное количество элементов, предполагая, что ему досталось большинство потоков. Если это так, тогда имея порядка 70–80% потоков исходного сообщения, можно вскрыть исходное сообщение, потому что если рассечения происходили с постоянным ключом, тогда учитывая периодичность рассечения, нужно будет по формуле перестановки без повторов (8) [3]:

$$A_{X_l} = l!, \quad (8)$$

получится общее число возможных комбинаций известных потоков.

Скомбинировать последовательность потоков между собой, определив сколькими способами можно разместить X_l различных потоков. Произведя выборку из вариантов, можно будет увидеть, что в некоторых комбинациях получится больше осмысленных слов, и именно такие варианты и будут подходить для поиска исходного сообщения. Предполагая, что злоумышленнику неизвестно не более 20–30% потоков. Возможно, выявится сразу же недостающий пробел и можно будет добавить ещё поток с символом пробела, при прочтении получившегося текста, при отсутствии некоторых символов можно воспользоваться антиципацией (антиципация — предвосхищение), для достраивания исходного сообщения [6].

В том случае, если злоумышленнику будет известно 20–30% исходного, тогда вскрытие оставшейся части исходного сообщения будет происходить по аналогии с первым направлением криптоанализа, когда злоумышленнику известен лишь один поток, с той лишь разницей, что известно будет l потоков.

3. Ключ известен и известен один поток (направление II.1)

Полагаем, что злоумышленнику известен один поток исходного сообщения и способ, по которому

был реализован метод рассечения-разнесения, то есть число потоков. Этот случай сводится к 1.1, только число вариантов для взлома будет определяться формулой (3), так как суммирование по возможному числу потоков здесь отсутствует.

4. Ключ известен и известно несколько (но не все) потоков (направление II.2).

В этом случае вскрытие сводится к подбору неизвестных символов в пустых местах для всех вариантов расстановки l известных символов сообщения. Т.к. общее число потоков злоумышленнику известно (устанавливается по ключу), число вариантов подбора равно:

$$A = \frac{t!}{(t-l)! \cdot l!} \cdot t \cdot m^{(t-l)} \cdot X_L \quad (9)$$

где t — число потоков.

В данном случае сразу же будет известна длина сообщения, расположение известных символов из известных потоков на своём месте в исходном сообщении. И если известно количество известных потоков будет составлять порядка 70%, тогда остальные символы в большинстве своём угадываются интуитивно или посредством антиципации. (Данное утверждение каждый читатель может проверить сам по примеру, указанному в начале статьи, убрав любые 1–3 потока, текст всё равно поддаётся прочтению, либо же сформулировать свой пример и опробовать на нём данное утверждение.) А если предположить, что речь идёт о графическом файле, то можно воспользоваться, например, восстановлением изображения с помощью самоорганизующихся карт Кохонена. Причём восстановление возможно даже при 12% известных пикселей [8]. Остальные символы могут быть разгаданы по формуле размещение с повторением (2). При данном условии взлом будет успешным. А если же количество известных потоков составит не более 20–30% от исходного их числа, тогда вскрытие оставшейся части исходного сообщения будет происходить по аналогии со 2 направлением криптоанализа, когда злоумышленнику известен один поток исходного сообщения и способ, по которому был реализован метод рассечения-разнесения. Но при этом длина исходного текста также неизвестна.

5. Ключ неизвестен, но известны все потоки (направление II.3)

Когда злоумышленник знает все потоки и осведомлён об этом, он знает их количество. Тогда вскрытие сообщения сводится к подбору порядка первых символов, чтобы получить осмысленную

последовательность, таким образом получив ключ. Можно предположить, что восстановление исходного сообщения для большого числа потоков не составит труда. Для малого числа, например, двух или трёх, а также нетекстовых файлов осмысленное сообщение подобрать труднее, но это можно сделать для относительно длинной последовательности символов. В любом случае число вариантов выбора равно:

$$A = x_M!, \quad (10)$$

где x_M — первые символы x_1, x_2, \dots, x_M потоков M , что делает вскрытие простым делом.

Другие решения

Перспективным вариантом решения для защиты информации в реалиях облачных технологий можно предложить посимвольное (побайтовое) разделение

исходного сообщения на потоки разной длины. Например, гласные в один поток, согласные в другой, знаки препинания в третий и цифры в четвёртый. В таком случае даже знание одного потока, нескольких потоков или всех потребует взлома грубой силой (в первых 2-х случаях по формуле размещение с повторениями (2) и в 3-м случае перестановка без повторений (10)).

Заключение

Из вышесказанного можно сделать вывод, что данный метод защиты информации позволяет подойти к защите без явного шифрования на основе одного только факта раздельного хранения информации с использованием разных мест хранения. Однако, как показано в работе, сам метод рассеивания-разнесения в вышеописанной реализации бывает уязвим, что требует его дальнейшего изучения и развития.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виленкин Н.Я. Комбинаторика. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1969. — 323 с.
2. Лыгин Е.А. Тайнопись. Практическое пособие по ручному шифрованию. — 4-е изд., доп. — Саратов: издательство «Новый ветер», 2010. — 206 с.
3. Райгородский А.М. Линейно-алгебраический метод в комбинаторике Электронное издание М.: МЦНМО, 2015. — <144 с.
4. Партыка Т.Л., Попов И.И. Информационная безопасность. Учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования. — М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2002. — 368 с.: ил. — (Серия «Профессиональное образование»).
5. Безбогов А.А., Яковлев А.В., Шамкин В.Н. Методы и средства защиты компьютерной информации: Учебное пособие. — Тамбов: Издательство ТГТУ, 2006. — 196.
6. Антиципация // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона: в 86 т. (82 т. и 4 доп.). — СПб., 1890–1907.
7. Шурховецкий Г.Н. Защита информации во внешних хранилищах данных методом рассеивания-разнесения [Электронный ресурс] / Г.Н. Шурховецкий // Молодая наука Сибири: электрон. науч. журн. — 2020. — № 3(9). — Режим доступа: <http://mnv.igups.ru/toma/39-2020>, свободный. — Загл. с экрана. — Яз. рус., англ. (дата обращения: 26.12.2020)
8. Восстановление изображений при помощи нейросетей. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/120473/>, свободный (Дата обращения 26.10.2020).
9. Devlin, K. Aspects of Constructibility. Springer 1984.
10. Drake F.R. Set Theory. An Introduction to Large Cardinals. North Holland 1974.
11. Felgner U. Models of ZF-set theory. Springer 1971.
12. Jech Th. The Axiom of Choice. Springer 1993.
13. Ayesha Siddiqa and Sohail Ahmed, "Scalable Asymmetric Security Mechanism for Internet of Things" International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA), 11(8), 2020. <http://dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2020.0110847>
14. P Rajesh, Mansoor Alam, Mansour Tahernezehadi, T. Ravi Kumar and Vikram Phaneendra Rajesh, "Secure Communication across the Internet by Encrypting the Data using Cryptography and Image Steganography" International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA), 11(10), 2020. <http://dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2020.0111057>
15. Afnan Alsadhan, Asma Alotaibi, Lulu Altamran, Majd Almalki, Moneera Alfulaj and Tarfa Almoneef, "Manar: An Arabic Game-based Application Aimed for Teaching Cybersecurity using Image Processing" International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA), 11(10), 2020. <http://dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2020.0111051>

© Шурховецкий Георгий Николаевич (gshn5@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕШЕНИЙ SAS В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

ABILITY TO USE SAS SOLUTIONS IN DECISION SUPPORT SYSTEMS

**I. Yudin
I. Zhigalov**

Summary. Decision support systems in the modern conditions of society development, characterized by the global digitalization of almost all social processes, are an integral element of the digitalization of management. The main goal of such systems is to increase the efficiency of decision-makers by automating and digitalizing a whole range of management operations, as well as by consolidating and analyzing information that allows them to make more accurate and informed management decisions.

However, like any other digital systems, decision support systems must be constantly improved, taking into account both the level of development of digital technologies and the needs of a competitive organization to fill decision support systems.

In the framework of this article, the author analyzes the possibility of using SAS solutions in decision support systems and comes to the conclusion that SAS solutions should be considered as an integral element of decision support systems, since SAS solutions can not only save time spent on data management, but also improve the performance of support systems, which, in turn, has a direct impact on the quality, speed, timeliness and efficiency of decisions.

Keywords: decision support system, computer information systems, new technologies, strategic advantage, management in the organization, decision-maker, analysis of financial transactions.

Юдин Илья Александрович

Аспирант, Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, Владимир
bismarkyudin@yandex.ru

Жигалов Илья Евгеньевич

Д.т.н., Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, Владимир

Аннотация. Системы поддержки принятия решений в современных условиях развития общества, характеризующихся глобальной цифровизацией практически всех общественных процессов, являются неотъемлемым элементом цифровизации управления. Главной целью таких систем является повышение эффективности работы лиц, принимающих решения, за счет автоматизации и цифровизации целого комплекса управленческих операций, а также за счет консолидации и анализа информации, позволяющей быстрее принимать более точные и обоснованные управленческие решения.

Тем не менее, как и любые другие цифровые системы, системы поддержки принятия решений должны постоянно совершенствоваться с учетом уровня развития цифровых технологий, а также потребностей конкретной организации к наполнению систем поддержки принятия решений.

В рамках настоящей статьи автор анализирует возможность использования решений SAS в системах поддержки принятия решений и приходит к выводу о том, что решения SAS необходимо рассматривать как неотъемлемый элемент систем поддержки принятий решений, поскольку решения SAS позволяют не только экономить время, затрачиваемое на управление данными, но и позволяют повысить производительность систем поддержки, что, в свою очередь, оказывает прямое влияние на качество, скорость, своевременность и эффективность принимаемых решений.

Ключевые слова: система поддержки принятия решения, компьютерные информационные системы, новые технологии, стратегическое преимущество, управление в организации, лицо, принимающее решение, анализ финансовых операций.

Системы поддержки принятия решений в настоящее время являются неотъемлемым элементом современного бизнеса, существующего в условиях глобальной цифровизации. Основная идея таких систем состоит в оказании помощи принятия решений органам управления хозяйствующих субъектов путем автоматизированной обработки и консолидации больших массивов разноплановой информации о деятельности организации. В специализированной

литературе называют системы поддержки принятия решений неотъемлемым инструментом организации процесса стратегического управления [2]. В действительности системы поддержки принятия решений обрабатывают такое количество информации, которое позволяет быть таким системам инструментом организации процессов тактического, операционного управления [4, 5] и управления персоналом организации [3].

Тем не менее, как и любые автоматизированные информационные цифровые системы, системы поддержки принятия решений требует постоянного совершенствования в зависимости от уровня научно-технического прогресса в части развития и наполнения систем. Так, например, если первые из внедренных на практике систем поддержки принятия решений были сами по себе уже прорывом в организационном управлении, поскольку часть процессов управления данными за счет таких систем стала автоматизированной [6], то в настоящее время уделяется гораздо большее внимание не самому факту внедрения системы поддержки принятия решений в деятельность организации, а функциональным особенностям такой системы. Иными словами, чем больше задач может решить система поддержки принятия решений, тем такая система эффективнее для деятельности организации в сфере принятия управленческих решений.

Уровень развития современных технологий в IT-сфере настолько высок, что с практической точки зрения в системах поддержки принятия решений может использоваться до ста различных программных решений, позволяющих усовершенствовать те или иные функции системы. Такими продуктами, в частности, являются SAP SEM, Oracle Hyperion EPM и SAS.

SAP SEM, внедренные в систему поддержки принятия решений, позволяют проводить глубокий анализ оперативной и стратегической деятельности организации, а также строить по результатам такого анализа деревья целей, модели интерпретации ситуаций и сценарии будущей деятельности. Несмотря на все преимущества, SAP SEM не поддерживает ряд важнейших аналитических функций, среди которых общеизвестные методы анализа, связанные со структуризацией предметной области (SWOT-анализ, SNV-анализ, матричные методы анализа и пр.). Названные недостатки SAP SEM позволяют прийти к выводу о том, что внедрение данного решения будет не эффективным в тех организациях, где принятие решений невозможно без использования матричных методов стратегического анализа (например, организациях, осуществляющих стратегический маркетинг).

Что касается использования решений Oracle Hyperion EPM в системах поддержки принятия решений, то их основное назначение заключается в поддержке процессов эффективности управления за счет возможности моделирования и формирования оценки влияния изменения одних показателей организационной деятельности на другие показатели и на всю организационную деятельность в целом. В отличие от решений SAP SEM, функциональные возможности Oracle Hyperion EPM позволяют проводить различные виды

стратегического анализа с помощью матричных методов и использовать преднастроенные модули.

Кроме SAP SEM и Oracle Hyperion EPM, в системах поддержки принятия решений используются и другие программные продукты, при этом главным критерием выбора соответствующего продукта являются особенности организационной деятельности и перечень задач, которые должна решать система поддержки принятия решений. Тем не менее, на практике возникает немало проблем, связанных с правильным выбором программных продуктов для систем поддержки принятия решений [1]. Зачастую компании, не учитывая особенности тех или иных программных продуктов, внедряют их в системы поддержки принятия решений и не получают от использования систем того эффекта, на который они первоначально рассчитывали. Кроме того, неправильный выбор программных решений часто ведет к задержкам в распространении информации внутри организации.

В контексте настоящей статьи акцентируем внимание на возможности использования решений SAS в системах поддержки принятия решений. Выбор именно решений SAS для анализа возможности их использования в системах поддержки принятия решений обусловлен тем, что в настоящий момент, по данным разработчика программного обеспечения, SAS — это единственное программное решение, позволяющее существенно сократить время, затрачиваемое на управление данными в процессе принятия решений, аналитику и формирование отчетности.

Аббревиатурой SAS (Statistical Analysis System) обозначают целый перечень программных продуктов, направленных на аналитику и управление информацией: SAS® Business Analytics, SAS Strategic Performance Management, SAS® Visual Data Mining & Machine Learning, SAS® Visual Analytics & SAS® Visual Statistics [7, 9].

Для систем поддержки принятия решений оптимальными, на наш взгляд, продуктами SAS являются SAS® Business Analytics и SAS Strategic Performance Management, способные взаимосвязано функционировать в рамках одной системы. Целью программного продукта SAS® Business Analytics является оптимальный подход к анализу разрозненных данных, в том числе не структурированных. SAS Strategy Management направлена на осуществление многомерного анализа в режиме реального времени и поиск путей оптимизации организационной деятельности. В ограниченных рамках настоящей статьи рассмотрим лишь возможность внедрения SAS® Business Analytics, направленного на работу и анализ различных данных и информации.

Анализ внешних и внутренних данных и информации, используемых организациями в своей деятельности, как известно, составляет основу организационного планирования и стратегического управления. Поэтому отрицать важность процесса аналитики бессмысленно. Еще до создания автоматизированных систем организации анализировали различные данные. Система поддержки принятия решений — это компьютерная система, являющаяся вспомогательным инструментом, упрощающим функции управления, соответственно, с точки зрения обработки данных система поддержки принятия решений должна работать так, чтобы имелась не только реальная возможность аналитики данных, но и сокращалось время обработки данных до минимально возможного.

Проанализируем технические возможности SAS® Business Analytics, о которых заявляет компания разработчик программного продукта. По информации, имеющейся на сайте компании SAS, программный продукт SAS® Business Analytics позволяет осуществлять аналитику различных данных, в том числе и тех данных, которые изначально трудно анализировать. К таким трудно анализируемым данным, в частности, относятся неструктурированные данные, данные неизвестных форматов, поврежденные данные, устаревшие данные. Нефильтрованными, трудно анализируемыми данными достаточно сложно управлять и еще сложнее подготовить такие данные к аналитике. На практике от 50 до 80% времени (из всего времени, предусмотренного разработку моделей, планов и стратегий), тратится только на обработку и подготовку данных. SAS® Business Analytics за счет процесса автоматизации обрабатывает данные за несколько минут. Отсюда можно сделать вывод о том, что если программный продукт SAS® Business Analytics позволяет экономить время, ранее затрачиваемое на управление трудно анализируемыми данными, то это является безусловным преимуществом продукта с точки зрения использования его в системах поддержки принятия решений. Таким образом, у лиц, принимающих решения, появится больше времени на реализацию других задач.

Еще одним безусловным преимуществом SAS® Business Analytics является возможность работы с данными при отсутствии у пользователя системы аналитических навыков — программный продукт самостоятельно обнаруживает и анализирует закономерности, тенденции и взаимосвязи в организационных данных. С точки зрения функциональных возможностей, SAS® Business Analytics позволяет осуществлять корреляцию, прогнозирование, сценарный анализ, выстраивать деревья решений и анализировать текст.

Кроме того, как отмечает сам разработчик продукта, SAS предоставляет сложные возможности статистического

анализа внутри потока ETL. Например, частотный анализ помогает выявить выбросы и пропущенные значения, которые могут исказить другие показатели, такие, как среднее значение показателей и медиана. Сводная статистика помогает аналитикам понять распределение и дисперсию, потому что данные не всегда распределяются нормально, как предполагают многие статистические методы. Корреляция показывает, какие переменные или комбинации переменных будут наиболее полезны на основе силы предсказательной способности в свете того, какие переменные могут влиять друг на друга и в какой степени [9].

Важно отметить и такое преимущество SAS® Business Analytics, как простая интеграция с используемым практически всеми организациями офисным пакетом приложений Microsoft Office, созданным корпорацией Microsoft для операционных систем Windows, Android, macOS, iOS. Результаты анализа данных и отчетность можно вывести с помощью Excel и PowerPoint, Outlook и Microsoft Word. SAS® Business Analytics обеспечивает также возможность масштабирования для поддержки новых требований по мере увеличения объемов данных, базы пользователей и сложности аналитики.

Сказанное подтверждается и опытом отдельных организаций, использующих SAS® Business Analytics в системах поддержки принятия решений. Так, по мнению директора Управления экономики и статистики правительства штата Махараштра (Индия) С.М. Апараджит, с момента использования SAS® Business Analytics в системе поддержки принятия решений стала наблюдаться существенная экономия времени на анализ информации и формирование отчетов [8].

Подводя итог, необходимо отметить, что в современных системах поддержки принятия решений, призванных упрощать процесс принятия решений в организациях, первостепенное значение должно отводиться таким возможностям систем, которые позволяют в автоматическом режиме, быстро и своевременно решать задачи, на которые у человека уходит много времени. Аналитика информации, формирующийся в деятельности организации с помощью внешнего и внутреннего контура, это как раз и есть та предметная область, которая требует максимального времени работы, поэтому эффективная система поддержки принятия решений должна в первую очередь позволять решать вопросы аналитики. В основе аналитики лежат данные, которые важно правильно обрабатывать. Идеальным программным продуктом для такой обработки в настоящий момент является SAS® Business Analytics.

Результаты возможности использования решений SAS в системах поддержки принятия решений, проиллюстри-

рованные в данной статье, универсальны. Тем не менее, программные решения SAS настолько специфичны и нетипичны, что могут быть адаптированы под конкретные системы поддержки принятия решений, для конкретных ситуаций, бизнес-моделей и вычислительных сред.

Кроме того, фактическая экономия от использования продуктов SAS, результаты от их использова-

ния и эксплуатационные характеристики в системах поддержки принятия решений будут варьироваться в зависимости от потребностей конкретной организации, что говорит о преимуществе SAS перед SAP SEM и Oracle Hyperion EPM, которые сложно адаптировать под конкретные организационные потребности в части донастройки отдельных методов анализа данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балахонова О.М. Обзор информационных систем для решения задач стратегического менеджмента // Статистика и экономика. 2015. № 5. С.154–158
2. Дмитриева Евгения Олеговна Инструменты BI для поддержки принятия решений для руководителей высшего и среднего уровней с помощью решения sas (опыт ВТБ24) // Вестник ГУУ. 2017. № 6. С. 10–14.
3. Соколов К.О., Соколова М.И., Матвеева А.В. Управление креативностью персонала предприятия // Управление в современных системах. 2020. № 4(28). С. 11–17.
4. Стародубцев А.А. Система поддержки принятия решений // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2016. № 12. С. 99–101.
5. Харламов А.А. Стратегическое планирование и управление эффективностью в государственном секторе // Управление наукой и наукометрия. 2008. № 5. С. 243–250.
6. Шишкин Ю.Е. Облачные сервисы в системах поддержки принятия решений // Научный журнал. 2017. № 1 (14). С. 19–20.
7. Официальный сайт SAS® Strategic Performance Management. Электронный ресурс. Режим доступа: https://www.sas.com/ru_ru/software/model-manager.html (дата обращения 27.02.2021 г.).
8. Официальный сайт SAS. Электронный ресурс. Режим доступа: https://www.sas.com/en_us/customers/des.html (дата обращения 27.02.2021 г.).
9. Официальный сайт SAS. Электронный ресурс. Режим доступа: https://www.sas.com/en_us/insights/articles/data-management/5-data-management-best-practices.html (дата обращения 27.02.2021 г.).

© Юдин Илья Александрович (bismarkuyudin@yandex.ru), Жигалов Илья Евгеньевич.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Г. Владимир

DOI 10.37882/2223-2966.2021.03.01

АЛГОРИТМ КОНСТРУИРОВАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ЗУБНЫХ РЯДОВ ПРИ ПРОГЕНИЧЕСКОМ И ПРОГНАТИЧЕСКОМ СООТНОШЕНИИ ФРОНТАЛЬНЫХ СЕГМЕНТОВ БЕЗЗУБЫХ ЧЕЛЮСТЕЙ

CONSTRUCTING ALGORITHM FOR OF ARTIFICIAL DENTAL ROWS IN PROGENIC AND PROGNATHIC RATIO OF FRONTAL SEGMENTS OF EDTLESS JAWS

**D. Aksyonov
Yu. Mayboroda
I. Aksenov**

Summary. The purpose of this study is to develop, on the basis of mathematical calculations, the optimal options for designing artificial dentition in the frontal segments of the edentulous jaws with a progenic and prognathic ratio. For mathematical calculations, the digital parameters of 260 pairs of plaster models of the jaws were used, on the basis of which the average arch for the upper and lower jaws and the angles of the alveolar ridges of the frontal segments of the jaws were calculated. On the basis of anthropometric segmental digital data on the sizes of the alveolar arches of the plaster models of the edentulous upper and lower jaws, a mathematical model has been developed that allows in each case to design artificial dentition with a prognathic and progenic ratio of the frontal segments of the jaws, taking into account the level of the degree of atrophic changes in the tops of the alveolar ridges and angles slope of the tops of the interalveolar ridges.

The obtained digital data of calculations for various variants of the ratio of the alveolar processes makes it possible to optimally determine the variants of the middle interalveolar lines in the frontal segments of the edentulous jaws for a more rational placement of artificial teeth.

Keywords: mathematical model, progeny, prognathia, edentulous jaws, alveolar processes.

Аксёнов Даниил Игоревич

Аспирант, Ставропольский Государственный
Медицинский Университет
p.ghost@rambler.ru

Майборода Юрий Николаевич

Доцент, Ставропольский Государственный
Медицинский Университет

Аксёнов Игорь Николаевич

Ассистент, Ставропольский Государственный
Медицинский Университет

Аннотация. Целью данного исследования является разработка на основе математических расчётов, оптимальные варианты конструирования искусственных зубных рядов во фронтальных сегментах беззубых челюстей при прогеническом и прогнатическом соотношении. Для математических расчётов были использованы цифровые параметры 260 пар гипсовых моделей челюстей, на основе которых рассчитывались средние дуги для верхней и нижней челюстей и величина углов альвеолярных гребней фронтальных сегментов челюстей. На основе антропометрических сегментарных цифровых данных размеров альвеолярных дуг гипсовых моделей беззубых верхних и нижних челюстей, разработанная математическая модель, которая позволяет в каждом конкретном случае конструировать искусственные зубные ряды при прогнатическом и прогеническом соотношении фронтальных сегментов челюстей с учётом уровня степени атрофических изменений вершин альвеолярных гребней и углов наклона вершин межальвеолярных гребней.

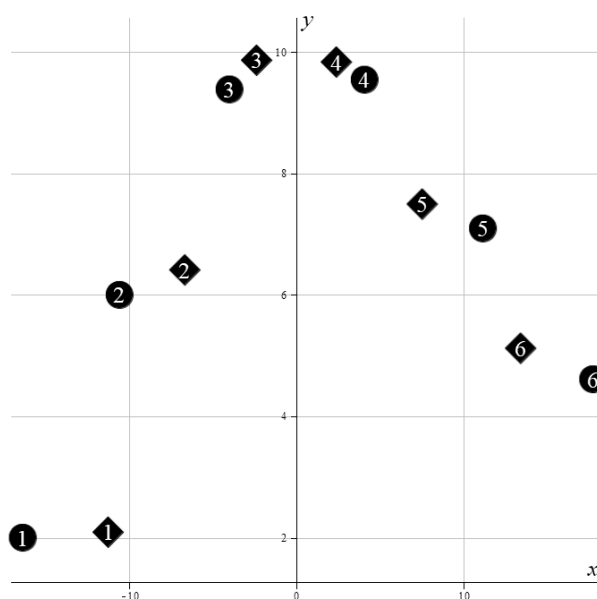
Полученные цифровые данные расчётов при различных вариантах соотношения альвеолярных отростков позволяет оптимально определить варианты средних межальвеолярных линий во фронтальных сегментах беззубых челюстей для более рациональной расстановки искусственных зубов.

Ключевые слова: математическая модель, прогения, прогнатия, беззубые челюсти, альвеолярные отростки.

Введение

Реабилитация пациентов с полным отсутствием зубов помимо самого факта необходимости изготовления протезов, включает восстановительную компенсацию возникших нарушений в зубочелюстной системе, а именно, реставрацию ранее существовавших межокклюзионных соотношений. Сложность ортопедического лечения заключается в том, что вследствие атрофических процессов в тканях протезного

ложе происходят изменения альвеолярных отростков с различной степенью атрофии и уровня податливости слизистой оболочки, которые необходимо учитывать при планировании конструкции полных съёмных протезов. Подобный подход означает необходимость практического осуществления принципа индивидуального протезирования, при котором конструирование и изготовление зубных протезов являются заключительными этапами ортопедического лечения при полной потере зубов. [6,7,13]



Круглыми точками обозначены зубы верхней челюсти, ромбами обозначены зубы нижней челюсти: 1 — левый клык, 2 — левый боковой резец, 3 — левый центральный резец, 4 — правый центральный резец, 5 — правый боковой резец, 6 — правый клык

Рис. 1. Выбор системы координат.

Литературный обзор

Протезы, изготовленные при недостаточном учёте морфологических особенностей тканей протезного ложа, способствуют усилению атрофических процессов альвеолярных гребней особенно на фоне малоподатливой слизистой оболочки [1,8,14,16,19]. Особенно неблагоприятными клиническими условиями протезирования отмечаются при прогнатическом и прогеническом соотношении альвеолярных отростков фронтальных сегментов челюстей [12,17] в сочетании вариантов диспропорций альвеолярных отростков жевательных и фронтальных сегментов челюстей [9,18]. Последнее затрудняет выбор конструирования искусственных зубных рядов, который во многом зависит от правильной разметки гипсовых моделей беззубых челюстей для восстановления контуров зубной дуги, имеющимся до потери зубов и атрофии альвеолярных отростков [4]. Путём измерений альвеолярных отростков моделей челюстей с зубами были установлены некоторые анатомо-топографические закономерности, которые в некоторой степени возможны при конструировании искусственных зубов в ортогнатическом прикусе.[11]

Способы конструирования зубных рядов в полных съёмных протезах при прогеническом соотношении беззубых челюстей основаны на эмпирических ориентирах размеров челюстей [15] и обусловлены отсут-

ствием научно-обоснованных рекомендаций, позволяющих с математических позиций оптимизировать конструкцию зубных рядов при различных уровнях соотношения во фронтальных сегментах челюстей и выработать алгоритм планирования ортопедического лечения больных. Существующие до настоящего времени методы конструирования искусственных зубных рядов несут в себе элементы больших погрешностей и, тем более, вопрос протезирования пациентов при прогеническом или прогнатическом соотношении беззубых челюстей на фоне аномалий развития, а также атрофических процессов до сих пор остаются открытыми. Также с позиции количественных характеристик [20] имеющиеся литературные данные полностью не освещают проблему вопросов симметрии или асимметрии и остаются актуальными для практической стоматологии. Поэтому определение углов расхождения во фронтальных участках на основе данных вариантов пересечения межальвеолярных линий методом математических расчётов является актуальным, т.к. позволяет разработать оптимальную индивидуальную расстановку зубов. Целесообразность данных исследований необходима в связи с наличием определённых трудностей в оценке морфологических характеристик тканевых компонентов вершин альвеолярных гребней из-за их неравномерной резорбции. Поэтому совершенствование конструирования зубных рядов в настоящее время невозможно без антропологического подхода. [2]

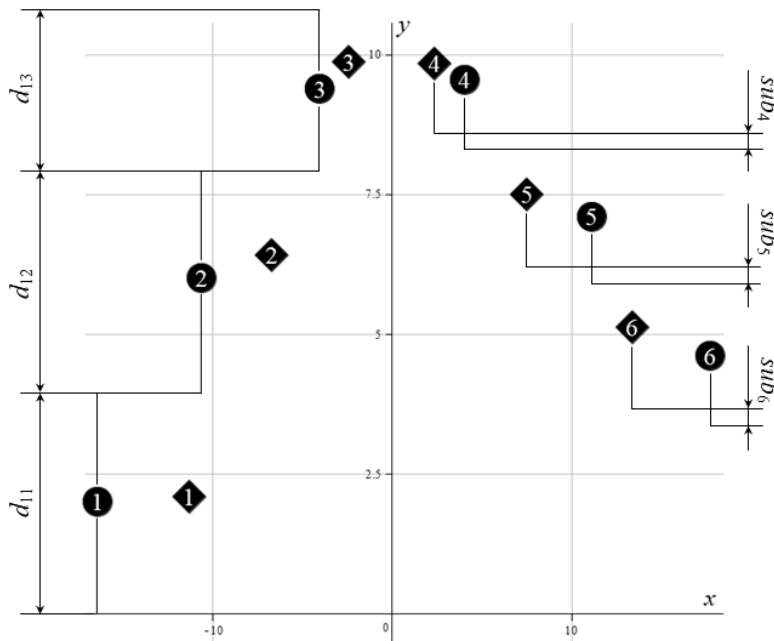


Рис. 2. Исходные данные

Материалы и методы

Антропометрические измерения 260 пар диагностических гипсовых моделей беззубых пациентов послужили основой для разработки математической модели при различных вариантах соотношения альвеолярных дуг фронтальных сегментов челюстей. Создана программа для оптимизации конструирования искусственных зубных рядов при прогеническом и прогнатическом вариантах их топографического соотношения.

Результаты

В качестве основных математических задач рассматривают систему построения межальвеолярной средней линии между дугами фронтальных сегментов верхней и нижней челюсти с вычислением углов между центральными резцами, боковыми верхними и нижними резцами, и верхними и нижними клыками. Для решения данной проблемы в первую очередь выбирают систему координат следующим образом: ось абсцисс (Ox) проходит через начало левого клыка верхней челюсти, ось (Oy) проходит через стык центральных резцов верхней челюсти. Для удобства зубы верхней и нижней челюстей нумеруют следующим образом: левому клыку присваивают номер 1, левому боковому резцу — номер 2, левому центральному резцу — номер 3. Продолжают нумерацию для правой стороны в обратном порядке: правому центральному резцу номер 4, правому боковому резцу — номер 5, правому клыку — номер 6 (рис. 1).

Для того чтобы построить дуги нижней и верхней челюстей необходимо в точности определить положение зубов. В данной математической модели под зубами понимают их геометрические центры, что приведет к рассмотрению зубов как точек на координатной плоскости. Исходными данными, описываемого далее алгоритма построения средней дуги, являются: для верхней челюсти — вертикальные расстояния между горизонтальными линиями, проходящими через начала зубов верхней челюсти: d_{11} — вертикальное расстояние, соответствующее левому клыку, d_{12} — вертикальное расстояние, соответствующее левому боковому резцу, d_{13} — вертикальное расстояние, соответствующее левому центральному резцу, d_{14} — вертикальное расстояние, соответствующее правому центральному резцу, d_{15} — вертикальное расстояние, соответствующее правому боковому резцу и d_{16} — вертикальное расстояние, соответствующее правому клыку. Двойная индексация используется для отделения соответствующих величин верхней и нижней челюстей: если первый индекс равен «1», то подразумевается верхняя челюсть, если «2» — нижняя. Для нижней челюсти исходными данными являются вертикальные расстояния между верхними и нижними альвеолярными гребнями, т.е. расстояния между горизонтальными линиями, проходящими через начала соответствующих верхних и нижних зубов: sub_1 — расстояние между левыми клыками, sub_2 — расстояние между левыми боковыми резцами, sub_3 — расстояние между левыми центральными резцами, sub_4 — расстояние между правыми центральными резцами, sub_5 — расстояние между правыми боковыми

Таблица 1. Сводные данные средних размеров коронок постоянных зубов, мм по В.Д. Устименко

Название зуба	Номер зуба, i	Ширина c_{ji} , мм	Высота h_{ji} , мм
Верхний клык	1, 6	7,6	8,9
Верхний боковой резец	2, 5	6,5	7,8
Верхний центральный резец	3, 4	8,5	8,9
Нижний клык	1, 6	6,7	9,4
Нижний боковой резец	2, 5	6,0	7,9
Нижний центральный резец	3, 4	5,3	7,8

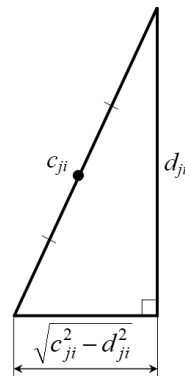


Рис. 3. Вычисление горизонтальной составляющей зуба

резцами и sub_6 — расстояние между правыми клыками (рис. 2). Как уже отмечалось ранее, круглыми точками обозначены зубы верхней челюсти, ромбами — нижней в декартовой системе координат.

В каждом конкретном случае указанные расстояния задают дуги, соответствующие верхнему и нижнему альвеолярным гребням. Однако для точного определения положения зубов на координатной плоскости необходимо знать размеры коронок постоянных зубов, представленные в таблице 1.

При решении поставленной задачи определяют координаты зубов в выбранной декартовой системе. (рис. 2). Исходные данные позволяют в первую очередь определить координаты x_{ji} и y_{ji} , $i = 1,6$, каждого из зубов верхней челюсти. Для определения ординат зубов верхней челюсти потребуется дополнительная величина $Peak_{up}$, определяющая насколько далеко выступает верхняя челюсть относительно оси Ox :

$$Peak_{up} = d_{11} + d_{12} + d_{13}.$$

Тогда в соответствии с введенными обозначениями ординаты y_{ji} зубов верхней челюсти могут быть вычислены по следующим формулам

$$y_{11} = \frac{d_{11}}{2}, y_{12} = d_{11} + \frac{d_{12}}{2}, y_{13} = d_{11} + d_{12} + \frac{d_{13}}{2},$$

$$y_{14} = Peak_{up} - \frac{d_{14}}{2}, y_{15} = Peak_{up} - d_{14} - \frac{d_{15}}{2},$$

$$y_{16} = Peak_{up} - d_{14} - d_{15} - \frac{d_{16}}{2}.$$

Вычисление абсцисс x_{ji} зубов верхней челюсти проводят на основе теоремы Пифагора [10] из прямоугольного треугольника, образованного прямой, соединяющей начало зуба с его концом (на рис. 3 — гипотенуза), прямой, проходящей через начало зуба параллельно оси абсцисс Ox (на рис. 3 — нижний катет), и перпендикуляром, опущенным из конца зуба на прямую, проходящую через начало нижнего зуба параллельно оси абсцисс Ox (на рис. 3 — боковой катет).

Используя горизонтальные составляющие зубов верхней челюсти, определяют абсциссы x_{ji} зубов по следующим формулам:

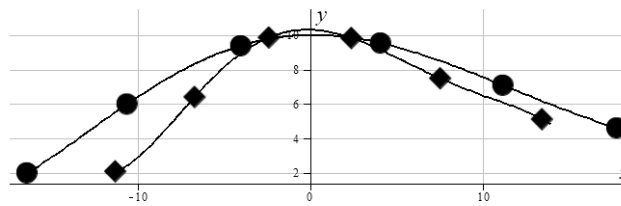
$$x_{13} = -\frac{1}{2}\sqrt{c_{13}^2 - d_{13}^2}, x_{12} = 2x_{13} - \frac{1}{2}\sqrt{c_{12}^2 - d_{12}^2},$$

$$x_{11} = x_{12} - \frac{1}{2}\sqrt{c_{12}^2 - d_{12}^2} - \frac{1}{2}\sqrt{c_{11}^2 - d_{11}^2},$$

$$x_{14} = \frac{1}{2}\sqrt{c_{14}^2 - d_{14}^2}, x_{15} = 2x_{14} + \frac{1}{2}\sqrt{c_{15}^2 - d_{15}^2},$$

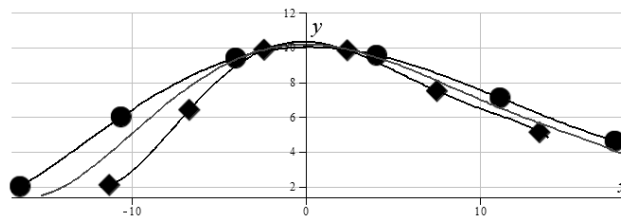
$$x_{16} = x_{15} + \frac{1}{2}\sqrt{c_{15}^2 - d_{15}^2} + \frac{1}{2}\sqrt{c_{16}^2 - d_{16}^2}.$$

где c_i — ширина i -го зуба верхней челюсти (табл. 1).



Круглыми точками обозначены зубы верхней челюсти, ромбами — нижней: изображение в масштабе 1:1

Рис. 4. Получение дуг верхней и нижней челюсти.



Круглыми точками обозначены зубы верхней челюсти, ромбами — нижней, Изображение в масштабе 1:1

Рис. 5. Получение средней линии для дуг верхней и нижней челюстей

По такому же принципу вычисляют абсциссы для зубов фронтального сегмента нижней челюсти.

На основе исходных данных координат и абсцисс строят кривые альвеолярных дуг по интерполяционной формуле Лагранжа [5]

Интерполяционная формула Лагранжа позволяет по заданным координатам точек (x_i, y_i) построить кривую следующим образом:

$$L(x) = \sum_{i=0}^n y_i \cdot l_i(x), \text{ где } l_i(x) = \prod_{i=0, j \neq i}^n \frac{x - x_j}{x_i - x_j}.$$

В качестве исходных данных для интерполяционной формулы берутся n точек, $i = 1..n$, связанных зависимостью $L(x)$.

По координатам, полученным для зубов верхней и нижней челюстей, (x_{1i}, y_{1i}) и (x_{2i}, y_{2i}) соответственно, $i = 1..6$, которые и будут исходными данными, получают две кривые, которые будут соответствовать дугам верхней и нижней челюстей:

$$F_{up}(x) = \sum_{i=0}^n y_{1i} \cdot l_i(x), \text{ где } l_i(x) = \prod_{i=0, j \neq i}^n \frac{x - x_{1j}}{x_{1i} - x_{1j}};$$

$$F_{down}(x) = \sum_{i=0}^n y_{2i} \cdot l_i(x), \text{ где } l_i(x) = \prod_{i=0, j \neq i}^n \frac{x - x_{2j}}{x_{2i} - x_{2j}}.$$

Результатом интерполирования будут кривые, приближающие дуги верхней и нижней челюстей. (рис. 4).

Исходные данные для построения средней линии (\bar{x}_i, \bar{y}_i) , $i = 1..6$, могут быть получены из соотношений:

$$\bar{x}_i = (x_{1i} + x_{2i}) / 2, \bar{y}_i = (y_{1i} + y_{2i}) / 2,$$

где (x_{1i}, y_{1i}) — координаты верхних зубов, (x_{2i}, y_{2i}) — координаты нижних зубов, $i = 1..6$. Получив необходимые координаты, строят среднюю дугу (рис. 5) по формуле:

$$F_{mid}(x) = \sum_{i=0}^n \bar{y}_i \cdot l_i(x), \text{ где } l_i(x) = \prod_{i=0, j \neq i}^n \frac{x - \bar{x}_j}{\bar{x}_i - \bar{x}_j},$$

При построении средней линии используются те же методы, что и при построении дуг верхней и нижней челюстей.

Для расчета величины углов между рассматриваемыми зубами используют трехмерную систему координат $Oxyz$ стандартным образом, добавив к введенной ранее системе координат ось Oz , перпендикулярную линию одновременно к оси Ox и оси Oy (рис. 6а).

Для удобства расчета углов (рис. 6б) осуществляют параллельный перенос вычисленных координат на величину $shift = -\min(y_{11}, y_{16}, y_{21}, y_{26})$ вдоль оси Oy :

$$y'_{ji} = y_{ji} + shift, j = 1..2, i = 1..6.$$

Нумерация зубов остается прежней, при этом координаты z_{2i} , $i = 1..6$, по добавленной оси Oz для зубов

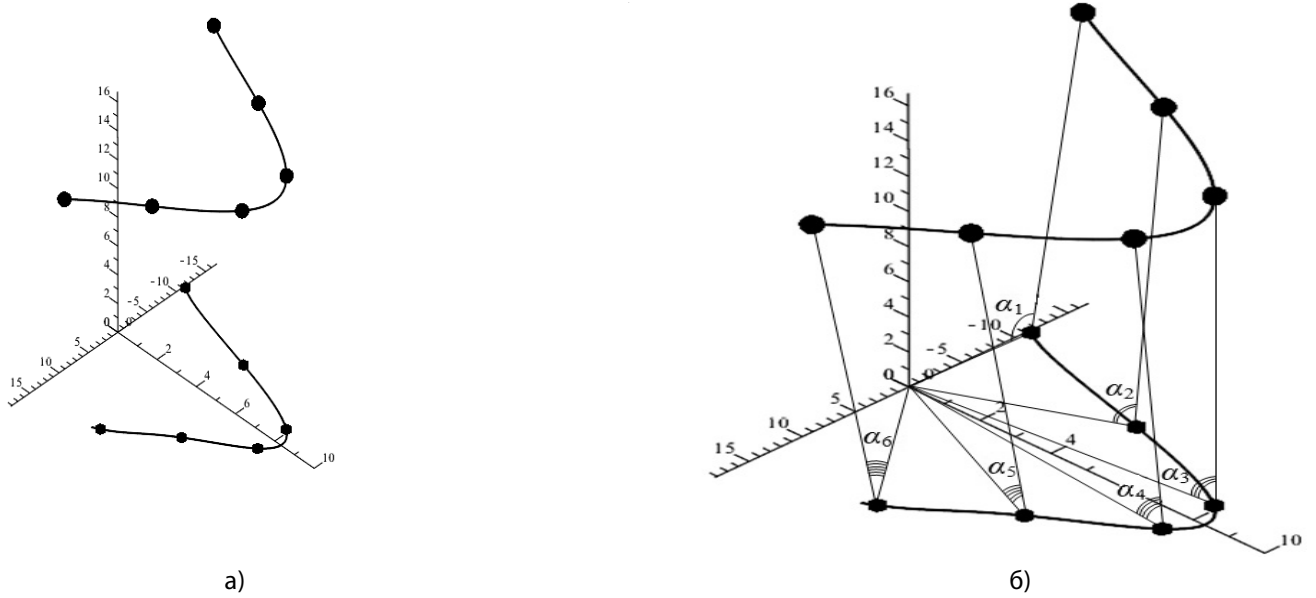


Рис. 6. Получение углов: α_1 — угол между левыми клыками, α_2 — угол между левыми боковыми резцами, α_3 — угол между левыми центральными резцами, α_4 — угол между правыми центральными резцами, α_5 — угол между правыми боковыми резцами, α_6 — угол между правыми клыками: а) трехмерная система координат; б) углы между зубами

$$\alpha_i = \begin{cases} \pi - \arctg \left(\sqrt{\frac{(x_{1i} - x_{(1)2i})^2 + (y_{1i} - y_{(1)2i})^2 + z_{1i}^2}{(x_{2i} - x_{(1)2i})^2 + (y_{2i} - y_{(1)2i})^2}} \right), & \text{если } x_{(1)2i}^2 + y_{(1)2i}^2 > x_{2i}^2 + y_{2i}^2, \\ \arctg \left(\sqrt{\frac{(x_{1i} - x_{(1)2i})^2 + (y_{1i} - y_{(1)2i})^2 + z_{1i}^2}{(x_{2i} - x_{(1)2i})^2 + (y_{2i} - y_{(1)2i})^2}} \right), & \text{иначе,} \end{cases}$$

где $i = 1.6$.

Рис. 8

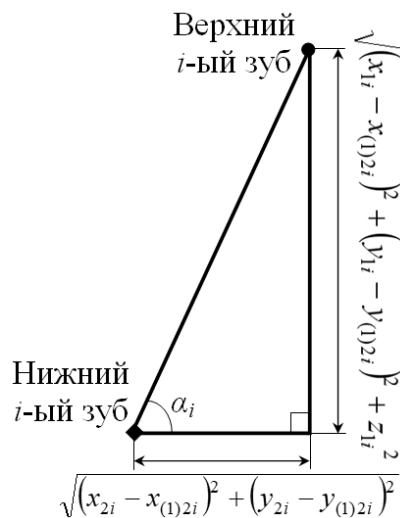


Рис. 7. Вычисление угла

нижней челюсти будут равны 0, а для расчета координат z_{1i} , $i = 1, 6$, для зубов верхней челюсти, потребуются установить точку соприкосновения зубов верхней и нижней челюсти и данные о средней высоте коронки соприкасающихся зубов (табл. 1):

$$\begin{cases} z_{1i} = h_{1m} + h_{2n}, \\ z_{2i} = 0, \end{cases}$$

Где тип-номера соприкасающихся верхних и нижних зубов соответственно.

Для каждой пары верхнего и нижнего соответствующих зубов величину угла рассчитывают из прямоугольного треугольника (рис. 7), образованного прямой, соединяющей верхний и нижний зубы (на рис. 7 — гипотенуза), прямой Str_i (на рис. 7 — нижний катет), и прямой, соединяющей верхний зуб с его проекцией на Str_i (на рис. 7 — боковой катет):

Искомые углами будут углы α_i , образованные линиями, соединяющими соответствующие верхние и нижние зубы и линиями, соединяющими нижние зубы с началом координат. По определению тангенса [3], находят углы для каждой пары соответствующих верхнего и нижнего зубов α_i с учетом вида угла (рис. 8).

Отметим, что для правой и левой сторон углы наклона зубов будут отличаться.

Заключение

Изучение особенностей строения альвеолярных отростков беззубых челюстей выявило разную степень изгибов и уровень угловых наклонов вершин гребневых участков фронтальных сегментов челюстей и формы межальвеолярных зубных дуг характеризуются значительной вариабельностью. На основе цифровых данных расхождения фронтальных сегментов альвеолярных отростков между обеими челюстями получены семь основных вариантов прогенического, пять прогнатического соотношения челюстей и их сочетаний.

Приведённые общие принципы математических расчётов при различных вариантах соотношения альвеолярных отростков позволяют определить варианты срединных межальвеолярных линий и, тем самым, более рационально конструировать зубные ряды во фронтальном сегменте беззубых челюстей. Детальные принципы математических расчётов для каждого из вариантов с целью оптимальной расстановки зубов будут отражены в последующих публикациях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авдеев Е.Н., Смирнов Е.В., Лесных Н.И., Калмыков В.В., Лихущина Т.С. Протезирование полными съёмными пластиночными протезами при высоких степенях атрофии альвеолярного отростка верхней и альвеолярной части нижней челюстей. // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. 2014. № 24 (195). С. 265–272.
2. Божук Т.Н., Севостьянова М.А., Павлова Т.В. Распространенность форм физиологического прикуса у людей с разными типами лица. // Фундаментальные исследования. 2011. № 2. С. 44–50.
3. Гельфанд И.М., Львовский С.М., Тоом А.Л. Тригонометрия. И.М. Гельфанд, С.М. Львовский, А.Л. Тоом. Москва, 2010. (Изд. 4-е)
4. Гришечкин С.Д., Сеферян К.Г., Гришечкин М.С. Грамотная постановка искусственных зубов с учетом анализа гипсовых моделей беззубых челюстей. // Клиническая стоматология. 2014. № 3 (71). С. 50–52.
5. Демидович Б.П. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения. учебное пособие / Б.П. Демидович, И.А. Марон, Э.З. Шувалова; под ред. Б.П. Демидовича. Санкт-Петербург [и др.], 2008. Сер. Классическая учебная литература по математике (Изд. 4-е, стер.) 368С.
6. Ермак Е.Ю., Способ создания окклюзионных контактов зубных рядов. Париллов В.В., Ознева Л.М., Индюков В.В. Российский стоматологический журнал. 2010. № 6. С. 10–11.
7. Жолудев С.Е. Особенности протезирования полными съёмными протезами и адаптации к ним у лиц пожилого и старческого возраста. // Уральский медицинский журнал. 2012. № 8 (100). С. 31–35.
8. Загорский В.А. Протезирование при полной адентии / В.А. Загорский-М.: Медицина-2008.-218с.
9. Зинякин Р.С. Нечеткое математическое описание физических моделей беззубых челюстей человека / Р.С. Зинякин // В мире научных открытий. — 2010. № 6–1.-С.75.
10. Литман В. Теорема Пифагора / В. Литман. М.: Гос. Издат., 1960–116 с.
11. Лола Д.В. Математическое моделирование зубных рядов в полных съёмных протезах. / Д.В. Лола, А.С. Назаров // Вестник СКФУ.-2015. № 2(47).-с 48–55.
12. Паршин Ю.В. Особенности протезирования нижней беззубой челюсти при сложной клинической картине. / Ю.В. Паршин // Учёные записки СпбГМУ имени академика И.П. Павлова.-2015.-Т.12, № 3.-С.11–13.
13. Рединов И.С., Метелица С.И., Страх О.О. Повышение эффективности повторного лечения пациентов при полном отсутствии зубов на нижней челюсти. // Фундаментальные исследования. 2014. № 10–2. С. 356–359.

14. Саввиди К.Г. Методика повторного протезирования на беззубой нижней челюсти у пациентов пожилого и старческого возраста с неблагоприятными клиническими условиями протезного ложа. // Институт стоматологии. 2008. № 4 (41). С. 34–35.
15. Тлустенко В.С. Ортопедическое лечение больных при выраженном прогеническом соотношении беззубых челюстей полными съёмными протезами. // Аспирантский вестник Поволжья. 2008. № 3–4. С. 170–174.
16. Трунин Д.А., Садыков М.И., Шумский А.В., Нестеров А.М. Ортопедическое лечение пациентов с истонченной, малоподатливой слизистой оболочкой протезного ложа при полном отсутствии зубов. // Институт стоматологии. 2016. № 4 (73). С. 90–91.
17. Трунин Д.А., Садыков М.И., Нестеров А.М., Постников М.А., Сагиров М.Р., Чистякова М.С. Особенности ортопедического лечения больных с полным отсутствием зубов на нижней челюсти с неблагоприятными клиническими условиями. // Медицинский вестник Северного Кавказа. 2017. Т. 12. № 4. С. 421–424.
18. Чижов Ю.В. Полное отсутствие зубов на верхней и нижней челюсти. Возможные сочетания и распространённость у лиц пожилого и старческого возраста. / Ю.В. Чижов, Т.В. Казанцева, Г.И. Николаева // Клиническая Геронтология. -2008.-№ 9.-С.70.
19. Baslas V. Atechnigve for using short tezm soft liners as complete dentures dinal impression material/ V. Baslas, S.V. Singh, H. Aggarwal, //Y. Oral Biol Craniofas. Res.-2014.-V.4(3). -p.204–207
20. Hutsky A. Полные съёмные протезы становятся цифровыми / А. Hutsky // Новое в стоматологии-2016. -№ 7. -С.72–77.

© Аксёнов Даниил Игоревич (p.ghost@rambler.ru), Майборода Юрий Николаевич, Аксёнов Игорь Николаевич.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Ставропольский Государственный медицинский университет

ВЛИЯНИЕ ТРАНСТУМОРАЛЬНОЙ ДЕКОМПРЕССИИ НА ЦЕНТРАЛЬНУЮ ГЕМОДИНАМИКУ И ВНУТРИБРЮШНОЕ ДАВЛЕНИЕ У БОЛЬНЫХ С ОСТРОЙ ОБТУРАЦИОННОЙ ТОЛСТОКИШЕЧНОЙ НЕПРОХОДИМОСТЬЮ

CENTRAL HEMODYNAMICS AND INTRA- ABDOMINAL PRESSURE IN PATIENTS WITH ACUTE OBSTRUCTIVE COLONIC OBSTRUCTION

**V. Bagdasarov
E. Bagdasarova
A. Eleev**

Summary. The article presents the results of a study of central hemodynamics in 32 patients with acute colonic obstruction (OTKN) of tumor origin. In 28 patients, OTKN was resolved by endoscopic decompression-transtumoral stenting (self-expanding metallic stents (SEMS)). Central hemodynamic studies have shown that endoscopic decompression (transtumoral stenting) with OTKN, it allows all patients with compensated and subcompensated OTKN to restore hemodynamic parameters within 5–7 days, and in the most severe patients with decompensated intestinal obstruction, to bring the normalization period closer only to 10–12 days after decompression.

Keywords: acute colonic obstruction, intra-abdominal pressure, intraabdominal hypertension, transtumoral stenting.

Багдасаров Валерий Вартанович

Д.м.н., профессор, Российский Университет Дружбы
Народов

Багдасарова Елена Анатольевна

Д.м.н., заведующая отделением, ДЗМ ГКБ С.С. Юдина

Елеев Алим Анатольевич

Врач хирург, колопроктолог, онколог, ДЗМ ГКБ
С.С. Юдина

Alimeleev@gmail.com

Аннотация. В статье приведены результаты исследования центральной гемодинамики у 32 больных с острой толстокишечной непроходимостью (ОТКН) опухолевого генеза. У 28 больных ОТКН была разрешена эндоскопической декомпрессией-транстуморальным стентированием (саморасширяющиеся сетчатые стенты (self-expanding metallic stents — SEMS)). Исследования центральной гемодинамики показали, что эндоскопическая декомпрессия (транстуморальное стентирование) при ОТКН позволяет у всех пациентов с компенсированной и субкомпенсированной ОТКН восстановить гемодинамические показатели в течение 5–7 суток, а у наиболее тяжелых больных с декомпенсированной кишечной непроходимостью приблизить сроки нормализации только к 10–12 суткам после декомпрессии.

Ключевые слова: острая толстокишечная непроходимость, внутрибрюшное давление, интраабдоминальная гипертензия, транстуморальное стентирование.

Внутрибрюшное давление (ВБД) как фактор гомеостаза привлекает внимание исследователей более ста лет [13, с. 509; 14, с. 989].

Одним из основных этиологических факторов повышения ВБД является кишечная непроходимость [10, с. 572].

Многочисленные исследования на животных и человеке показали отрицательное влияние повышенного ВБД на функцию сердечно-сосудистой системы. Рост компрессии в брюшной полости замедляет кровоток по нижней полой вене и уменьшает венозный возврат, ограничивает диастолическое заполнение желудочков,

способствует повышению ЦВД. При дальнейшем прогрессировании интраабдоминальной гипертензии отмечалось снижение ударного объема и сердечного выброса (СВ), несмотря на компенсаторную тахикардию. Сокращение органного кровотока не пропорционально уменьшению СВ и развивается раньше [3, с. 147; 4, с. 938; 9, с. 43; 10, с. 553; 15, с. 917].

Увеличение ОПСС было прямо пропорционально величине интраабдоминальной гипертензии (ИАГ) и связано с прямым механическим воздействием на сосуды брюшной полости. Среднее артериальное давление у больных ИАГ снижалось по мере увеличения ВБД [17, с. 31; 6, с. 1354; 16, с. 64; 14, с. 989].

Таблица 1. Данные об основных параметрах центральной гемодинамики у больных с ОТКН

Показатель	Контроль	Степень динамической кишечной непроходимости		
		Компенс.	Субкомпенс.	Декомпенс.
1.КДР, мм	52,2±0,6 p>0,05	52,6±0,6 p>0,05 p ₁ >0,05	51,0±0,4 p>0,05 p ₁ <0,05	51,2±0,6 p>0,05 p ₁ <0,05 p ₂ >0,05
2.КСР, мм	32,2±0,8	34,6±0,4 p>0,05	36,6±0,6 p<0,01 p ₁ <0,01	39,4±0,4 p<0,01 p ₁ <0,01 p ₂ <0,01
3.КДО, см ³	128,8±3,8	134,2±2,2 p<0,05	124,2±2,8 p>0,05 p ₁ <0,05	125,6±3,1 p>0,05 p ₁ <0,05 p ₂ >0,05
4.КСО, см ³	45,2±2,0	48,2±2,0 p>0,05	58,2 ±1,2 p<0,01 p ₁ <0,01	67,8±1,8 p<0,01 p ₁ <0,01 p ₂ <0,01
5.УО, мл	84,4±2,8	84,6±2,6 p>0,05	64,6±3,4 p<0,01 p ₁ <0,01	58,6±2,4 p<0,01 p ₁ <0,01 p ₂ >0,05
6.ФВ,%	64,2±1,8	64,2±0,8 p>0,05	54,6±2,2 p<0,01 p ₁ <0,01	45,8±2,4 p<0,01 p ₁ <0,01 p ₂ >0,05
7.%FS	36,2±0,2	35,0±0,4 p>0,05	27,8±2,2 p<0,01 p ₁ <0,01	24,8±1,4 p<0,01 p ₁ <0,01 p ₂ >0,05
8.МОС, л	5,4±0,4	7,6±0,2 p<0,01	6,2±0,2 p>0,05 p ₁ <0,01	5,6±0,2 p>0,05 p ₁ <0,01
9.ЧСС, уд/мин	62,8±2,8	86,6±1,8 p<0,01	92,4±2,2 p<0,01 p ₁ <0,01	99,8±2,2 p<0,01 p ₁ <0,01 p ₂ <0,01
10.АД/ср, мм рт. ст.	97,4±1,2	97,0±1,6 p>0,05	96,8±1,2 p>0,05 p ₁ >0,01	96,8±1,3 p>0,05 p ₁ >0,01 p ₂ >0,05
11.СИ л/мин х м ²	3,2±0,1	4,2±0,8 p<0,05	3,4±0,2 p>0,05 p ₁ <0,05	3,2±0,4 p>0,05 p ₁ <0,05 p ₂ >0,05
ОПСС дин с.сек ⁻⁵	1426,4±44,5	1038,3±38,5 p < 0,01	1276,2±90,8 p>0,05 p ₁ <0,05	1422,4±46,8 p>0,05 p ₁ <0,01 p ₂ >0,05

Развитие гиповолемии, артериальной гипотензии, гипоксемии может вести к снижению абдоминально-перфузионного давления (АПД) и гипоперфузии кишечника, что является триггером развития дисфункции желудочно-кишечного тракта [18, с. 101; 8, с. 14; 16, с. 77; 15, с. 918; 9, с. 53].

Внедрение эндоскопических технологий, интегральных шкал с объективной оценкой тяжести состояния больных и прогноза исхода привели к значительным изменениям в этапном хирургическом лечении острой толстокишечной непроходимости (ОТКН) с приорите-

том первичной декомпрессии ободочной кишки (транстуморальное стентирование саморасправляющимися металлическими стентами -Self-expandable metal stent SEMS), позволяющая существенно снизить пооперационную летальность [7, с. 475].

Цель

Изучить нарушения центральной гемодинамики и мониторинг внутрибрюшного давления у больных с ОТКН до и после транстуморальной декомпрессии (стентирование кишки).

Материал и методы исследования

Материалом настоящей работы являются результаты лечения 32 больных с ОТКН в период с 2016–2018 г. в ГКБ им. С.С. Юдина, у которых на первом этапе хирургического лечения была выполнена эндоскопическая декомпрессия (транстуморальное стентирование ободочной кишки). У больных этой группы были использованы саморасширяющиеся сетчатые стенты (self-expanding metallic stents — SEMS). Средний возраст составил $58,4 \pm 9,6$ лет.

Нарушение центральной гемодинамики и внутрибрюшное давление (ВБД) исследовали у 32 больных с ОТКН до и после транстуморальной декомпрессии. В первую группу включили 8 пациентов с компенсированной ОТКН; во вторую вошли 16 больных с субкомпенсированной ОТКН, и 8 больных с декомпенсированной ОТКН составили 3 группу.

Больным с различной степенью ОТКН после эндоскопической декомпрессии с целью изучения восстановления показателей центральной гемодинамики и определения сроков радикального оперативного лечения провели исследование гемодинамических параметров на 3, 7, 10 сутки после выполнения декомпрессии кишки.

Для исследования работы сердечно-сосудистой системы использовали клинические данные и данные эхокардиографии (ЭхоКГ).

Эхо КГ выполняли на аппарате «LOGIQ 400MD» фирмы «General Electric» (США), а ЭКГ на 6-канальном электрокардиографе «Delchi».

Результаты и обсуждение

Тяжесть нарушений гемодинамики зависела от степени тяжести состояния (АРАСНЕII) и степени ОТКН.

В первой группе с компенсированной ОТКН у 8 больных было 10 баллов по АРАСНЕ II, во второй, с субкомпенсированной ОТКН у 16 больных от 11–20 баллов и в третьей у 8 больных с декомпенсированной степенью ОТКН-от 21–30 баллов АРАСНЕ II.

До эндоскопической транстуморальной декомпрессии в первой группе ВБД было — $12,8 \pm 1,8$ мм рт. ст., во второй группе показатели ВБД = $16,2 \pm 3,2$ мм рт. ст. и в третьей группе ВБД = $19,3 \pm 4,2$ мм рт. ст.

После эндоскопической декомпрессии в первой группе ВБД снизилось до $-8, 2 \pm 0,8$ мм рт. ст., во вто-

рой группе ВБД = $11,2 \pm 2,82$ мм рт. ст.; в третьей группе = $12,4 \pm 2,42$ мм рт.ст.

Данные об основных параметрах центральной гемодинамики у больных с ОТКН до транстуморальной декомпрессии представлены в таблице № 1.

Снижение сократительной активности миокарда проявлялось увеличением конечно-систолического размера (КСР) левого желудочка до $36,6 \pm 0,6$ ($p < 0,01$) в группе больных с субкомпенсированной, и до $39,4 \pm 0,4$ ($p < 0,01$)- декомпенсированной ОТКН.

В результате увеличения КСР у больных обнаруживали увеличение конечно-систолического объема (КСО).

Различия с показателями: р — с контрольной группой; р1- с компенсированной ДКН; р2- с субкомпенсированной

Так, если увеличение КСО до $48,2 \pm 2,0$ ($p > 0,05$) при компенсированной

ОТКН не было достоверно значимым, то в группах с субкомпенсированной и декомпенсированной ОТКН выявили значительное увеличение КСО ($p < 0,01$) до $58,2 \pm 1,2$ см³ ($p < 0,01$) и до $67,8 \pm 1,8$ см³ соответственно (табл.1).

Снижение фракции выброса (ФВ) и степень укорочения передне-заднего размера полости левого желудочка во время систолы (%FS) отражали нарушения сократительной активности миокарда, что было характерно для суб- и декомпенсированной ОТКН. При субкомпенсированной ОТКН обнаружили снижение ФВ до $54,6 \pm 2,2\%$ ($p < 0,01$), при декомпенсированной — до $45,8 \pm 2,4\%$ ($p < 0,01$), в то время как при компенсированной ОТКН снижение ФВ не имело достоверных отличий от контрольной группы. % FS была достоверно снижена при суб- и декомпенсированной ОТКН — $26,8 \pm 2,2\%$ ($p < 0,01$) и $24,8 \pm 1,8\%$ ($p < 0,01$), соответственно.

Если у больных с суб- и декомпенсированной ОТКН при увеличении ЧСС регистрировали снижения ударного объема (УО) до $64,6 \pm 3,4$ мл ($p < 0,01$) и $58,6 \pm 2,4$ мл ($p < 0,01$), соответственно, то у больных с компенсированной ОТКН снижения УО не было $84,6 \pm 2,6$ мл ($p > 0,05$).

Уменьшение УО и тахикардия у большинства больных с компенсированной и субкомпенсированной ОТКН обнаружили гипердинамический тип кровообращения с увеличением минутного объема (МОС) до $7,6 \pm 0,2$ л ($p < 0,01$) и $6,2 \pm 0,2$ л ($p > 0,05$), соответствен-

Таблица 2. Данные об изменении центральной гемодинамики у больных компенсированной ОТКН после декомпрессии кишки

Показатель	Контроль	До стентирования кишки	3 сутки после стентирования
КДР, мм	52,2±0,6 p>0,05	52,6±0,6 p>0,05	52,4±0,6 p>0,05 p ₁ >0,05
КСР, мм	32,2±0,8	34,8±0,2 p>0,05	34,5±0,6 p>0,05 p ₁ >0,05
КДО, см ³	128,8±3,8	134,2±2,2 p<0,05	130,2±2,3 p>0,05 p ₁ >0,05
КСО, см ³	45,2±2,0	48,2±2,0 p>0,05	47,6±1,8 p>0,05 p ₁ >0,05
УО, мл	84,4±2,8	84,6±2,6 p>0,05	81,6±2,6 p>0,05 p ₁ >0,05
ФВ, %	64,2±1,8	64,2±0,8 p>0,05	63,2±1,4 p>0,05 p ₁ >0,05
FS%	36,2±0,2	35,0±0,4 p>0,05	34,6±0,5 p>0,05 p ₁ >0,05
МОС, л	5,4±0,4	7,6±0,2 p<0,01	5,8±0,2 p>0,05 p<0,01
ЧСС, уд/мин	62,8±2,8	86,6±1,8 p<0,01	70,0±1,4 p>0,05 p ₁ <0,01
АД/ср мм рт.ст.	97,4±1,2	97,0±1,6 p>0,05	97,1±1,6 p>0,05 p ₁ <0,05
СИ л/мин х м ²	3,2±0,1	3,9±0,1 p<0,05	3,4±0,1 p<0,05 p ₁ <0,05
ОПСС дин с.сек ⁻⁵	1275,3±38,5 p<0,01	1290,2±90,8 p>0,05 p ₁ <0,05	1348,6±61,1 p>0,05 p ₁ <0,01 p ₂ >0,05

Примечание: различия с показателями — p-контрольной группы, p₁ — до операции

но. У этих больных также отмечали увеличение сердечного индекса (СИ) — p<0,01). При прогрессировании степени декомпенсации ОТКН обнаружили тенденцию к уменьшению МОС и СИ, что проявлялось ухудшением сердечной деятельности.

При снижении МОС у больных с суб- и декомпенсированной ОТКН, выявляли достоверное повышение ОПСС до 1290,2±90,8 (p>0,05) и 1398,6±61,1 дин.с.см-5 (p>0,05), соответственно, по сравнению с показателями ОПСС 1035,3±38,5 дин.с.см-5 (p<0,01). больных с компенсированной ОТКН.

Наблюдения демонстрируют, что в суб- и декомпенсированной стадии ОТКН, и развивающаяся интраабдоминальная гипертензия со сдавлением нижней полой вены, приводит к значительному снижению венозного

возврата и прогрессивному снижению сердечного выброса.

При формулировке названий использовалось традиционное деление на нормокинетический, гипокинетический и гиперкинетический типы кровообращения по величине сердечного индекса [1, с. 176; 2, с. 127].

Для компенсированной и субкомпенсированной стадии ОТКН был характерен гипердинамический тип кровообращения с увеличением МОС, причем, у больных с субкомпенсированной ДКН уже наступали нарушения сократительной способности миокарда. Уменьшение УО при декомпенсированной стадии ОТКН, даже при выраженной тахикардии, приводило к уменьшению МОС (гиподинамический тип кровообращения) и значительному снижению сократительной активно-

Таблица 3. Данные об изменении центральной гемодинамики у больных с субкомпенсированной динамической кишечной непроходимостью после декомпрессии

Показатель	Контроль	До стентирования	3 сутки после стентирования	7 сутки после стентирования
КДР, мм	52,2±0,6 p>0,05	51,0±0,6 p>0,05	51,2±0,4 p>0,05p ₁ <0,01	51,3±0,4 p>0,05p ₁ >0,05
КСР, мм	32,2±0,8	36,6±0,6 p<0,01	35,2±0,5 p<0,05p ₁ <0,01	34,0±0,5 p>0,05p ₁ <0,01
КДО, см ³	128,8±3,8	124,2±3,4 p>0,05	125,0±3,3 p>0,05p ₁ <0,05	125,4±3,4 p>0,05p ₁ >0,05
КСО, см ³	45,2±2,0	57,2 ±1,2 p<0,01	51,4 ±1,4 p<0,05p ₁ <0,01	47,8 ±1,2 p>0,05p ₁ <0,01
УО, мл	84,4±2,8	66,8±3,4 p<0,01	73,8±3,4 p>0,05p ₁ <0,01	78,0±3,4 p>0,05p ₁ <0,01
ФВ,%	64,2±1,8	53,6±2,2 p<0,01	58,6±2,2 p<0,05p ₁ <0,01	61,9±1,6 p>0,05p ₁ <0,01
FS%	36,2±0,2	27,8±2,2 p<0,01	31,4±1,2 p<0,05p ₁ <0,01	33,4±1,2 p>0,05p ₁ <0,01
МОС, л	5,4±0,4	6,2±0,2 p>0,05	6,1±0,2 p>0,05p ₁ >0,05	5,9±0,4 p>0,05p ₁ >0,05
ЧСС, уд/мин	62,8±2,8	92,4±2,2 p<0,01	83,4±1,6 p<0,05p ₁ <0,01	78,0±1,4 p<0,05p ₁ <0,01
АД/ср, мм рт.ст.	97,4±1,2	96,8±1,2 p>0,05	97,0±1,2 p>0,05p ₁ >0,05	97,0±1,2 p>0,05p ₁ >0,05
СИ л/мин × м ²	3,2±0,1	3,2±0,2 p<0,05	3,3±0,1 p<0,05p ₁ >0,05	3,4±0,1 p<0,05p ₁ >0,05
ОПСС дин.с.сек ⁻⁵	1424,4±48,7	1258,3±38,5 p < 0,01	1268,2±60,4 p>0,05 p ₁ <0,05	1484,6±61,1 p>0,05 p ₁ <0,01 p ₂ >0,05

Примечание: различия с показателями — p-контрольной группы, p1 — до операции

сти миокарда. При гипокINETическом типе основными корректирующими препаратами являлись лекарственные средства из группы сердечных гликозидов.

У больных с компенсированной ОТКН, когда выявляли гипердинамический тип кровообращения, восстановление показателей гемодинамики отметили на 3 сутки после декомпрессии (табл. 2). К этому сроку отмечали стабилизацию ЧСС на 78,0±1,6 уд/мин (p>0,05), снижение МОС до 5,6±0,4 л (p>0,05).

При суб- и декомпенсированной ОТКН, когда определяли нарушения сократительной активности сердечной мышцы со снижением УО и МОС, восстановление гемодинамических показателей отмечали в более поздние сроки.

После транстуморальной декомпрессии у больных с субкомпенсированной ОТКН (табл. 3) на 3 сутки

после операции выявили тенденцию к снижению ЧСС и увеличению УО, при этом динамики показателей МОС не было. Нормализация гемодинамических показателей у этих больных наступала лишь на 7 сутки, когда отмечали УО до 78,0±3,4 мл (p>0,05) и МОС 5,9±0,4 л (p>0,05).

При анализе результатов исследования больных, стентированных по поводу декомпенсированной ОТКН — (табл. 3), на 3 и 7 сутки после операции отмечали прогрессирующее улучшение показателей центральной гемодинамики со снижением ЧСС, увеличением УО и ФВ.

Однако нормальных значений гемодинамические показатели достигали только к 11–12 суткам, когда отмечали снижение ЧСС до 78,6±1,4 мм рт.ст.(p>0,05, увеличение УО до 81,0±2,6мл (p>0,05), а ФВ до 62,4±1,2% (p>0,05, стабилизации МОС на 5,5±0,2 л (p>0,05).

Таблица 4. Данные об изменении центральной гемодинамики у больных с декомпенсированной ОТКН после стентирования кишки

Показатель	Контроль	До стентирования	3 сутки после стентирования	7 сутки после стентирования	11 сутки после стентирования
КДР, мм	52,2±0,6 p>0,05	51,2±0,6 p>0,05	50,9±0,6 p>0,05 p _I >0,05	51,2±0,6 p>0,05 p _I >0,05	51,3±0,6 p>0,05 p _I >0,05
КСР, мм	32,2±0,8	39,4±0,4 p<0,01	35,8±0,4 p<0,01 p _I <0,01	34,6±0,4 p>0,05 p _I <0,01	32,9±0,4 p>0,05 p _I <0,01
КДО, см ³	128,8±3,8	125,6±3,1 p>0,05	123,6±3,1 p>0,05 p _I >0,05	124,6±3,1 p>0,05 p _I >0,05	125,3±2,6 p>0,05 p _I >0,05
КСО, см ³	45,2±2,0	66,8±1,8 p<0,01	53,8±1,8 p<0,01 p _I <0,01	49,8±1,2 p>0,05 p _I <0,01	44,2±1,0 p>0,05 p _I <0,01
УО, мл	84,4±2,8	58,6±2, p<0,01	68,6±2,9 p<0,01 p _I <0,05	75,6±2,2 p<0,05 p _I <0,01	81,0±2,6 p>0,05 p _I <0,01
ФВ, %	64,2±1,8	46,4±2,4 p<0,01	56,4±1,4 p<0,01 p _I <0,01	60,4±0,4 p<0,05 p _I <0,01	62,4±1,2 p>0,05 p _I <0,01
FS%	36,2±0,2	23,8±1,4 p<0,01	29,8±1,2 p<0,01 p _I <0,01	32,4±1,0 p<0,05 p _I <0,01	35,5±1,0 p>0,05 p _I <0,01
МОС, л	5,4±0,4	5,7±0,2 p>0,05	5,7±0,2 p>0,05 p _I >0,05	5,5±0,2 p>0,05 p _I >0,05	5,5±0,2 p>0,05 p _I >0,05
ЧСС, уд/мин	62,8±2,8	99,8±2,2 p<0,01	84,8±1,2 p<0,01 p _I <0,01	79,2±1,2 p<0,01 p _I <0,01	78,6±1,4 p>0,05 p _I <0,01
АД/ср, мм рт.ст.	97,4±1,2	96,8±1,3 p>0,05	96,2±1,3 p>0,05 p _I >0,05	96,4±1,3 p>0,05 p _I >0,01	98,2±0,8 p>0,05 p _I >0,05
СИ л/мин х м ²	3,2±0,1	2,9±0,4 p>0,05	3,3±0,4 p>0,05 p _I >0,05	3,3±0,4 p>0,05 p _I >0,05	3,4±0,2 p>0,05 p _I >0,05
ОПСС дин с.сек-5	1426,4±44,5	1492,4±66,8	1462,2±46,4	1442,2±26,4	1422,4±26,2 p>0,05 p _I <0,01 p ₂ >0,05

Примечание: различия с показателями — p-контрольной группы, p_I-до операции

При уменьшении внутрибрюшной гипертензии СИ достоверно увеличивался: с 2,9 ±0,4л х мин/м (1-й день) до 3,4 л/мин х м² (11 -й день).

Наиболее часто встречающимся гемодинамическим осложнением являлось нарушение сердечного ритма, чаще фибрилляция предсердий или суправентрикулярная тахикардия. После применения индивидуализированной схемы коррекции у больных сердечно-сосудистые осложнения были отмечены только дважды.

Таким образом, исследования показали, что эндоскопическая декомпрессия (транстуморальное стентирование) при ОТКН способствуют уменьшению интраабдоминальной гипертензии и позволяет у всех пациентов с компенсированной и субкомпенсированной кишечной непроходимостью восстановить гемодинамические показатели в течение 7–8 суток, а у наиболее тяжелых больных с декомпенсированной кишечной непроходимостью приблизить сроки нормализации только к 10–12 суткам после декомпрессии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедева Р.Н. Осложнения в системе кровообращения после хирургических вмешательств. М.: «Медицина» 1979.
2. Шхвацабая И.К., Константинов Е.Н., Гундаров И.А. О новом подходе к пониманию гемодинамической нормы // Кардиология. 1981. № 3.
3. Чадаев А.П., Хрипун А.И. Перитонит и внутрибрюшное давление. М. 2003.
4. Bloomfield G.L., Ridings P.C., Blocher C.R. et al. Effects of increased intra-abdominal pressure upon intracranial and cerebral perfusion pressure before and after volume expansion // J Trauma. 1996. Vol. 6.
5. Boone B., Zureikat A., Hughes S. et al. Abdominal compartment syndrome is an early, lethal complication of acute pancreatitis. Am. Surg. 2013.
6. Gargiulo N.J., Simon R.J., Leon W., Machiedo G.W. Hemorrhage exacerbates bacterial translocation at low levels of intra-abdominal pressure // Arch. Surg. 1998. Vol. 133.
7. Chevallier P., Baque P., Benchimol D. Treatment of colorectal obstruction with self-expanding metallic stents under fluoroscopic guidance. J Radiol 2002.
8. Cheatham M.L., White M.W., Sagraves S.G., Johnson J.L., Block E.F. Abdominal perfusion pressure: a superior parameter in the assessment of intra-abdominal hypertension // J. Trauma. 2000 Oct. 49(4); discussion 626–7.
9. Cortes-Puentes G., Gard K., Adams A. et al. Value and limitations of transpulmonary pressure calculations during intraabdominal hypertension. Crit. Care Med. 2013; 41 (8).
10. Malbrain M.L.N.G. Intra-abdominal pressure in the ICU: Clinical tool or toy? // Yearbook of Intens. Care and Emerg. Med. / Vincent JL (ed).— Berlin: Springer-Verlag. 2001.
11. Malbrain, M.L.N.G. Results from the international conference of experts on intra-abdominal hypertension and abdominal compartment syndrome. Part 1. / M.L.N.G.
12. Malbrain, M.L. Cheatham, A. Kirkpatrick // Intensive Care Med. 2006. № 32.
13. Savino J.A., Cerabona T., Agarwal N., Byrne D. Manipulation of ascitic fluid pressure in cirrhotics to optimize hemodynamic and renal function // Ann. Surg. 1988. Vol. 208, № 4.
14. Sugrue M., Jones F., Lee A. et al. Intra-abdominal pressure and gastric intramucosal pH: Is there an association? // World J. Surg. 1996. Vol. 20.
15. Sugrue M., Jones F., Janjua K.J. et al. Temporary abdominal closure: a prospective evaluation of its effects on renal and respiratory function // J. Trauma. 1998. Vol. 45.
16. Sukhotnik I., Mogilner J., Hayari L. et al. Effect of elevated intra-abdominal pressure and 100% oxygen on superior mesenteric artery blood flow and enterocyte turnover in a rat. Pediat. Surg. Int. 2008; 24 (12).
17. Pickhardt P.J., Shimony J.S., Heiken J.P. et al. The abdominal compartment syndrome: CT findings // Amer. J. Rent. 1999. Vol. 173.
18. Richardson D., Wasserman A., Patterson J. General and regional circulatory responses to change in blood pH and carbon dioxide tension // J. Clin. Invest. 1961. Vol. 40.
19. Wachsberg R.H., Sebastiano L.L., Levine C.D. Narrowing of the upper abdominal inferior vena cava in patients with elevated intraabdominal pressure // Abdom. Imaging. 1998. Vol. 23, № 1.

© Багдасаров Валерий Вартанович, Багдасарова Елена Анатольевна, Елеев Алим Анатольевич (Alimeleev@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

КОРРЕКЦИЯ ИНТРААБДОМИНАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ И ВЫБОР СПОСОБА ЗАВЕРШЕНИЯ ОПЕРАЦИИ ПРИ РАСПРОСТРАНЕННОМ ПЕРИТОНИТЕ

CORRECTION OF INTRA-ABDOMINAL HYPERTENSION AND THE CHOICE OF THE METHOD OF COMPLETION OPERATIONS FOR ADVANCED PERITONITIS

**E. Bagdasarova
A. Eleev
V. Bagdasarov**

Summary. The article presents data on the effect of intraabdominal hypertension on the course of peritonitis; a comparative assessment of the traditional closed method of treatment and decompressive completion of the operation is presented. The results of treatment of severe forms of common peritonitis showed that the choice of prolonged decompression with program rehabilitation as an alternative to traditional surgical treatment at the very beginning significantly demonstrates the best indicators. In the traditional treatment (group 1), 16 (44.4%) died, and in the group with decompressive suturing of the laparotomous wound, 20 (21.7%) patients died. The overall mortality rate among 128 patients with advanced peritonitis was (28.1%).

Keywords: generalized peritonitis, intra-abdominal pressure, intra-abdominal pressure, decompression of the abdominal cavity.

Багдасарова Елена Анатольевна

Д.м.н., заведующая отделением, ДЗМ ГКБ С.С. Юдина

Елеев Алим Анатольевич

Врач хирург, колопроктолог, онколог, ДЗМ ГКБ

С.С. Юдина

Alimeleev@gmail.com

Багдасаров Валерий Вартамович

Д.м.н., профессор, Российский Университет Дружбы

Народов

Аннотация. В статье приведены данные о влиянии интраабдоминальной гипертензии на течение перитонита; представлена сравнительная оценка традиционного закрытого способа лечения и декомпрессивного завершения операции. Результаты лечения тяжелых форм распространенного перитонита показали, что выбор в самом начале тактики пролонгированной декомпрессии с программными санациями как альтернатива традиционному хирургическому лечению достоверно демонстрируют лучшие показатели. При традиционном лечении (1-я группа) умерли 16 (44,4%), в группе с декомпрессивным ушиванием лапаро-томной раны умерли 20 (21,7%) больных. Общая летальность среди 128 больных с распространенным перитонитом составила (28,1%).

Ключевые слова: распространенный перитонит, внутрибрюшное давление, интраабдоминальная гипертензия, декомпрессия брюшной полости.

Анализ научной литературы, посвященной программным релапаротомиям и этапным санациям при перитоните свидетельствует о недооценке интраабдоминальной гипертензии (ИАГ) и о неадекватной коррекции ИАГ при распространенном перитоните (РП) [1, с. 74; 9, с. 147]. За последние годы появились сообщения, комментирующие показания к выбору этапного метода лечения, одним из которых является уровень внутрибрюшного давления [7, с. 69; 6].

У больных распространенным перитонитом, по данным этих авторов, ИАГ развивается у 30 и более процентов, а летальность от синдрома интраабдоминальной гипертензии (СИАГ) достигает очень высоких цифр- 42-68%.

Многочисленные публикации описывают влияние ИАГ на различные системы органов в большей или меньшей степени и на весь организм в целом [12; 13, с. 12; 14, с. 389; 18, с. 21; 19, с. 512].

Уже доказано [24, с. 14], что прогрессирование ИАГ у больных, находящихся в критических состояниях, значительно увеличивает летальность.

В зарубежной медицинской литературе широко обсуждается проблема, получившая название «Abdominal compartment syndrome»-ACS, которую рассматривают, как одно из тяжелых проявлений распространенного перитонита (РП) [11, с. 21; 12]. Одной из основных причин развития компартмент-синдрома авторы считают ИАГ.

В 2004 г. на конференции WSACS ИАГ была определена как: это стойкое повышение ВБД до 12 мм рт. ст. и более, которое определяется при трех стандартных измерениях с интервалом 4–6 часов [12].

В настоящее время определение СИАГ представляется так: это стойкое повышение ВБД >20 мм рт. ст. (с АД <60 мм рт. ст.), которое ассоциируется с появлением новой органной недостаточности [12].

Цель исследования

Определение связи между уровнем интраабдоминальной гипертензии и распространенностью перитонита, а также определение оптимального способа декомпрессии.

Материал и методы исследования

Материалом настоящей работы являются результаты хирургического лечения 128 больных распространенным перитонитом (РП) в ГКБ им.С.С. Юдина в период с 2012–2018 годы. Средний возраст составил $48,4 \pm 8,8$ лет, при этом большую часть пациентов ($n=93$) составляли лица трудоспособного возраста (до 50 лет), преимущественно мужчины ($n=92$). Дизайн исследования: ретроспективное, проспективное исследование.

В зависимости от способа завершения операции все больные с РП были разделены на 2 группы. В I-ю (контрольная) группу были включены 36 (28,1%) пациентов, у которых лапаротомия заканчивалась глухим швом с традиционным дренированием; II-ю (основная) группу составили 92 (71,9%) больных с различными декомпрессивными вариантами ушивания лапаротомной раны. Первый вариант – ушивание в лапаротомной ране только кожи 29 (31,5%) по Н.Н. Каншину; второй вариант – лапаростомия и декомпрессивное закрытие брюшной полости по D.H. Wittmann с постепенным сближением краев лапаротомной раны с помощью проленовой сетки у 17 больных; третий вариант – лапаростома на спицах у 32 (50,0%) больных; четвертый вариант у 14 (15,2%) больных – формирование Vac – ассистированной лапаростомы с применением терапии отрицательным давлением. Вначале использовали постоянный режим разряжения 90–125 мм рт. ст. По мере очищения брюшной полости режим меняли на прерывистый 40–50-мм рт. ст. В среднем смена повязок производилась через каждые 2–3 дня.

Группы были сопоставимы по возрасту, полу и тяжести состояния. Сроки госпитализации, характер сопутствующих заболеваний, этиология и стадии перитонита сопоставимы в обеих исследуемых группах.

Больные относились к категории среднетяжелых, тяжелых и крайне тяжелых (средняя оценка тяжести состояния по шкале APACHEII $17,75 \pm 6,22$ балла).

Критериями включения были:

- ◆ больные с распространенным перитонитом в токсической и терминальной стадии с тяжестью состояния по APACHEII выше 15 баллов и с органной дисфункцией по SOFA > 6 баллов,
- ◆ больные с прогрессирующим и послеоперационным перитонитом,
- ◆ возраст больных от 18 до 78 лет.

В исследование не включали больных с панкреонекрозом, беременных и больных с тяжелыми сопутствующими заболеваниями в стадии декомпенсации.

Тяжесть состояния больных по APACHEII <15 баллов принимали соответствующей реактивной стадии перитонита; тяжесть состояния до 23 баллов расценивали равной токсической стадии, а при оценке тяжести состояния >23 баллов, что обычно сопровождалось органной дисфункцией более трех органов, констатировали стадию декомпенсации (терминальная стадия).

Средний балл по шкале SOFA к моменту поступления в стационар составил 6,8 балла.

В соответствии с целью программа исследований включала: определение клинико-лабораторных параметров, необходимых для ежедневной интегральной оценки, тяжести состояния по шкалам APACHEII и органной дисфункции SOFA; Оценка интраабдоминального давления в послеоперационном периоде ежедневно до 7 суток по завершении хирургического лечения; -определение связи между уровнем интраабдоминальной гипертензии и распространенностью воспалительного процесса брюшной полости; определение показателя абдоминально-перфузионного давления (АПД) – разница между средним артериальным и внутрибрюшным давлениями).

Методы исследования: Определение PaO_2 , $PaCO_2$, pH артериальной крови (пункция бедренной артерии); концентрации электролитов плазмы при помощи аппарата «RapidLab 348»; определение гемоглобина и лейкоцитов при помощи гематологического счетчика «ABXMicros»; определение концентрации креатинина плазмы, общего билирубина на биохимическом анализаторе фирмы «Bayer»; определение лактата в сыворотке крови; контроль темпа мочеотделения.

ВБД мониторировали каждые 6 часов непрямым методом через уретральный катетер мочевого пузыря по M. Cheatham и соавт. (1998).

Таблица 1. Характеристика взаимосвязи между величиной интраабдоминальной гипертензии, тяжестью физического состояния (APACHE II) и органной дисфункцией (SOFA) в сравниваемых группах перед операцией.

Интегральные шкалы Степень ИАГ	1-группа (контрольная)	2-я группа (основная)	1-я группа (контрольная)	2-я группа (основная)
	APACHE II		SOFA	
ВБД 12–15 мм рт.ст. (I ст. ИАГ)	14,2±1,0 3 (8,3%)	13,8±0,878 7 (7,6%)	3,8±0,2 3 (8,3%)	3,6±0,4 7 (7,6%)
ВБД 16–20 мм рт.ст. (II ст. ИАГ)	18,4±1,8 15 (41,7%)	16,8±3,0 31 (33,7%)	5,4±0,6 15 (41,7%)	5,6±0,2 31 (33,7%)
ВБД 21–25 мм рт.ст. (III ст. ИАГ)	22,2±1,4 11 (30,6%)	21,8±3,0 40 (43,5%)	5,4±0,6 11 (30,6%)	5,6±0,4 40 (43,5%)
ВБД >25 мм рт.ст. (IV ст. ИАГ)	28,4±1,2 мм рт.ст. 7 (19,4%)	26,6±2,8 мм рт.ст. 14 (15,2%)	8,4±2,6 мм рт.ст. 7 (19,4%)	8,8±2,2 мм рт.ст. 14 (15,2%)

Статистическую обработку клинических наблюдений выполняли при помощи программы «EP info» на персональном компьютере Toshiba Satellite SA50-492.

Результаты и обсуждение

До операции повышение ВБД было отмечено у всех 36 (100,0%) больных первой группы. ИАГ I степени в I группе установлена у 9 (7,0%) больных, II степени — у 10 (7,8%), III степени — у 11 (8,6%) и IV — 6 (4,7%) больных. Синдром интраабдоминальной гипертензии (СИАГ) развился у 6 (4,7%) пациентов.

Во II группе ИАГ перед операцией была отмечена у 92 (100%). Развитие СИАГ после операции на отмечали.

Повышение ВБД >15 мм рт. ст. приводило к ухудшению мезентериального кровообращения и характеризовалось снижением АД ниже 85 мм рт. ст.

На Всемирном конгрессе по АКС (6–8 декабря 2004) предложили градацию ИАГ в следующем варианте (табл. 1).

В результате исследования величины ВБД у больных с распространенным перитонитом, осложненным перитонеальным сепсисом было установлено, что уровень ИАГ достоверно указывает на прогрессирование перитонита, увеличивается по мере клинического ухудшения состояния больных, что подтверждалось наличием клинических признаков перитонита, паралитической кишечной непроходимости и развившихся гнойно-септических осложнений, а также данными лабораторных тестов и оценкой тяжести состояния по интегральным шкалам APACHE II и SOFA (см. табл. 1).

Установлена статистически достоверная корреляционная связь между степенью ИАГ и ухудшением тяжести состояния по интегральным шкалам (APACHE II) и SOFA ($p < 0,05$). Это было обусловлено прогрессированием перитонита, развитием перитонеального сепсиса и признаков полиорганной недостаточности.

При мониторинге ВБД у больных установлена положительная корреляция между ВБД и способом декомпрессии ($p < 0,05$).

Установлено, что при величине ВБД 16–20 мм рт. ст., наступает снижение АД до 75–70 мм рт. ст., что приводит к ухудшению мезентериального кровообращения, а при величине ВБД более 25 мм рт. ст., происходит снижение АД ниже 65 мм рт. ст., что приводит к выраженной гипоксии кишечника.

В дальнейшем установлено, что между уровнем ВБД и АД в динамике имеется корреляционная зависимость: с увеличением ВБД уменьшается АД, а при уменьшении ВБД, увеличивается АД, что отражает нормализацию мезентериального кровообращения.

Таким образом, у больных с синдромом интраабдоминальной гипертензии, показатели внутрибрюшного и абдоминально-перфузионного давления являются прогностическими критериями, что необходимо учитывать при определении объемов и вариантов инфузионной терапии и сроков выполнения оперативных вмешательств, направленных на декомпрессию кишечника и брюшной полости.

У 62 больных (67,4%) основной группы необходимость реопераций была обусловлена невозможностью полного устранения источника перитонита в ходе первичной операции. Еще у 30 (32,6%) больных эта необходимость была связана с картиной некластридиального анаэробного перитонита.



Рис. 1, Рис. 2. Этапы формирования Vas-системы предупреждало прогрессирование ИАГ и органную дисфункцию.

В целях профилактики ИАГ в послеоперационном периоде у 29 (31,5%) больных использовали первый вариант декомпрессии брюшной полости — ушивание лапаротомной раны только кожными швами (Н.Н. Каншин, 1999; авт. свид. № 1050683). Полное отсутствие натяжения и благодаря этому снижение ВБД при ушивании лапаротомной раны только кожными швами дает при перитоните выраженный эффект. Этот вариант показан при программных реоперациях, субкомпенсированной динамической кишечной непроходимости (диаметр тонкой кишки до 5см), тяжести состояния по APACHEII более 16 баллов и степени органной дисфункции по SOFA 5–6 баллов у больных и ИАГ II–III степени и абдоминально — перфузионном давлении 60 мм рт. ст. и менее.

Второй вариант — декомпрессивное закрытие лапаротомной раны по D.H. Wittmann применен у 17 (19,8%) больных. Эта методика предусматривает постепенное сближение краев лапаротомной раны с помощью проленовой сетки. Временное закрытие лапаротомной раны при этом варианте увеличивает объем брюшной полости, за счет создаваемого диастаза мышечно-апоневротического слоя краев раны. Показаниями к этому варианту декомпрессии брюшной полости являются такие же как и при первом варианте декомпрессии: планируемые этапные санации, ИАГ II–III степени, абдоминальное перфузионное давление менее 70 мм рт. ст. и менее, декомпенсированная степень динамической (паралитической) кишечной непроходимости — диаметр тонкой кишки 5см и более, тяжесть состояния по APACHEII более 19 баллов, 6 и более баллов по SOFA. Отличительной особенностью этого варианта являет-

ся то, что при использовании второго варианта редко формируются вентральные грыжи. Вариант декомпрессии брюшной полости — лапаростомию на спицах мы применили у 46 (53,5%) больных.

Показанием к открытой декомпрессии брюшной полости на спицах были такие же как при втором варианте, а также присутствие анаэробной неклостридиальной инфекции.

При открытом ведении лапаротомной раны в течение последующей недели после операции наблюдается, что отек и дилатация петель кишок постепенно спадают, но одновременно с этим увеличивается латеральная мышечно-фасциальная ретракция. Для предупреждения этого недостатка необходимо перфорированную пленку закладывать между петлями кишок и париетальной брюшины влево и справа от срединной раны на 20–25 см.

Это позволит сохранить подвижность передней брюшной стенки за счет изоляции ее от сращений с конгломератом петель тонкой кишки и создаст возможность без значительного натяжения ушить лапаростому.

У 14 наиболее тяжелых больных (APACHEII >28 и SOFA >12 баллов операция была завершена формированием лапаростомы с Vas-системой (рис. 1–4). По мере очищения брюшной полости режим разрежения меняли на прерывистый — 40–50-мм рт. ст. В среднем смена повязок производилась через каждые 2–3 дня.



Рис. 3, Рис. 4. Окончание формирования Vac-системы

Уровень ВБД после использования методики D.H. Wittmann и лапаростомии на спицах свидетельствовал о более выраженном эффекте декомпрессии брюшной полости по сравнению с больными, которым выполняли декомпрессию ушиванием лапаротомной раны только кожи.

Использование II и III варианта декомпрессии по сравнению с I вариантом способствовало более выраженному снижению ВБД в ближайшие $7 \pm 4,5$ час. до $13,2 \pm 3,8$ мм рт. ст., что

Применение терапии отрицательным давлением (NPWT) у больных с распространенным перитонитом обеспечивает быстрое и контролируемое снижение внутрибрюшного давления, что является профилактикой развития абдоминального компартмент-синдрома и соответственно предотвращает развитие полиорганной дисфункции.

Следует отметить, что степень органной дисфункции определяет и сроки закрытия лапаростомы. При наличии дыхательной, сердечной недостаточности и ВБД более 15 мм рт. ст., возникающих в результате сведения краев лапаротомной раны (после устранения перитонита), следует воздержаться от традиционного ушивания лапаротомной раны и использовать один из предложенных вариантов декомпрессивного закрытия брюшной полости.

При традиционном лечении в 1-й группе умерли 16(44,4%); в группе с декомпрессивным ушиванием ла-

паротомной раны умерли 20 (21,7%) больных. Общая летальность среди 128 больных с распространенным перитонитом составила (28,1%).

Основная причина смерти среди больных с декомпрессией брюшной полости — нозокомиальная пневмония — умерли 16 (17,4%) пациентов; 4 (4,3%) больных умерли в результате ухудшения сопутствующей сердечно-сосудистой недостаточности.

Главным и определяющим при выборе способа декомпрессивного завершения операции и программы этапных реопераций у больных с РП является результаты макроскопической оценки брюшины, морфо-функциональное состояние тонкой кишки, тяжесть состояния больного по АРАСНЕ II (16 и более баллов), степень органной дисфункции по шкале SOFA(6 и более баллов) и уровень ИАГ (более 16 мм рт.ст.).

Таким образом, ушивание лапаротомной раны наглухо у больных с распространенным перитонитом явилось атрибутивно значимым фактором, который повышал риск развития ИАГ, интраабдоминальных осложнений и летального исхода.

Анализ результатов лечения тяжелых форм распространенного перитонита показал, что выбор в самом начале тактики пролонгированной декомпрессии с программными санациями как альтернатива традиционному хирургическому лечению достоверно демонстрируют лучшие показатели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гельфанд Б.Р., Абдоминальный сепсис: современный взгляд на не стареющую проблему Вестник интенс. терапии 1997.
2. Гельфанд Б.Р., Проценко Д.Н., Игнатенко О.В., Ярошецкий А.И. Синдром интраабдоминальной гипертензии (Обзор литературы). // Consilium medicum 2005. 7 (1)
3. Гельфанд Б.Р., Проценко Д.Н., Игнатенко О.В. и др. Синдром интраабдоминальной гипертензии у хирургических больных: состояние проблемы в 2007. // Инфекции в хирургии. Т. 5. 2007. № 3.
4. Гельфанд Б.Р. Доказательная медицина в клинической практике // «Инфекции в хирургии 2008 г. том 6. № 4.
5. Губайдуллин Р.Р. Нарушения в системе транспорта кислорода и пути их коррекции у больных с внутрибрюшной гипертензией. // Дис. . . д-ра мед. наук М., 2005.
6. Земляков Д.С. Коррекция внутрибрюшной гипертензии при неотложных и программных релапаротомиях. Диссер. к.м.н. 2016, Волгоград
7. Подачин П.В., Чубченко С.В. Показания к этапному хирургическому лечению распространенного перитонита. // Второй конгресс московских хирургов «Неотложная и специализированная хирургическая помощь» Тезисы докладов. 2007.
8. Савельев В.С., Гельфанд Б.Р., Филимонов М.И. и др. // Хирургическое лечение перитонита В кн.: Перитонит «Литтерра». 2006
9. Чадаев А.П., Хрипун А.И. М. Перитонит и внутрибрюшное давление М. 2003.
10. Diebel LN, Dulchavsky SA, Wilson RF. Effect of increased intra — abdominal pressure on mesenteric arterial and intestinal mucosal bloodflow. J. Trauma 1992;1.
11. Cortes-Puentes G., Gard K., Adams A. et al. Value and limitations of transpulmonary pressure calculations during intraabdominal hypertension. Crit. Care Med. 2013; 41 (8).
12. Cheatham ML, Ivatury RR, Malbrain ML, Sugrue M (2006) Options and challenges for the future. In: Ivatury R, Cheatham M, Malbrain M, Sugrue M (eds) Abdominal Compartment Syndrome. Landes.
13. Cheatham M.L., White M.W., Sagraves S.G., Johnson J.L., Block E.F. Abdominal perfusion pressure: a superior parameter in the assessment of intra-abdominal hypertension // J. Trauma. 2000 Oct. 49(4). 621–6; discussion.
14. Ivy M.E. et al. 2000 Intra-abdominal hypertension and abdominal compartment syndrome in burn patients // J Trauma. Vol. 49.
15. Khan S., Verma A., Ahmad S. et al. Analyzing intraabdominal pressures and outcomes in patients undergoing emergency laparotomy. J. Emerg. Trauma Shock. 2010; 3 (4).
16. Kitano Y., Takata M., Sasaki N. et al. Influence of increased abdominal pressure on steadystate cardiac performance // J Appl Physiol. 1999. -Vol. 86.
17. Malbrain M.L. Abdominal pressure in the critically ill. // Curr Opin Crit Care. 2000. 6.
18. Malbrain M.L., Jones F. Intra-abdominal pressure measurement techniques. In: Ivatury R., Cheatham M., Malbrain M., Sugrue M (eds) Abdominal Compartment Syndrome. Landes Bioscience, Georgetown. 2006.
19. Mayberry J.C., Goldman R.K., Mullins R.J., Brand D.M., Crass R.A., Trunkey D.D. (1999) Surveyed opinion of American trauma surgeons on the prevention of the abdominal compartment syndrome. J. Trauma 47.
20. Schein M., Wittman D.H., Aprahamian C.C., Condon R.E. The abdominal compartment syndrome: the physiological and clinical consequences of elevated intra-abdominal pressure // J. Am. Col. Surg. 1995. Vol. 180.
21. Sukhotnik I., Mogilner J., Hayari L. et al. Effect of elevated intra-abdominal pressure and on superior mesenteric artery blood flow and enterocyte turnover in a rat. Pediat. Surg. Int. 2008; 24 (12).
22. Schneider C.G., Scholz J., Izbicki J.R. Abdominal compartment syndrome //AnesthesiolIntensiv med Notfall med Schmerzther. 2000. Vol. 35.
23. Schein M., Wittman D.H., Aprahamian C.C., Condon R.E. The abdominal compartment syndrome: the physiological and clinical consequences of elevated intra-abdominal pressure // J. Am. Col. Surg. 1995 Vol. 180.
24. Wittmann D.H., Schein M., Condon R.E. Management of secondary peritonitis [Review] // Annals of Surgery. 1996. Vol.224.

© Багдасарова Елена Анатольевна, Елеев Алим Анатольевич (Alimeleev@gmail.com), Багдасаров Валерий Вартанович.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОГРЕССИИ ФИБРОЗА ПЕЧЁНОЧНОЙ ТКАНИ ПОСЛЕ ТРАНСПЛАНТАЦИИ ПЕЧЕНИ

REVIEW OF STUDIES ON THE PROGRESSION OF HEPATIC FIBROSIS AFTER LIVER TRANSPLANTATION

K. Burtsev

Summary. Liver fibrosis occurs as a result of an overreaction of wound healing in most chronic liver diseases, such as hepatitis C. Despite significant advances in antiviral therapy in recent years, progressive liver fibrosis remains a serious problem for patients with recurrent hepatitis C after liver transplantation. Liver biopsy remains a central tool in the management of HCV transplant patients, but reliable non-invasive methods for assessing liver fibrosis, such as ultrasound elastography, are increasingly being incorporated into the management of patients after transplantation, helping to predict, make treatment decisions, and stratify patients for new types of antifibrotic therapy.

Keywords: cirrhosis, Fibrosis, HCV, Liver, Transplantation.

Бурцев Кирилл Юрьевич

Аспирант, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» (РУДН), г. Москва
kreshenj@gmail.com

Аннотация. Фиброз печени возникает в результате чрезмерной реакции заживления ран при большинстве хронических заболеваний печени, таких как гепатит С. Несмотря на значительные успехи в противовирусной терапии в последние годы, прогрессирующий фиброз печени остается серьезной проблемой для пациентов с рецидивирующим гепатитом С после трансплантации печени. Биопсия печени остается центральным инструментом в ведении пациентов с ВГС-трансплантатом, но надежные неинвазивные методы оценки фиброза печени, такие как ультразвуковая эластография, все чаще включаются в ведение пациентов после трансплантации, помогая прогнозировать, принимать решения о лечении и стратифицировать пациентов для новых видов антифибротической терапии.

Ключевые слова: цирроз, Фиброз, ВГС, Печень, Трансплантация.

Отложение фиброзной ткани в большинстве трансплантированных ВГС печени сильно ускоряется с развитием мостикового фиброза и цирроза у 20–54% в 5 лет и 32–51% в 7 лет [18], [8]. Причины для тщательного мониторинга прогрессирования фиброза после трансплантации печени включают:

плохую корреляцию между функциональными тестами печени и гистология, как у реципиентов HCV, так и у реципиентов без HCV [16]; в одном недавнем исследовании, в котором было взято 165 биопсий во время тестов нормальной функции печени, гистологические аномалии были обнаружены почти в одной трети биопсий (11,5% из которых были признаны клинически значимыми), включая жировую болезнь печени низкой степени / рецидивирующий гепатит С низкой стадии, первичный билиарный цирроз печени или центральный венулит [1];

обычно высокая скорость прогрессирования фиброза при трансплантации по сравнению с пациентами, не перенесшими трансплантацию, со средними годовыми темпами в диапазоне от 0,2 до 0,8 стадий метавира в год [17] по сравнению с 0,1–0,2 у иммунокомпетентных пациентов без трансплантации. Более того, прогрессирование фиброза часто не является линей-

ным и может иметь раннее экспоненциальное увеличение, а также позднее начало [4]. Фактически, отсутствие линейности было недавно подтверждено немарковским анализом, основанным на 901 оценке гистологического фиброза у 401 пациента [2]. Более того, эта модель показала, что риск прогрессирования снижался по мере увеличения времени, проведенного на данной стадии фиброза. Однако, более длительное время, необходимое для достижения этой стадии, не предсказывало риск прогрессирования на более высокую стадию. Другими словами, это указывает на то, что активность болезни изменяется во времени и что текущее время на данной стадии, а не предыдущее время на более ранних стадиях, является наиболее предсказуемым для будущего прогрессирования [2];

возможность предсказать результат. Действительно, ход прогрессирования, по-видимому, определяется на ранней стадии после трансплантации, а стадия фиброза в течение первого года, как было показано, тесно связана с последующим прогрессированием до цирроза, а также с выживаемостью трансплантата и пациента. Дополнительная информация, которая может быть использована для прогнозирования риска прогрессирования фиброза, включает степень некровоспаления при ранних биопсиях, возраст донора, вирусную на-

грузку, степень иммуносупрессии, а также сопутствующие осложнения, возникающие в течение первых месяцев после трансплантации, в основном желчные осложнения. В частности, степень некровоспаления помогает выявить лиц с повышенным риском прогрессирования фиброза и с нарушенной выживаемостью [11]. В целом, пациенты с хотя бы умеренным фиброзом (Metavir F ≥ 2) на первом году жизни имеют значительно больший риск развития цирроза и более низкую выживаемость трансплантата и пациентов, чем пациенты с минимальным или отсутствующим фиброзом;

ограниченная эффективность, но высокая токсичность противовирусных препаратов у реципиентов трансплантата [9], [3]. Различие между пациентами с медленным и быстрым прогрессированием фиброза позволит избежать ненужной противовирусной терапии у пациентов с ожидаемой хорошей долгосрочной выживаемостью, в то же время, требуя раннего лечения у пациентов с высоким риском прогрессирования заболевания;

повышение эффективности и снижение токсичности, если противовирусная терапия начинается на менее поздних стадиях фиброза, особенно до развития цирроза [3]. Примером этого является исследование одного центра, в котором более низкие показатели устойчивого вирусного ответа (УВО) были достигнуты у реципиентов, получавших лечение в более поздний период времени (2001–2005 гг.: n = 71, 42% по сравнению с 2006–2007 гг.: n = 36., 24%; p = 0,043). Одним из вероятных объяснений является большая доля пациентов, получающих лечение на поздних стадиях, что связано с более низкими показателями выведения вируса. В частности, из 22 пациентов с исходным циррозом печени только 4 (18%) достигли УВО, тогда как 34 из 83 (41%) пациентов без цирроза печени достигли УВО [3]. Повышенная частота УВО (с 25% до 54%) была позже достигнута в том же центре после того, как политика лечения была изменена, чтобы начать терапию на более низких стадиях фиброза (количество пациентов с циррозом снизилось с 20,5% до 7%) в сочетании с более высокими дозами рибавирина [3]. Другие показали, что среди 113 пациентов с частотой УВО 38% переносимость терапии значительно снизилась у пациентов со стадией фиброза ≥ 3 при исходной биопсии печени. В общей сложности 20% пациентов на поздней стадии умерли или были повторно трансплантированы из-за печеночной недостаточности по сравнению с 1% пациентов со стадией фиброза < 3 [13]. Пока неясно, сохранится ли то же самое в эпоху новых пероральных противовирусных препаратов прямого действия;

потенциальное сосуществование других поражений, некоторые из которых следует исключить до на-

чала противовирусной терапии с интерфероновыми режимами, такими как отторжение или аутоиммунитет [9]. В недавнем исследовании аутоиммунные признаки (в основном плазматический гепатит) в биоптатах печени, собранных перед терапией пег-интерфероном, были одним из основных факторов риска развития связанной с интерфероном тяжелой иммунопосредованной дисфункции трансплантата, характеризующейся явным гепатитом или отторжением плазматических клеток. [9].

Чтобы контролировать прогрессирование фиброза, большинство консенсусных конференций настоятельно рекомендуют выполнение протокольных биопсий печени через различные промежутки времени, практика, которая широко принята многими, хотя и не всеми бригадами трансплантологов. Идеальный интервал между биопсиями не установлен, но, учитывая сжатый естественный анамнез рецидива гепатита С, некоторые авторы рекомендуют ежегодные интервалы. Используются несколько гистологических баллов без доказательства превосходства одной из них. Добавление измерения HVPg может повысить точность диагностики, в частности, выявлять пациентов с высоким риском декомпенсации функции печени. В одном исследовании HVPg ≥ 6 мм рт.ст. через 1 год после трансплантации идентифицировали 12 (80%) из 15 пациентов с тяжелым рецидивом, тогда как только у девяти (60%) из них был значительный фиброз (F ≥ 2) в течение первого года биопсии [5]. Во втором исследовании у 4 из 13 (31%) реципиентов с портальной гипертензией (HVPg ≥ 6 мм рт. ст.) Наблюдалась декомпенсация, по сравнению с никем из 29 пациентов без портальной гипертензии [15]. Тесная корреляция между стадией фиброза и HVPg была описана в обоих исследованиях, а противоречивые результаты в основном были связаны с вариабельностью образцов биопсии и конкретными гистологическими особенностями, такими как перисинусоидальный фиброз, а не с ошибками при измерении HVPg.

Несмотря на свою неоспоримую ценность, биопсия имеет ограничения в популяции трансплантатов печени, что широко продемонстрировано на пациентах, не перенесших трансплантацию. Это инвазивный инструмент с небольшим, но, тем не менее, существующим риском заболеваемости и смертности, и не всегда приемлем для реципиентов трансплантата. Расчетная частота серьезных осложнений составляет 0,6%, а уровень смертности — 0,02%. Кроме того, ошибки в определении стадии фиброза возникают в результате вариабельности выборки, особенно при биопсии иглой недостаточной длины. Наконец, отсутствие опыта интерпретации биопсии трансплантата может привести к неправильной оценке стадии фиброза [14].

Специфическая антифибротическая терапия требуется пациентам, которые не избавляются от вируса и / или имеют дополнительные факторы риска прогрессирования фиброза. На протяжении многих лет клиническая разработка антифибротической терапии застопорилась, в основном из-за отсутствия (1) подходящих мишеней, (2) антифибротических агентов с высокой специфичностью и приемлемым профилем побочных эффектов и (3) чувствительных и специфических биомаркеров или технологии визуализации, отражающие фиброз печени и особенно фиброгенез. Таким образом, только 4 основных исследования были выполнены при ХГС, с подтвержденным биопсией прогрессированием фиброза

в качестве первичной конечной точки, тестированием IL-10, интерферона-γ, глитазона и интерферона-α, все они с неутешительными результатами [10], подчеркивая необходимость оптимизированного доклинического тестирования перед переводом в клинику [12]. Тем не менее, эта область набирает обороты после увеличения числа многообещающих мишеней и лекарств в результате высококачественных доклинических исследований, продолжающейся разработки и проверки улучшенных биомаркеров и методов визуализации фиброза и фиброгенеза, а также растущего интереса малых и крупных фармацевтических компаний на потенциально обширном рынке антифибротиков [6], [7].

ЛИТЕРАТУРА

1. Abraham S.C. et al. Histologic abnormalities are common in protocol liver allograft biopsies from patients with normal liver function tests //The American journal of surgical pathology. — 2008. — Т. 32. — № 7. — С. 965–973.
2. Bacchetti P. et al. Non-Markov multistate modeling using time-varying covariates, with application to progression of liver fibrosis due to hepatitis C following liver transplant //The international journal of biostatistics. — 2010. — Т. 6. — № 1.
3. Berenguer M. et al. Comparison of two non-contemporaneous HCV-liver transplant cohorts: strategies to improve the efficacy of antiviral therapy //Journal of hepatology. — 2012. — Т. 56. — № 6. — С. 1310–1316.
4. Berenguer M. et al. Delayed onset of severe hepatitis C — Related liver damage following liver transplantation: A matter of concern? //Liver transplantation. — 2003. — Т. 9. — № 11. — С. 1152–1158.
5. Blasco A. et al. Hepatic venous pressure gradient identifies patients at risk of severe hepatitis C recurrence after liver transplantation //Hepatology. — 2006. — Т. 43. — № 3. — С. 492–499.
6. Di Bisceglie A.M. et al. Prolonged therapy of advanced chronic hepatitis C with low-dose peginterferon //New England Journal of Medicine. — 2008. — Т. 359. — № 23. — С. 2429–2441.
7. Guha I.N. et al. Biomarkers of liver fibrosis: what lies beneath the receiver operating characteristic curve? //Hepatology. — 2011. — Т. 54. — № 4. — С. 1454–1462.
8. Lai J.C. et al. Hepatitis C virus–infected women have a higher risk of advanced fibrosis and graft loss after liver transplantation than men //Hepatology. — 2011. — Т. 54. — № 2. — С. 418–424.
9. Levitsky J. et al. Risk for immune-mediated graft dysfunction in liver transplant recipients with recurrent HCV infection treated with pegylated interferon //Gastroenterology. — 2012. — Т. 142. — № 5. — С. 1132–1139. e1.
10. McHutchison J. et al. Farglitazar lacks antifibrotic activity in patients with chronic hepatitis C infection //Gastroenterology. — 2010. — Т. 138. — № 4. — С. 1365–1373. e2.
11. Meriden Z. et al. Histologic predictors of fibrosis progression in liver allografts in patients with hepatitis C virus infection //Clinical gastroenterology and hepatology. — 2010. — Т. 8. — № 3. — С. 289–296. e8.
12. Popov Y., Schuppan D. Targeting liver fibrosis: strategies for development and validation of antifibrotic therapies //Hepatology. — 2009. — Т. 50. — № 4. — С. 1294–1306.
13. Roche B. et al. Hepatitis C virus therapy in liver transplant recipients: response predictors, effect on fibrosis progression, and importance of the initial stage of fibrosis //Liver transplantation. — 2008. — Т. 14. — № 12. — С. 1766–1777.
14. Rockey D.C. et al. Liver biopsy //Hepatology. — 2009. — Т. 49. — № 3. — С. 1017–1044.
15. Samonakis D.N. et al. Hepatic venous pressure gradient to assess fibrosis and its progression after liver transplantation for HCV cirrhosis //Liver Transplantation. — 2007. — Т. 13. — № 9. — С. 1305–1311.
16. Sebagh M. et al. Twenty-year protocol liver biopsies: Invasive but useful for the management of liver recipients //Journal of hepatology. — 2012. — Т. 56. — № 4. — С. 840–847.
17. Selzner N. et al. The difference in the fibrosis progression of recurrent hepatitis C after live donor liver transplantation versus deceased donor liver transplantation is attributable to the difference in donor age //Liver Transplantation. — 2008. — Т. 14. — № 12. — С. 1778–1786.
18. Yilmaz N. et al. A prospective evaluation of fibrosis progression in patients with recurrent hepatitis C virus following liver transplantation //Liver Transplantation. — 2007. — Т. 13. — № 7. — С. 975–983.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕЧЕНИЯ ХИРУРГИЧЕСКИХ БОЛЬНЫХ С УЧЕТОМ ПРИМЕНЕНИЯ МАЛОИНВАЗИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF TREATMENT OF SURGICAL PATIENTS TAKING INTO ACCOUNT THE USE OF MINIMALLY INVASIVE TECHNOLOGIES

**D. Volkov
Yu. Vinnik
Yu. Volkov
V. Sakovich**

Summary. The desire to improve the efficiency of treatment of surgical patients is a leading direction in the development of surgery. Currently, the transition to minimally invasive surgical interventions is taking place in most clinics in the world, which can be explained by the better final clinical result, as well as a more profitable and economically justified approach to surgical treatment. The transition to more gentle and cost-effective surgical methods occurs primarily because ineffective medical care can lead to an unreasonable deterioration in the health indicators of patients who are directly affected — both in terms of their well-being and in terms of their satisfaction with the work of the health care system as a whole. . . . In a broader sense, the inefficiency of one or another component of the health care system may become the reason why other patients will be denied treatment and health improvement, who, if resources were spent more efficiently, would receive the necessary medical services. This statement is true primarily for systems that operate within an assigned overall budget. More broadly, inefficiencies in the health care system can lead to a drain on resources from the best performing health sector.

Keywords: surgery, effective surgery, minimally invasive technologies.

Волков Даниил Юрьевич

К.м.н., врач-сердечно-сосудистый хирург, ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии», Красноярск

Винник Юрий Семёнович

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого», Красноярск

Волков Юрий Михайлович

*Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого», Красноярск
volkov_ym@mail.ru*

Сакович Валерий Анатольевич

Д.м.н. профессор, главный врач, ФГБУ «ФЦССХ» г. Красноярск; ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии», Красноярск

Аннотация. Стремление к повышению эффективности лечения хирургических больных является ведущим направлением в развитии хирургии. В настоящее время переход к малоинвазивным оперативным вмешательствам происходит в большинстве клиник мира, что можно объяснить лучшим конечным клиническим результатом, а также более выгодному и экономически обоснованному подходу к оперативному лечению. Переход к более щадящим и экономически выгодным оперативным методам происходит прежде всего потому, что нерезультативная медицинская помощь может привести к необоснованному ухудшению показателей здоровья пациентов, которые напрямую затронуты — как с точки зрения их самочувствия, так и с точки зрения их удовлетворенности работой системы здравоохранения в целом. В более широком смысле неэффективность тех либо других составляющих системы здравоохранения может стать причиной, по которой в лечении и улучшении состояния здоровья будет отказано иным пациентам, которые в случае более рационального расходования ресурсов получили бы нужные медицинские услуги. Данное утверждение справедливо в первую очередь для систем, которые действуют в рамках закрепленного общего бюджета. В более широком смысле неэффективность работы системы здравоохранения может привести к оттягиванию ресурсов из самого результативного сектора медицины.

Ключевые слова: хирургия, результативная хирургия, малоинвазивные технологии.

Оценка эффективности обладает многоплановым характером задач, которые решаются. На самом высоком уровне находится разработка государственной стратегии здравоохранения, где главным ориентиром считается экономический рост [1, 3, 14, 15]. Потом следует определение приоритетных направлений, а также

отбор из альтернативных программ. Из-за интенсивного роста медицинских технологий особое значение приобретает оценка эффективности лечебно-диагностических мероприятий. Определенная роль отводится исследованиям сравнительной результативности работы учреждений здравоохранения и определенных специалистов (рис. 1).



Рис. 1. Структура эффектов и затрат на рынке товаров и услуг здравоохранения

Эффективность — это степень достижения цели. Оценить эффективность, значит определить, насколько результат мероприятия, которое проводится или планируется, близок к желаемому.

Так, требования эффективности подразумевают такое соответствие структуры, а также функций, которое обеспечит получение самых высоких конечных результатов в сжатые сроки и с самыми малыми затратами сил и средств, либо укладывающиеся в рамки организационных задач. Чем больше частное от деления результатов на затраты, тем выше будет эффективность [2, 4, 5]. На данный момент, в эпоху развития миниинвазивных, видеоассистированных и эндоскопических операций, хирург стоит между сложным выбором того либо другого хирургического доступа. С одной стороны общепринятые принципы, которыми руководствуется хирург при выборе хирургического доступа, такими как анатомической и физиологической доступности, технической возможности, а также адекватной ревизии заинтересованных органов, и простоте исполнения для хирурга, а с другой стороны косметичность и атравматичность доступа, быстрая реабилитация и качество жизни после операции [6].

Несмотря на мировую тенденцию к минимизации хирургического доступа, до сих пор одним из наиболее часто используемых доступов к сердцу и органам средостения является полная продольная срединная стернотомия [7, 8, 16]. Использование срединной стернотомии обеспечивает хорошую визуализацию органов переднего средостения, удобство для хирурга и возможность расширения доступа при развитии осложнений. Такой доступ применяется при ишемической болезни сердца, приобретенных пороках аортального и митрального клапанов.

Однако в современных условиях применяются малоинвазивные доступы к сердцу, такие как министернотомия — при приобретенном пороке аортального клапана и торакотомия — при ишемической болезни сердца и приобретенном пороке митрального клапана. Принято говорить об эффективности малоинвазивных технологий.

Анализ эффективности, как правило, проводят с позиции “учреждения” и “программы” что соответствует анализу продуктивности и эффективности затрат [12].



Рис. 2. Виды эффективности в здравоохранении

В оценке работы ЛПУ используется медицинская, социальная и экономическая эффективность.

Центр медико-социальных исследований и подготовки кадров Саратовского государственного медицинского университета в учебно-методическом пособии «Контроль качества медицинской помощи» предлагает следующую схему (1997) и описание к ней для вышеуказанных видов эффективности (рис. 2).

Для оценки медицинской эффективности используют два рода показателей:

- ◆ общие показатели;
- ◆ специальные показатели.

Под общими показателями понимают оцениваемые статистически показатели исходов: выздоровление, улучшение, без изменения; ухудшение, смерть.

Специальные показатели отражают только возможности оказания медицинской помощи внутри каждой конкретной медицинской специальности, например, хирургия — показатели послеоперационной летальности, для онкологов это выживаемость после курса лечения и т.д.

Показатели социальной эффективности можно разделить на две группы:

- ◆ микросоциальные показатели (показатели удовлетворенности качеством медицинской помощи);
- ◆ макросоциальные показатели (уровень смертности, рождаемости, средней продолжительности жизни и т.д.), с помощью которых определяются результаты работы системы здравоохранения по социально-демографическим показателям.

Социальную эффективность характеризуют рост продолжительности жизни, снижение заболеваемости, снижение преждевременной смертности в расчете на вес или обслуживаемое население территорий. В целом социальную эффективность как достижение определенных результатов здоровья оценивают по критерию полезности затрат [9, 10, 11, 12].

Единым недостатком для общих и стандартизованных показателей смертности является то, что они смещают значимость проблем здоровья в сторону старших возрастов. Так, основной причиной смерти населения РФ являются заболевания сердечно-сосудистой системы, в то же время средний возраст умерших превышает показатель продолжительности жизни на 10 лет.

Преодолеть указанные недостатки, в какой-то мере позволяют показатели потенциальной демографии [13, 17].

Потерянные годы потенциальной жизни — показатель, характеризующий число лет жизни, потерянных вследствие преждевременной смертности и связанные с этим экономические последствия для региона или страны. Этот показатель может быть рассчитан для каждой болезни и, следовательно, использоваться для определения приоритетов в здоровье населения.

Все перечисленные показатели отражают только количество потерянных жизней или лет. В тоже время многие болезни не приводят непосредственно к смерти, но ухудшают качество жизни. Соответственно для определения приоритетов в выборе того или иного метода лечения необходим показатель, который отражал бы глобальное бремя болезни, объединяя потери вследствие преждевременной смертности и стойкой и временной нетрудоспособности, скорректировав их на качество жизни или степень трудоспособности.

Существуют две концепции, основанные на указанных принципах (Корчагин В.П., 1997).

QALY (Quality Adjusted Life Years) — годы жизни, скорректированные по качеству.

DALY — (Disability Adjusted Life Years) — годы жизни, скорректированные по нетрудоспособности.

Концепция QALY стала стандартным инструментом в оценке программ укрепления здоровья в середине

восемидесятых годов. В этом подходе основное внимание уделяется оценке с помощью сложных и дорогостоящих методов, потерь индивидуумом скорректированной по качеству жизни в связи со снижением физического умственного или социального статуса в течение определенного времени из-за различных причин.

Во избежание сложных и дорогостоящих процедур, связанных с расчетами индекса QALY, Мировым банком и Всемирной организацией здравоохранения был разработан другой подход к измерению глобального бремени болезней — DALY. Главная идея концепции DALY состоит в попытке качественной интегральной оценки состояния здоровья, принимая во внимание различные социальные роли в разных возрастах и их изменения с течением времени. Неотъемлемой частью концепции DALY является учет с помощью специальных коэффициентов, весомых социальных предпочтений состояния здоровья различных половозрастных групп населения.

Таким образом, используя концепцию расчетов QALY (Quality Adjusted Life Years) — годы жизни, скорректированные по качеству и DALY — (Disability Adjusted Life Years) — годы жизни, скорректированные по нетрудоспособности можно судить о преимуществах того или иного метода лечения с учетом длительности лечения, реабилитации и в, последующем, качестве жизни пациента. Это особенно актуально для определения экономической эффективности медицинского учреждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вартанян Ф.Е., Сомин М.П. Вопросы экономической оценки лечебно-диагностических мероприятий // *Здравоохранение Российской Федерации*. — 1991. — № 11. — С. 7–10.
2. Гиляревский С.Р. Оценка качества жизни больных ревматическим митральным пороком сердца после протезирования митрального клапана: Автореф. Дис. ... канд. мед. наук. — М., 1992.
3. Кохан Е.П. Оптимизация диагностики, лечения и профилактики инфекционных осложнений стернотомной раны у кардиохирургических больных / Е.П. Кохан, О.Н. Асанов, В.А. Потапов // *Материалы 3 Международного конгресса «Раны и раневые инфекции»*, Москва. — 2016. — С. 172–174.
4. Шейшенов, Ж.О. (13) Миниинвазивная хирургия сердца / Ж.О. Шейшенов // *Современные тенденции развития науки и технологий*. — 2016. — № 4–3. — С. 53–57.
5. Друкер П. Управление направленное на результаты. Пер. с англ. — М.: Технологическая школа бизнеса, 1994.
6. Жданов А.М. Экономический аспект перевода лечебно-профилактических учреждений Москвы на интенсивный способ развития // *Экономика здравоохранения*. — 1997. — № 6. — С. 23. — 25
7. Жуков В.А., Скворцов А.Ф. Стационарная помощь: медико-экономические тенденции и перспективы развития // *Экономика здравоохранения*. — 1997. — № 6. — С. 12–19.
8. Кадыров Ф.Н. Экономические механизмы снижения госпитализации // *Проблемы соц. гигиены и истории мед.* — 1997. — № 2. — С. 28–31.
9. Калининская А.А. Экономический эффект от рационализации использования коечного фонда стационаров // *Экономика здравоохранения*. — 2001. — № 3. — С. 23–26
10. Кравченко Н.А., Поляков И.В. Научное обоснование методологии прогнозирования ресурсного обеспечения здравоохранения России. М., 1998. -392 с.
11. Корчагин В.П. Финансовое обеспечение здравоохранения / М-во науки и технологий РФ, 1997. — 45 с.
12. Кулагина Э.Н. Введенская И.И. Многовариантность критериев оценок экономической эффективности в здравоохранении. *Здравоохранение РФ*. — 1998, № 5. С 36–39
13. Лисицын Ю.П. «Модус» здоровья Россиян // *Экономика здравоохранения*. — 2001. — № 2. — С. 32–37

14. Самородская И.В. Научно обоснованная экономика здравоохранения // Экономика здравоохранения. — 2001. — № 3. — С. 18–20
15. Conviser, Richard. "A Brief History of the Oregon Health Plan and its Features.", June 1997.
16. Almdahl, S.M. Avoidance of noninfectious sternal dehiscence: figure-of-8 wiring is superior to straight wire closure / S.M. Almdahl, P. Halvorsen, T. Veel, S.E. Rynning // Scand Cardiovasc J. — 2013. — Vol. 47, — P. 247–250.
17. Falagas M.E. Impact of vacuum-assisted closure (VAC) therapy on clinical outcomes of patients with sternal wound infections: a meta-analysis of nonrandomized studies / M.E. Falagas, G.S. Tansarli, A. Kapaskelis, K.Z. Vardakas // PLoS One. — 2013. — Vol. 8, — P.74–86.
18. Vogt P.R. (21) Significant reduction of sternal wound infection in cardiac surgical patients / P.R. Vogt, A. Darral, P.A. Berdat [et al.] // Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. Сердечно-сосудистые заболевания. — 2019. — № 4. — Том 20. — С. 368–378.

© Волков Даниил Юрьевич, Винник Юрий Семёнович (volkov_ym@mail.ru),
 Волков Юрий Михайлович, Сакович Валерий Анатольевич.
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Г. Красноярск

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ: ИММУНОПАТОГЕНЕЗ СИНДРОМА ДЛИТЕЛЬНОГО СДАВЛЕНИЯ

LITERATURE REVIEW: IMMUNOPATHOGENESIS OF LONG-TERM COMPRESSION SYNDROME

*Yu. Kabartieva
A. Mollaeva*

Summary. The article provides a review of the literature, according to which, to date, there are sufficiently convincing data indicating the pathogenetic significance of changes in the innate and adaptive immunity system in the syndrome of prolonged compression (SDS). This position is a “starting point” when starting the use of immunocorrection means in the complex treatment of such a serious condition as prolonged compression syndrome.

Keywords: congenital and adaptive immunity, prolonged compression syndrome, plasma.

Кабартиева Юлдуз Абдулхаликовна

Ассистент, Дагестанский Государственный
Медицинский Университет, г. Махачкала
kabartiyeva@list.ru

Моллаева Асма Магомедовна

Ассистент, Дагестанский Государственный
Медицинский Университет, г. Махачкала
asma.mollayeva.76@mail.ru

Аннотация. В статье дается обзор литературы, согласно которому, на сегодняшний день существуют достаточно убедительные данные, свидетельствующие о патогенетической значимости изменений в системе врождённого и адаптивного иммунитета при синдроме длительного сдавления (СДС). Это положение является “точкой отсчёта” при сновании применения средств иммунокоррекции в комплексном лечении такого тяжёлого состояния, как синдром длительного сдавления.

Ключевые слова: врожденные и адаптивный иммунитет, синдром длительного сдавления, плазма.

Реперфузия ишемизированной мышечной ткани при синдроме длительного сдавления по истечении одного и более часа индуцирует тяжёлую генерализованную эндотоксемию, плазмопотерию, болевой шок и полиорганную недостаточность с ведущей ролью острой почечной недостаточности. Эти события не могут не сказаться на состоянии системы врождённого и адаптивного иммунитета. Более того, эти изменения являются крайне важными в течении и клиническом исходе синдрома длительного сдавления. Известно, что степень тяжести, прогноз и исход синдрома длительного сдавления во многом зависит от состояния общей реактивности организма, где ведущая роль принадлежит системе иммунитета [1]. Показано, что при краш-синдроме в эксперименте лимфоидные органы, печень, лёгкие инфильтрируются нейтрофилами и мононуклеарными клетками вплоть до клеточных агрегатов, возрастает уровень миелопероксидазы (МПО), ненасыщенных жирных кислот, обуславливающих формирование оксидативного стресса [2]. Гемодинамические изменения в органах иммунной системы, усиление эндотоксикоза у больных с сочетанной и множественной травмой, сопровождающейся рабдомиолизом, связано с высоким содержанием в сыворотке крови провоспалительных цитокинов — ИЛ-1 β , ИЛ-6, γ -ИФ, что свидетельствует о выраженности воспалительной реакции при синдроме длительного сдавления [3]. Продукты распада тканей, травматическая

токсемия, а также микробные антигены активируют клетки иммунной системы, что сопровождается существенным увеличением уровня сывороточных провоспалительных цитокинов (ИЛ-1, ИЛ-6, ТНФ- α), активацией клеток макрофагально-моноцитарного ряда, сопряжённой с увеличением продукции микробицидной миелопероксидазы (МПО), активацией CD3+CD4+ и CD3+CD8+клеток [2]. Гипермиоглобулинемия на этапе реваскуляризации сдавленных тканей коррелирует с индукцией патогенетически значимого ответа системы адаптивного иммунитета на этот антиген.

Крайне важны результаты исследований экспрессии TLR рецепторов на клетках врождённого иммунитета (дендритных клетках, макрофагах, естественных киллерах) при синдроме длительного сдавления. На экспериментальных моделях СДС показана патогенетическая роль селективной экспрессии TLR2, TLR4 и TLR9 рецепторов на клетках макрофагально-моноцитарного ряда и на лимфоцитах. Эта экспрессия сопряжена с достоверным увеличением пролиферативной активности спленоцитов и продукцией провоспалительных цитокинов (ИЛ-1, ТНФ- α), Th1+CD4+субпопуляцией лимфоцитов [5]. Весьма интересны данные, касающиеся вовлечённости клеток и рецепторов врождённого иммунитета в патогенез СДС. Показано, что супрессия пролиферативного ответа спленоцитов *in vitro* на мышечной модели компрессионной травмы сопряжена

с TLR4- и TLR9-NF-kB сигнальными путями. Одновременно, авторы показывают вовлечённость TLR2+ и TLR4+ спленоцитов в начальные этапы системного воспаления и адаптивного иммунного ответа при СДС, однако этот ответ не зависел от TLR9+спленоцитов, подчёркивая тем самым селективность функционального предназначения TLR-рецепторов [6].

Эти и другие данные важны с той точки зрения, что индукция антиген-специфического иммунного ответа и продукции провоспалительных цитокинов при СДС возможна при условии активации клеток врождённого иммунитета через упомянутые TLR рецепторы.

Патогенетическая общность системного воспаления и транзиторной активации врождённого и адаптивного иммунитета при СДС доказана многими экспериментальными работами по СДС. В частности, высокие дозы дексаметазона, уменьшающие выраженность воспаления при СДС, а также ингибирующие транзиторную активацию врождённого и адаптивного иммунитета, достоверно снижают смертность крыс по истечении 48 часов после реперфузии [7]. Тяжёлые формы СДС связаны с выраженной стресс-реакцией, сопровождающейся гиперпродукцией гормонов надпочечников — кортикостероидов и катехоламинов и, как следствие, формированием транзиторного вторичного иммунодефицита. Очевидно, что система адаптивного и врождённого иммунитета являются важными компонентами патогенеза СДС.

Иммуногистохимические исследования показали, что степень тяжести компрессионной травмы мышц на экспериментальных моделях связана с увеличением гистологических зон воспалительной клеточной инфильтрации и фиброза, усилением продукции провоспалительных цитокинов — ИЛ-1 β , ИЛ-6 и TNF- α in situ и наличием признаков активации макрофагов и фибробластов [8].

СДС различной степени тяжести сопровождается активацией клеток макрофагально-моноцитарного ряда (CD14+, CD68+), а также клеток адаптивного иммунитета, в частности субпопуляций Т-лимфоцитов — CD3+CD4+ и CD3+CD8+клеток [95, 121, 150]. Пик инфильтрации макрофагами места повреждения — на 2–5 день посткомпрессионного периода, а лимфоцитами — на 7 день [3]. Компрессионная травма индуцирует повышенную экспрессию антигенов I и II классов гистосовместимости (МНС) на клетках макрофагально-моноцитарного ряда, что является стимулом для индукции антиген-специфического адаптивного иммунного ответа на продукты рабдомиолиза [6]. Этот ответ имеет некоторые признаки аутоиммунного на основании фактов, согласно которым при травматическом повреждении,

в частности, нервной ткани гиперпродукция провоспалительных цитокинов TNF- β , ИЛ-6 и ИЛ-22 индуцирует синтез ИЛ-17 Т-клетками, принимающих участие в т.ч. и в индукции аутоиммунитета и воспаления [5]. Гипермиоглобулинемия, на этапе реваскуляризации сдавленных тканей, сопровождается индукцией патогенетически значимого ответа системы адаптивного иммунитета на эти антигены. Через несколько часов после компрессионной травмы констатируется гиперпродукция провоспалительных цитокинов (ИЛ-1 β , TNF- α , ИЛ-6, ИФ- γ). Эти цитокины, взаимодействуя с рецепторами эндотелия, стимулируют хемотаксис нейтрофилов в место повреждения. Именно эти клетки выполняют основную “нагрузку” в отношении фагоцитоза клеточного и тканевого детрита и, активируясь, продуцируют микробицидную миелопероксидазу (МПО), выступающую в качестве важного компонента экстрацеллюлярных механизмов противомикробной защиты фагоцитирующих клеток [4]. С учётом представленных данных в настоящее время в комплекс лечебных мероприятий при СДС рекомендуется включать препараты, ингибирующие активность провоспалительных цитокинов [3].

В клетках печени, лёгких и почек после 12-часовой компрессии нижних лапок крыс определяются разрывы ДНК, что свидетельствует о значительной роли генетических изменений токсемической этиологии в патогенезе СДС [7]. Этот процесс сопряжён со снижением внутриклеточного синтеза белков — в цитозольном компартменте на 32,7%, в митохондриях — на 49%. Значительна роль апоптоза в генезе СДС. TUNEL-анализ показал, что на мышинной модели ишемии/реперфузии камбаловидной мышцы мышей существенно возрастает уровень апоптотических телец в клетках почек и миоцитах. Доказательством усиления процессов апоптоза и их связи с оксидативным стрессом при СДС является повышение уровней мРНК таких молекул клеточной активации и стресса, как COX-2, C-FOS, Hsp70, а также ИЛ-6 [2]. В лейкоцитах, инфильтрирующих зону повреждения пик апоптоза наблюдается в первый день СДС, что позволило авторам сделать вывод о том, что степень тяжести компрессионной травмы коррелирует с локальными репаративными процессами [5]. Также показано увеличение активности каспаз 3 и 12, ферментов апоптоза, при экспериментальной компрессионной травме [6].

Показано, что при экспериментальном краш-синдроме индуцируется повышенный синтез ядерного протеина макрофагов — HMGB1. Этот протеин связывается с TLR4 макрофагов и, активируя эти клетки, вынуждает их продуцировать экстремально высокие уровни сывороточного TNF- α , который принимает активное участие в процессах посттравматического воспаления [8].

Таким образом, на сегодняшний день существуют достаточно убедительные данные, свидетельствующие о патогенетической значимости изменений в системе врождённого и адаптивного иммунитета при СДС. Это положение является "точкой отсчёта" при обосновании применения средств иммунокоррекции в комплексном лечении такого тяжёлого состояния, как СДС.

Однако интерпретация имеющихся данных об изменениях параметров иммунной системы позволяет оценить колебания показателей в зависимости от степени тяжести и периода развития СДС. Безусловно, иммунопатогенетическая оценка этого тяжёлого состояния будет намного полнее при одновременном анализе досто-

верных корреляционных связей изученных показателей. Известно, что патофизиологический анализ не может быть достаточно полноценным без учёта взаимосвязей и патогенетической интерпретации показателей всех органов и систем организма, в т.ч. и системы иммунитета. В медицине наиболее удобный метод оценки взаимосвязей — это корреляционный анализ. И хотя известно, что наличие достоверных корреляционных связей ещё не является доказательством причинно-следственных взаимоотношений, тем не менее, их наличие позволяет сделать предварительные выводы о некоторых патофизиологических закономерностях изучаемых явлений [1]. Именно такой подход и использовался в настоящей работе при анализе полученных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Власов В.В. Эпидемиология. М. ГЭОТАР-Медиа, 2006; с. 272–76.
2. Genthon A.L., Wilcox S.R. Crush syndrome: a case report and review of the literature // J. Emerg. Med. — 2014 — V.46 — № 2 — P. 313–319.
3. Yang H., Hreggvidsdottir H.S., Palmblad K. et al. A critical cysteine is required for HMGB1 binding to Toll-like receptor 4 and activation of macrophage cytokine release // Proc. Nat. Acad. Sci. USA — 2010 — V.107 — № 26 — P. 1942–1947.
4. Stratos I., Graff J., Rotter R. et al. Open blunt crush injury of different severity determines nature and extent of local tissue regeneration and repair // J. Orthop. Res. — 2010 — V.28 — № 7 — P. 950–957.
5. Harvey E.J., Sanders D.W., Shuler M.S. et al. What s new in acute crush-syndrome? // J. Cardiovasc. Thorac. Res. — 2012 — V.4 — № 4 — P. 119–122.
6. Bunn J.R., Canning J., Burke G. et al. Production of consistent crush lesions in murine quadriceps muscle — a biomechanical, histomorphological and immunohistochemical study // J. Orthop. Res. — 2004 — V. 22 — № 6 — P. 1336–1344.
7. Кудлай Д.А., Ефремов А.В., Начаров Ю.В. и др. Провоспалительные цитокины сыворотки крови больных с сочетанной и множественной травмой, сопровождающейся рабдомиолизом. // Вестник Российской Военно-медицинской академии — 2007 — Т. 17 — № 1 — С. 49–52.
8. Sgarby M.W., Silva B.A., Peres C.M. et al. Leukocyte infiltration in lung, muscle and liver after limb compression in rats // Pahtophysiology — 2013 — V.20 — № 2 — P. 111–116.

© Кабартиева Юлдуз Абдулхаликовна (kabartiyeva@list.ru), Моллаева Асма Магомедовна (asma.mollayeva.76@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МОНИТОРИНГ ПАЦИЕНТОВ, СТРАДАЮЩИХ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ

MONITORING OF PATIENTS WITH CARDIOVASCULAR DISEASES

**N. Koriagina
G. Spasnikov
A. Avdeev
S. Shulkina
V. Koryagin
O. Melekhova
K. Prokhorov**

Summary. The problem of adequate antithrombotic therapy is considered when the INR time is in the therapeutic range of 70% or more. In the course of the study, the low efficiency and safety of patronage of patients taking vitamin K antagonists by general practitioners of medical institutions was illustrated. The total time spent by patients in the therapeutic range of INR for 2 years of follow-up was 36.9%, while increasing the risk of hemorrhagic and thromboembolic complications. The study proved the high clinical efficiency of the centralized INR monitoring system in the patronage of patients taking vitamin K antagonists, regardless of the distance of the patient from the medical institution. The average residence time of the INR in the therapeutic range obtained under the conditions of the system was 71.3%, which corresponds to the best world indicators. During its existence, the algorithm of the system's functioning has been repeatedly modified, the software complex of the system has been improved and refined. As a result, the monitoring system has become an effective, socially adapted tool for the prevention of thromboembolic complications in patients with cardiovascular diseases.

Keywords: international normalized ratio, warfarin, monitoring, diseases of the circulatory system, thrombosis.

Корягина Наталья Александровна

*Д.м.н., профессор, Пермский государственный
медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера;
главный терапевт Минздрава Пермского края
nina11–85@mail.ru*

Спасников Григорий Николаевич

*Соискатель, Пермский государственный
медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера;
врач-кардиолог
spy5502@mail.ru*

Авдеев Алексей Викторович

*К.м.н., доцент, Пермский государственный
медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера
svenav@mail.ru*

Шулькина Софья Григорьевна

*Д.м.н., доцент, Пермский государственный
медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера
shulkina-s@mail.ru*

Корягин Владимир Сергеевич

*Пермский государственный медицинский
университет им. академика Е.А. Вагнера
vladimirkoryagin12@gmail.com*

Мелехова Оксана Борисовна

*Ассистент, Пермский государственный
медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера
o.melekhova@yandex.ru*

Прохоров Кирилл Владимирович

*Соискатель, Пермский государственный
медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера,
врач-кардиолог
kirpro059@mail.ru*

Аннотация. Проблема адекватной анти тромботической терапии считается при значении времени МНО в терапевтическом диапазоне 70% и более. В ходе проведенного исследования была проиллюстрирована низкая эффективность и безопасность патронажа пациентов, принимающих антагонисты витамина К, врачами общей практики лечебно-профилактических учреждений. Итоговое время нахождения пациентов в лечебном диапазоне МНО за 2 года наблюдения было 36,9%, увеличивая при этом риск возникновения геморрагических и тромбоемболических осложнений. В исследовании была доказана высокая клиническая эффективность системы централизованного мониторинга МНО при патронаже пациентов, принимающих антагонисты витамина К. Именно при такой форме взаимодействия между врачом-специалистом и пациентом достигается эффективная профилактика тромбоемболических осложнений у пациентов с искусственными клапанами сердца, тромбозом глубоких вен и нарушением ритма сердца независимо от удаленности пациента от лечебного учреждения. Полученное в условиях системы среднее время нахождения МНО в терапевтическом диапазоне составило 71,3%, что соответствует



Актуальность

Существует множество различных определений понятия «телемедицина». Непосредственно ВОЗ использует следующее: «Телемедицина — это предоставление услуг здравоохранения в условиях, когда расстояние является критическим фактором, работниками здравоохранения, использующими ИКТ для обмена необходимой информацией в целях диагностики, лечения и профилактики заболеваний и травм, проведения исследований и оценок, а также для непрерывного образования медицинских работников в интересах улучшения здоровья населения и развития местных сообществ». Активное использование систем телемедицины в медицинских организациях экономически развитых стран (Италии, Канады, Англии, Германии) позволило [1–11]:

- ◆ существенно улучшить комплаентность к лечению;
- ◆ увеличить процент пациентов, которые активно используют системы домашнего самоконтроля;
- ◆ значительно уменьшить частоту госпитализации;
- ◆ улучшить показатели психологического и социального состояния пациентов;
- ◆ снизить летальность от сердечно-сосудистыми заболеваниями на 20–25%;
- ◆ увеличить количество пациентов, удовлетворенных качеством предоставляемых медицинских услуг;
- ◆ повысить информированность больных о своем заболевании;
- ◆ существенно снизить экономические потери при оказании медицинской помощи.

В современном мире телемедицина широко используется для контроля и мониторинга целого ряда различных параметров жизнедеятельности человека, таких как частота сердечных сокращений, артериальное давление, различных лабораторных показателей крови и др. Часто для этих целей используются специализированные имплантируемые устройства, такие как кардиовертеры-дефибрилляторы, электрокардиостимуляторы, позволяющие передавать необходимых показатели о состоянии пациента и функционировании имплантированной системы. Повышение доступности

лучшим мировым показателям. За время своего существования алгоритм функционирования системы неоднократно модифицировался, программный комплекс системы совершенствовался и дорабатывался. В результате система мониторинга стала эффективным, социально-адаптированным инструментом профилактики тромбоэмболических осложнений у пациентов с сердечнососудистыми заболеваниями.

Ключевые слова: международное нормализованное отношение, варфарин, мониторинг, болезни системы кровообращения, тромбозы.

квалифицированной медицинской группам населения, проживающим в удаленных районах, сельской местности, нетранспортабельным пациентам является одним из важных достоинств систем телемедицины. [12]

С выходом на пенсию, люди вступают в период жизни, который характеризуется высоким риском возникновения различных хронических заболеваний, с которыми сопряжена не только потеря здоровья, но и увеличение экономических затрат. В этом случае, системы телемедицины, способные обеспечить дистанционный контроль за состоянием человека может стать одним из важных аспектов контроля за состоянием здоровья человека, имеющих отношение к профилактике и лечению данных заболеваний.

Доля пожилого населения неуклонно растет и по данным статистике к 2021 году будет составлять до 25% населения земного шара. Данный факт будет еще больше стимулировать развитие систем телемедицины и увеличивать их актуальность. Имеющейся накопленный мировой опыт позволяют уверенно утверждать о высокой эффективности методов телемедицины у пациентов пожилого возраста. К примеру, в одном из рандомизированных исследований посвященном использованию методов телемедицины было выявлено улучшение качества контроля уровня глюкозы крови при у пожилых лиц с сахарным диабетом в регионах, которые были признаны «получающими недостаточное медицинское обслуживание».

Методы телемедицины позволяют качественно улучшить реабилитацию больных, которым необходима психофизиологическая или психиатрическая помощь. Сеанс телемедицины обеспечивает аудиовизуальное общение между пациентом и врачом, что обеспечивает психологическую реабилитацию и ускоряет физическую реабилитацию. Психофизиологическое состояние пациент существенно улучшается за счет того, что он перестает чувствовать себя больным, одиноким и беспомощным. [13]

Появляется уверенность в себе и позитивных перспективах. Примером подобного вида медицинской

помощи является воздействие на психологический статус родителей тяжелобольных детей. Применение систем телемедицины в педиатрии позволило снизить уровень тревожности родителей. Весьма актуален данный вид помощи при поддержке и реабилитации пациентов после проведенных оперативных вмешательств [14]

Информационные технологии позволяют организовывать консультационную поддержку в оказании квалифицированной медицинской помощи при различных чрезвычайных ситуациях со стороны специалистов крупных медицинских центров. А также обеспечивают информационную поддержку различных мероприятий в области организации здравоохранения, клинического аудита и т.п. [15]

Телемедицина становится обыденным элементом нашей повседневной жизни. Онлайн-запись к врачам стала привычной, у многих пациентов есть доступ в личный кабинет, где они могут ознакомиться с результатами анализов, рекомендациями по лечению. [16]

Методы телемедицины позволяют консультировать удаленно, избежать высокочрезвычайной транспортировки тяжелобольных, в два раза снизить количество госпитализаций в реанимацию. [17]

Таким образом, информационные технологии находят достойное применение в современной медицине, и отмечается тенденция к быстрому развитию рынка телемедицинских услуг. Наиболее востребованным видом услуг данного рынка является предоставление телемедицины в режиме реального времени, что объясняется удобством и простотой понимания для пациентов и относительно меньшими затратами на обеспечение данного вида помощи. Сокращение временных и финансовых издержек обуславливает увеличение количества стран, вовлеченных в рынок телемедицины, в том числе и России.

Существуют следующие зарубежные интернет-ресурсы, которые облегчают работу с такими пациентами [18]:

- ◆ программа Warfarin Dosing, разработанная в Washington University, St. Louis, США;
- ◆ программа Dawn clinical, разработанная 4S Information Systems Ltd, UK (программа имеет возможность создавать единую базу данных, регистрировать пациентов, автоматически рассчитывать дозы препаратов, планировать даты следующего визита пациента и т.д.);
- ◆ PARMA 5 (Program for Archiving Refertation and Monitoring Anticoagulants), разработанная Instrumentation Laboratory SpA, Milan, Italy (по-

зволяет создавать единую базу данных пациентов, автоматически рассчитывать дозу препаратов, обеспечивает динамический мониторинг соотношения дозировки).

Данные ресурсы позволяют информировать пациентов о дозе варфарина, дате и времени следующего анализа, а также держать оперативную связь с лечащим врачом. Они уже давно используются в зарубежном здравоохранении и зарекомендовали себя как эффективный инструмент для повышения качества и безопасности патронажа пациентов, принимающих варфарин. Однако представленные программы невозможно в чистом виде перенести в отечественное здравоохранение.

Они не являются зарегистрированными медицинскими изделиями на территории России и не отвечают в полной мере Федеральному закону № 242 от 29.07.2017 «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам применения информационных технологий в сфере охраны здоровья» и приказу Минздрава РФ № 965н от 30.11.2017 «Об утверждении порядка организации и оказания медицинской помощи с применением телемедицинских технологий».

Кроме того, указанные программы имеют ряд существенных недостатков: не позволяют оценивать правильность соблюдения пациентом назначений; отсутствует документированное подтверждение о доставке рекомендаций до пациента; невозможность работы с препаратом фенилин.

Работа с любым программным продуктом не исключает появление тех или иных негативных событий, многие из которых принципиальны при оказании помощи в рамках телемедицины. К сожалению, ряд возможных рисков представленные программные продукты не позволяют исключить или снизить до уровня, при котором соотношение риска к тяжести вреда будет незначительным, и/или вероятность наступления события будет реже, чем частая [19].

Таким образом, представленные программы способны существенно облегчить работу практикующего врача, но не позволяют создать полноценный алгоритм работы с пациентами, принимающими антагонисты витамина К, который был бы одновременно и высокоэффективным, и безопасным.

Требуется разработка и внедрение новых алгоритмов мониторинга МНО, основанных на информационных технологиях и методах персонализированной медицины.

Это должен быть системный подход, позволяющий решать целый ряд проблем организационного плана и соблюдать ряд принципиальных требований:

- ◆ стандартизация определения МНО в рамках всего региона, в котором будет осуществляться мониторинг, с целью минимизации возможных отклонений результатов анализа при сдаче в разных лабораториях;
- ◆ доступность определения МНО. Должны быть созданы условия, при которых пациенты имеют возможность сдавать кровь для анализа МНО в любом лечебном учреждении региона (независимо от места регистрации пациента);
- ◆ возможность получения квалифицированной врачебной консультации по коррекции дозы антогонистов витамина К в день сдачи анализов пациентом;
- ◆ возможность экстренного реагирования медперсонала в случае возникновения жизнеугрожающих ситуаций у пациента, связанных с приемом непрямых антикоагулянтов;
- ◆ наличие электронной истории болезни с регистрацией всех входящих и исходящих данных, наличием подтверждения о получении рекомендаций пациентами;
- ◆ быть социально адаптированным к Российским условиям здравоохранения и учитывать типологию пациентов;
- ◆ работа системы должна отвечать всем требованиям Российского законодательства;
- ◆ риск возникновения возможных негативных событий и/или соотношение риска к тяжести вреда здоровья, которые могут возникнуть при работе системы, должны быть сведены к минимуму возможного.

Только при соблюдении всех указанных условий можно будет создать по-настоящему эффективную и безопасную систему мониторинга пациентов, позволяющую значительно снизить смертность и инвалидизацию населения от тромбоэмболических осложнений, одновременно повышая и качество жизни пациентов. [20]

Безусловно, клиническая и социальная эффективность системы должны быть тесно связаны с экономической эффективностью. Ее работа должна значимо сократить бюджетные расходы, связанные с затратами на лечение тромбоэмболических осложнений и организацию патронажа пациентов. Непрямые антикоагулянты должны оставаться самым доступными антикоагулянтами. Затраты на их прием, с учетом качественного мониторинга, должна быть существенно меньше, чем себестоимость приема прямых пероральных антикоагулянтов. [21]

Значимую экономию денежных средств обеспечит централизация всего алгоритма патронажа пациентов, за счет значительно снижения издержек, связанных с увеличением масштаба производства. Централизованное определение МНО в специализированных лабораторных центрах с использованием роботизированных систем при должном уровне сервиса практически исключает появление ошибок на аналитическом этапе определения необходимого лабораторного показателя при одновременном повышении объема исследований и достоверности результатов. Еще более значимую экономию обеспечит создание Федерально-центра мониторинга МНО. Подобная вертикализация телемедицинской системы позволит создать более гибкую архитектуру всей системы организации мониторинга пациентов, обеспечит возможность оперативно реагировать на любые ошибки в функционировании системы, создавать расширенные статистические анализы, позволит с меньшими затратами интегрировать сторонние сервисы.

Всё вышеизложенное позволит обеспечить разработку и внедрение принципиально нового алгоритма ведения пациентов, основанного на внедрении инновационных и информационных технологий с элементом персонализации и отвечающего Государственной программе развития здравоохранения.

Материалы и методы

Работа выполнялась в период с 2015 по 2020 год. Исследование соответствует этическим стандартам и нормам в соответствии с Хельсинской декларацией Всемирной ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2000 г., а также согласно «Правилам клинической практики в Российской Федерации», утвержденным Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 г. № 266. Включенными в исследование пациентами было подписано информированное согласие на участие в работе.

Работа была проведена в три этапа: 1 этап представлял собой эпидемиологическое обсервационное исследование, которое по дизайну являлось одномоментным поперечным срезом. На данном этапе с помощью портативного анализатора у 531 пациента, выбранных случайным образом, в августе 2012 года было произведено одномоментное определение МНО. Возраст пациентов колебался в диапазоне 28–82 года и в среднем составил $61,5 \pm 12,42$. Распределение по нозологии представлено в таблице 1.

Все пациенты принимали варфарин более одного года и наблюдались врачами местных лечебно-профи-

Таблица 1. Распределение по нозологии

Показатель	Причина назначения антогонистов витамина К		
	Неклапанная фибрилляция предсердий	Наличие искусственных клапанов сердца	Перенесенный эпизод ВТЭО
Количество больных	278	135	118

Таблица 2. Распределение по нозологии

Показатель	Причина назначения антогонистов витамина К		
	Неклапанная фибрилляция предсердий	Наличие искусственных клапанов сердца	Перенесенный эпизод ВТЭО
1 подгруппа -пациенты наблюдались в условиях системы централизованного мониторинга МНО	345	136	132
2 подгруппа -пациенты наблюдались в амбулаторных условиях у врачей по месту жительства.	165	62	84

лактических учреждений. У всех пациентов с помощью портативного коагулометра Coaguchek XS производилась оценка МНО. В зависимости от заболевания терапевтическими значениями МНО признавался диапазон 1,9–3,1 для пациентов с перенесенным тромбозом глубоких вен, фибрилляцией предсердий, наличием аортального искусственного клапана, 2,4–3,6 — для пациентов с искусственным митральным клапаном.

Данный «срез качества» представляет собой один из методов определения среднего времени нахождения МНО в терапевтическом диапазоне -одномоментная оценка на определенную выбранную дату. В расчет принимаются данные от последнего, ближайшего к выбранной дате (предшествующего ей) исследования каждого больного, наблюдаемого на данный момент. Так, если из 100 наблюдаемых больных на определенный период времени у 70 их них ближайшее к этой дате значение МНО находится в целевом диапазоне, показатель составляет 70%. Представленная одномоментная оценка позволила определить среднее время нахождения пациентов в терапевтическом диапазоне МНО в масштабах области.

2 этап работы — разработка и внедрение системы централизованного мониторинга МНО;

3 этап работы — представляет собой проспективное когортное исследование. На протяжении 2-х лет проводилось наблюдение за 924 пациентами, получавшими варфарин с целью профилактики тромбоэмболических осложнений. Все пациенты наблюдались амбулаторно. Критерием исключения являлось наличие ограничения в общении вследствие когнитивных нарушений.

В зависимости от заболевания, по поводу которого были назначены антогонисты витамина К, все пациенты были разделены на 3 нозологических группы. В свою очередь, в зависимости от согласия администрации лечебно-профилактического учреждения (ЛПУ), к которому были прикреплены пациенты на участие в системе централизованного мониторинга МНО, каждая нозологическая группа больных была разделена на две подгруппы: 1 — пациенты наблюдались в условиях системы централизованного мониторинга МНО.

2 — пациенты принимали варфарин и патронировались врачами лечебных учреждений по месту жительства исследуемых. Распределение по нозологии представлено в таблице 2.

Контроль показателей МНО у пациентов 1 подгруппы, в среднем, осуществлялся два раза в месяц: один раз — при условии нахождения двух предыдущих значений МНО в терапевтическом диапазоне; 2 и более раза в месяц — при возникновении необходимости корректировки дозы препарата. Данные всех пациентов регистрировались в электронной истории болезни, с указанием значений МНО, дозы препарата, осложнений. Для учета незарегистрированных тромбоэмболических и геморрагических осложнений каждые полгода у пациентов проводился сбор анамнеза.

У пациентов 2 подгруппы частоту контроля МНО и коррекцию дозы антагонистов витамина К определяли врачи лечебно-профилактических учреждений. Раз в год осуществлялся анализ значений МНО за прошедший год, указанных в амбулаторной карте пациентов и журнале регистраций результатов анализов МНО

Таблица 3. Сравнительная характеристика основной и контрольной групп

Признак		1 подгруппа (n -132)	2 подгруппа (n -84)	Значимость различий
Мужчины	Количество	50	31	
	Возраст (года)	55,50±11,26	58,04±12,86	p>0,05
	С ТЭЛА (количество)	28	14	p=0.343
	Имплант. кавафилтр. (количество)	22	12	p=0.640
Женщины	Количество	82	53	
	Возраст	59,92±14,08	61,25±13,42	p>0,05
	с ТЭЛА (количество)	49	23	p=0.063
	Имплант. кавафилтр. (количество)	33	20	p=0.771

Таблица 4. Сравнительная характеристика основной и контрольной групп

Признак		1 подгруппа (n -345)	2 подгруппа (n -165)	Значимость различий
Пол	Мужчины	186 (53,9%)	89 (53,9%)	p=0.996
	Женщины	159 (46,1%)	76 (46,1%)	p=0.996
Возраст (года)		65,5 ± 8,6	64,7 ± 7,7 лет	p>0,05
Шкала CHA2DS2VASc		3,7±1,09.	3,4±0,99;	p>0,05
Риск кровотечений по шкале HAS-BLED		1,3±0,41.	1,2±0,30.	p>0,05
Сопутствующая	Артериальная гипертензия	247 (71,6%)	124 (75,1%)	p=0.399
	Сахарный диабет	54 (15,6%)	28 (17%)	p=0.705
	Хроническая сердечная недостаточность	74 (21,4%)	27 (16,4%)	p=0.178
	Инфаркт миокарда в анамнезе.	34 (9,8%)	19 (11,5%)	p=0.566
	ОНМК в анамнезе	38 (11,0%)	16 (9,7%)	p=0.651

в конкретном ЛПУ. Каждые шесть месяцев у пациентов проводился сбор анамнеза на предмет выявления и оценки различных осложнений (тромбоэмболических и геморрагических). Если был зафиксирован эпизод госпитализации пациента в стационар, то дополнительно анализировалась выписка пациента из стационара. Классификация геморрагических осложнений осуществлялась по принципу, предложенному S. Fihn и соавт. Кровотечение относили к большим, если возникала необходимость трансфузии эритроцитарной массы, в случае возникновения забрюшинных или внутричерепных кровотечений, а также случаи, когда требовалось оперативное вмешательство. Во всех остальных случаях кровотечение относили к категориям малых. Летальность оценивалась по данным, указанным в протоколах патологоанатомического вскрытия и/или медицинском свидетельстве о смерти. [22]

По окончании каждого календарного года и по завершению исследования у пациентов в обеих подгруп-

пах определялось среднее время нахождения МНО в терапевтическом диапазоне по методу Rosendaal. Дополнительно была произведена оценка коэффициента вариации результатов МНО, который определялся по формуле $U=(y/X_{ср}) \times 100\%$, где y — среднее квадратическое отклонение, $X_{ср}$ — средняя арифметическая вариационного ряда [23].

За все время работы из исследования выбыло десять пациентов по причине летальных исходов. Анализ полученных результатов осуществлялся при помощи программы прикладного статистического анализа STATISTICA for Windows (версия 10). Клинические характеристики представлены с помощью методов описательной статистики (медиана, минимальные и максимальные значения, доли в процентах). Различия признавали статистически значимыми при $p<0,05$.

Проведен анализ результатов наблюдения за 216 больными, которые получали варфарин после перене-

Таблица 5. Сравнительная характеристика основной и контрольной групп

Признак		1 подгруппа (n -136)	2 подгруппа (n -62)	Значимость различий
Пол	Мужчины	72 (52,9%)	30 (48,4%)	p=0.553
	Женщины	64 (47,1%)	32 (51,6%)	p=0.553
Возраст (года)	Мужчины	51,68±13,86	54,21±12,53	p>0,05
	Женщины	60,56±9,98	55,04±12,00	p>0,05
Митральный клапан		49 (36,03%)	24 (38,71%)	p=0.717
Аортальный клапан		69 (50,74%)	33 (53,23%)	p=0.746
Сочетание 2-х клапанов (МК+АК; МК+ТК)		18 (13,23%)	5 (8,06%)	p=0.293
ХСН ФК (NYHA)	II ФК	92 (67,65%)	46 (74,19%)	p=0.353
	III ФК	44 (32,35%)	16 (26,81%)	p=0.353
Сопутствующая	Артериальная гипертензия	70 (51,5%)	37 (59,7%)	p=0.283
	Сахарный диабет	9 (6,6%)	2 (3,2%)	p=0.334
	Инфаркт миокарда в анамнезе.	2 (1,5%)	1 (1,6%)	p=0.940
	ОНМК в анамнезе	2 (1,5%)	-	p=0.338
	Фибрилляция предсердий	52 (38,2%)	26 (41,9%)	p=0.622

сенного проксимального венозного тромбоза. Во всех случаях антогонисты витамина К были назначены на неопределенно долгий срок в связи с имплантированными кавафилтрами и/или рецидивирующим характером тромбоза, и/или в связи с перенесенной ТЭЛА (субмассивной или массивной). Сравнительная характеристика основной и контрольной групп приведена в таблице 3.

Проведен анализ результатов наблюдения за 510 больными с фибрилляцией предсердий, получавшими антогонисты витамина К с целью профилактики кардиоэмболических инсультов и системных эмболий. Ни у кого из пациентов не было протезов клапанов сердца. В исследовании не участвовали пациенты с наличием хронической сердечной недостаточности ПБ-Шст. Сравнительная характеристика основной и контрольной групп приведена в таблице 4.

В исследование включено 198 обследуемых лиц с искусственными клапанами сердца. Ни у кого из пациентов не были имплантированы биологические клапаны сердца. Сравнительная характеристика основной и контрольной групп приведена в таблице 5.

Автором была разработана и внедрена в лечебный процесс система централизованного мониторинга МНО (система централизованного мониторинга пациентов, принимающих антагонисты витамина К), представляющая собой новую клиничко-лабораторную модель, функция которой направлена на повышение эффективности и безопасности терапии антагониста-

ми витамина К у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями.

При разработке указанной системы было выделено 4 основных этапа:

1 этап — обеспечение возможности качественного и достоверного определения протромбинового времени (ПВ) и международного нормализованного отношения во всех лечебных учреждениях.

2 этап — создание условий, при которых пациент сможет узнать результат анализа и рекомендации врача по коррекции дозировки антогонистов витамина К в день сдачи анализа крови на МНО.

3 этап — разработка специализированного программного продукта, позволяющего врачу-специалисту в режиме реального времени отслеживать и анализировать значение МНО с сохранением всех полученных результатов (дат исследования, значений МНО, дозы принимаемого препарата, назначений врача) на сервере в электронной истории болезни с автоматическим построением графика зависимости «доза-МНО» для каждого пациента.

4 этап — создание условий, при которых составляющие разработанного алгоритма будут функционировать как единое целое.

При организации первого этапа была произведена централизация определения анализа крови на МНО.

Принято решение о доставке в назначенный день биоматериала для определения МНО в специализированных вакутейнерах из всех лечебных учреждений в единый центр определения показателя крови МНО, созданный на базе частного медицинского учреждения. Для обеспечения аналитического этапа в едином центре используется современное высокотехнологичное автоматическое оборудование — автоматический анализатор показателей гемостаза «СА-660» (Sysmex, Япония), позволяющий с высокой точностью производить определение уровня МНО в течение короткого интервала времени — в течение 3–5 минут. В работе анализатора используются высокочувствительные реагенты компании «Siemens» (Германия), обладающие высокой степенью сходимости, воспроизводимости.

Для экстренного определения анализа крови на МНО и/или выполнения анализа в незапланированные дни дополнительно в каждое лечебное учреждение были поставлены портативные коагулометры CoaguChek XS. Данный аппарат характеризуется высокой точностью определения МНО. Сравнение результатов определения МНО на CoaguChek XS с результатами, полученными при параллельном определении лабораторным эталонным методом, показало хорошее совпадение данных. В терапевтическом диапазоне коэффициенты вариации (CV) составили <4,5% для капиллярной и <3,5% — для венозной крови [24].

Подобный подход к определению МНО позволил стандартизировать методику определения. Необходимость стандартизации была обусловлена тем, что множественные коммерческие тромбопластины от разных фирм-производителей с различной чувствительностью реагировали на снижение в плазме крови факторов свертывания. В связи с этим результаты анализов, полученные у пациентов, принимающих варфарин, могли существенно отличаться друг от друга. [25]

Для пациентов были созданы условия, при которых они (независимо от места регистрации) имеют возможность сдавать кровь в любом лечебном учреждении. Для их идентификации лишь необходимо сообщить лаборанту свой индивидуальный код участника системы.

На втором этапе при выборе типа информационно-взаимодействия пациента с врачом были определены требования к средству связи:

- ◆ доступность;
- ◆ отсутствие привязки к определенному месту или территории;
- ◆ возможность передачи голосовой и текстовой информации;

- ◆ поддержка конфиденциальности медицинской информации.

Единственным видом информационного взаимодействия, который полностью удовлетворяет поставленным требованиям, является общение с пациентом посредством мобильной связи (сотовая связь). Согласно исследованию eMarketer, уровень распространения мобильной связи в России в 2014 году составляет 80%, а в городах центрального федерального округа этот показатель приближается к 100%. Учитывая изложенное, было принято решение передавать сообщения с результатами МНО и новой дозой препарата посредством SMS сообщений (Short Message Service — «служба коротких сообщений») -технология, позволяющая осуществлять приём и передачу коротких текстовых сообщений с помощью сотового телефона.

Важным аспектом SMS является тот факт, что сообщения можно отправлять, используя специальные программы, на телефоны абонентов из Интернета и из других сетей (пейджинговых, Фидонет, x.25 и др.), что позволят быстро и эффективно информировать большую группу людей. В качестве дублирующего канала связи был выбран Интернет, также позволяющий передавать данные в виде SMS сообщений.

Выбрав SMS-сообщения в виде основного типа передачи данных была проведена работа по определению основных угроз нарушения SMS-сервиса, в результате которой определено 2 основные опасности: угроза конфиденциальности информации, передаваемой в тексте сообщения, а также искажение SMS-сообщений в части адреса отправителя.

Для минимизации рисков возникновения указанных угроз было принято решение о передаче данных по сертифицированному расширенному защищенному каналу связи с SSL (Secure Sockets Layer — уровень защищенных сокетов) — шифрованием, что обеспечивает повышенную степень конфиденциальности передаваемых данных. В этом случае данные передаются по протоколу HTTPS (HyperText Transfer Protocol Secure) в «криптографически упакованном» виде (протокол SSL). Такой способ защиты используется при передаче данных в приложениях, в которых важна безопасность соединения, например, в платежных системах.

Для реализации защиты SMS-сообщений используются программные комплексы, реализующие рассмотренный алгоритм кодирования. Реализация может быть выполнена как непосредственно на мобильных устройствах абонентов сети в виде программного продукта либо в виде дополнительного функционала программного обеспечения виртуального оператора связи.

Таблица 6. Расчет себестоимости ведения одного пациента в условиях системы

Амортизация оборудования	61
Определение МНО (на одного человека 2 раза в месяц)	500
Заработный фонд	204
Связь (мобильная голосовая, мобильная SMS, сообщения через интернет)	12
Обслуживание сервера, системное администрирование.	15
Обслуживание консультативной «горячей» линии для пациентов	10
Транспортные и командировочные расходы	27
Управленческие расходы	85
Аренда	86
ИТОГО	1000 рублей

На третьем этапе организации системы был разработан программный комплекс, который должен был стать центральным элементом системы централизованного мониторинга МНО. В начале создания указанного комплекса были определены основные требования к программе:

- ◆ регистрация пациентов с формированием электронной истории болезни;
- ◆ обеспечивать планирование забора анализов у отдельных пациентов и у всех пациентов, состоящих на учете в контролируемых лечебных учреждениях;
- ◆ позволять в реальном времени отслеживать и интерпретировать результаты МНО;
- ◆ обеспечивать информирование пациента о результате МНО и скорректированной дозе препарата;
- ◆ отвечать всем действующим ГОСТам Российской Федерации;
- ◆ передача данных в системе должна осуществляться по сертифицированному, защищенному каналу связи;
- ◆ работа программы должна отвечать требованиям закона РФ «О персональных данных» № 152-ФЗ.

В ходе тестовой работы разработанной программы возможности последней были существенно расширены.

Большое внимание при разработке программного комплекса было уделено вопросам безопасности и сохранения приватности данных, проходящих через систему.

На 4 этапе планирования системы была выработана оптимальная схема взаимодействия между собой всех составляющих системы централизованного мониторинга МНО. По линии комитета и фонда обязательного медицинского страхования были разработаны приказы и тарифы, регламентирующие работу системы.

Результаты и выводы

Полученные в ходе исследования результаты находят подтверждение в иностранных научных исследованиях, в которых наглядно демонстрируется прямая связь между уменьшением эффективности профилактики тромбоэмболических осложнений и временем нахождения МНО в лечебном диапазоне [26].

Согласно литературным данным, адекватной антитромботической терапией считается при значении времени МНО в терапевтическом диапазоне 70% и более. В ходе проведенного исследования была проиллюстрирована крайне низкая эффективность и безопасность патронажа пациентов, принимающих антагонисты витамина К, врачами общей практики лечебно-профилактических учреждений. Итоговое время нахождения пациентов в лечебном диапазоне МНО за 2 года наблюдения было 36,9%, что практически полностью сводит на нет позитивный эффект от приема антитромботических препаратов, увеличивая при этом риск возникновения геморрагических и тромбоэмболических осложнений. Необходимо также отметить, что динамика изменений значений МНО в группе пациентов, патронирующихся вне системы, имела выраженный нелинейный характер. Коэффициент вариации средних значений МНО равнялся 41,4%, что существенно увеличивает риск различных осложнений при терапии антагонистами витамина К.

В ходе проведенного исследования была доказана высокая клиническая эффективность системы централизованного мониторинга МНО при патронаже пациентов, принимающих антагонисты витамина К. Именно при такой форме взаимодействия между врачом-специалистом и пациентом достигается эффективная профилактика тромбоэмболических осложнений у пациентов с искусственными клапанами сердца, тромбозом глубоких вен и нарушением ритма сердца независимо от удаленности пациента от лечебного учреждения. Полученное в условиях системы среднее время нахождения

МНО в терапевтическом диапазоне составило 71,3%, что соответствует лучшим мировым показателям. Данные, полученные в ходе зарубежных исследований, показывают, что повышение ВТД на 24,5% позволяет уменьшить количество ишемических инсультов в 1,82 раза, а смертность от тромботических осложнений — в 2,88 раза. Благодаря введенной системе централизованного мониторинга МНО показатель ВТД увеличился на 36,9%.

Важно отметить и высокую согласованность в работе врачей системы мониторинга и медперсоналом амбулаторно-поликлинических учреждений. В случае возникновения жизнеугрожающих ситуаций у пациентов, принимающих антагонисты витамина К, персонал системы мониторинга активно участвует в организации оказания помощи пациентам. Обязательно ставится в известность медперсонал лечебного учреждения, к которому прикреплен пациент, включая административных работников. Для этой цели в системе мониторинга предусмотрена база личных и рабочих телефонов медперсонала, работающего в лечебных учреждениях, включенных в систему. Все мероприятия обязательно мониторируются во времени и фиксируются в электронной истории болезни.

Система централизованного мониторинга позволяет не только эффективно предупреждать тромбозоболоческие осложнения и участвовать в организации неотложных мероприятий пациенту, но и в ряде случаев она позволяет компенсировать недостаточную информированность врачей общей практики в вопросах варфаринотерапии. Это подтверждается показателями среднего времени нахождения МНО в терапевтическом диапазоне, частотой тромбозоболоческих осложнений, летальности у пациентов в системе мониторинга. Оценивая клинические ситуации, с которыми ежедневно сталкивается врач системы, можно заключить, что система активно участвует в жизни пациента, принимающего непрямые антикоагулянты, и помогает своевременно решать проблемы, связанные с приемом варфарина.

За время своего существования алгоритм функционирования системы неоднократно модифицировался, программный комплекс системы совершенствовался и дорабатывался. В результате система мониторинга стала эффективным, социально-адаптированным инструментом профилактики тромбозоболоческих осложнений у пациентов с сердечнососудистыми заболеваниями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Владимирский А.В. Телемедицина: монография / А.В. Владимирский. — Донецк: Цифровая тип., 2011. — 437 с.
2. Довгалевский П.Я. Инновационная медицинская технология амбулаторного лечения артериальной гипертензии на основе компьютерной Internet-системы и мобильной телефонной связи / П.Я. Довгалевский, В.И. Гриднев, А.Р. Киселев // *Соврем. мед. технологии.* — 2008. — № 1. — С. 91–93.
3. Информационные технологии в медицине / под ред. Г.С. Лебедева, О.В. Симакова, Ю.Ю. Мухина. — М.: Радиотехника, 2010. — 152 с.
4. Контроль артериального давления у больных гипертензией в первичном звене здравоохранения. Анализ данных регистра артериальной гипертензии / О.М. Посненкова [и др.] // *Кардиоваскуляр. терапия и профилактика.* — 2012. — Т. 11, № 3. — С. 4–11.
5. *Caring for people with chronic conditions: A health system perspective* / ed.: E. Nolte, M. McKee. — England, Berkshire: Open University Press, 2011. — 290 p.
6. Randomized controlled trial of an implantable continuous hemodynamic monitor in patients with advanced heart failure: the COMPASS-HF study / R.C. Bourge [et al.] // *J. Amer. Coll. Cardiol.* — 2008. — Vol. 51, Iss. 11. — P. 1073–1079.
7. The cost-effectiveness of computer-assisted anticoagulant dosage: results from the European Action on Anticoagulation (EAA) multicentre study / S. Jowett [et al.] // *J. Thromb. Haemost.* — 2009. — Vol. 7, Iss. 9. — P. 1482–1490.
8. Clinical effectiveness and cost-effectiveness of different models of managing long-term oral anticoagulation therapy: a systematic review and economic modeling / M. Connock [et al.] // *Health Technol. Assess.* — 2007. — Vol. 11, Iss. 38. — P. iii-iv, ix-66.
9. A multicentrerandomised assessment of the DAWN AC computer-assisted oral anticoagulant dosage program / L. Poller [et al.] // *Thromb. Haemost.* — 2009. — Vol. 101, Iss. 3. — P. 487–494.
10. Incidence of stroke in paroxysmal versus sustained atrial fibrillation in patients taking oral anticoagulation or combined antiplatelet therapy: an ACTIVE W Substudy / S. Hohnloser [et al.] // *J. Am. Coll. Cardiol.* — 2007.
11. *Caring for people with chronic conditions: A health system perspective* / ed.: E. Nolte, M. McKee. — England, Berkshire: Open University Press, 2011. — 290 p.
12. Кропачева Е.С. Фармакогенетика варфарина // *Атеротромбоз.* — 2015. — № 1. — С. 107–111.
13. Информационные технологии в медицине: (тематич. науч. сб.) // под ред. Г.С. Лебедева, О.В. Симакова, Ю.Ю. Мухина. — М.: Радиотехника, 2010. — 152 с.
14. Васильков В.Г. Телекоммуникационные технологии и развитие службы медицины критических состояний / В.Г. Васильков, А.И. Сафронов // *Информ. технологии.* — 2000. — № 6. — С. 48–50. (99)
15. Ардашев Андрей Вячеславович, Шляхто Евгений Владимирович, Арутюнов Григорий Павлович, Беленков Юрий Никитич Национальные рекомендации по определению риска и профилактике внезапной сердечной смерти // *Клиническая практика.* 2018. (2 издание)
16. Козлова А.С. Тенденции развития телемедицины и ее влияние на страховой рынок России / А.С. Козлова, Д.С. Тараскин // *Вестн. Саратов. гос. соц.-эконом. ун-та.* — 2018. — № 2 (71). — С. 144–148.

17. Almeman A.A. Impact of Computer-Aided Warfarin Dosing in a Saudi Arabian Cardiac Centre / A.A. Almeman, S. Rasool // *Trop. J. Pharm. Res.* — 2013. — Vol. 12, Iss. 6. — P. 1065–1070.
18. Друпкина О. Ожирение в практике врача-кардиолога / О. Друпкина, О. Корнеева, В. Ивашкин // *Врач.* — 2005. — № 1. — С. 45–47.
19. Проблемы организации терапии непрямыми антикоагулянтами в амбулаторных условиях / Е.В. Гаврисюк [и др.] // *Вестн. Росздравнадзора.* — 2012. — № 1. — С. 28–33.
20. Моисеев В.С., Мухин Н.А., Смирнов А.В., Кобалава Ж.Д., Бобкова И.Н., Виллевалде С.В., Ефремовцева М.А., Козловская Л.В., Швецов М.Ю., Шестакова М.В., Арутюнов Г.П., Бойцов С.А., Галявич А.С., Гринштейн Ю.И. Сердечно-сосудистый риск и хроническая болезнь почек: стратегии кардио-нефропротекции // *РКЖ.* 2014. № 8 (112).
21. Сульдина О.В. Эффективность как критерий результативности работы предприятия // *Перспективы науки и образования.* — 2014. — № 4 (10). -С. 162–166.
22. Risk factors for complications of chronic anticoagulation. A multicenterstudy. Warfarin Optimized Outpatient Follow-up Study Group / S.D. Fihn [et al.] // *Ann. Intern. Med.* — 1993. — Vol. 118, Iss. 7. — P. 511520.
23. A method to determine the optimal intensity of oral anticoagulant therapy / F.R. Rosendaal [et al.] // *Thromb. Haemost.* — 1993. — Vol. 69, Iss. 3. -P. 236–239.
24. Evaluation of the CoaguChek XS Plus system in a Swiss community setting / A. Deom [et al.] // *Thromb. Haemost.* — 2009. — Vol. 101, Iss. 5. — P. 988990.
25. The prothrombin time/international normalized ratio (PT/INR) Line: derivation of local INR with commercial thromboplastins and coagulometers — two independent studies / L. Poller [et al.] // *J. Thromb. Haemost.* — 2011. -Vol. 9, Iss. 1. — P. 140–148.
26. Safety and efficacy of well managed warfarin. A report from the Swedish quality register Auricula / V. Sjogren [et al.] // *Thromb. Haemost.* — 2015. -Vol. 113, Iss. 6. — P. 1370–1377.

© Корягина Наталья Александровна (nina11-85@mail.ru), Спасенков Григорий Николаевич (spy5502@mail.ru),
 Авдеев Алексей Викторович (svenav@mail.ru), Шулькина Софья Григорьевна (shulkina-s@mail.ru),
 Корягин Владимир Сергеевич (vladimirkoryagin12@gmail.com), Мелехова Оксана Борисовна (o.melekhova@yandex.ru),
 Прохоров Кирилл Владимирович (kirpro059@mail.ru).
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ РАЗВИТИЯ НАЧАЛЬНЫХ ПРИЗНАКОВ ВЕНОЗНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ, СВЯЗАННОЙ С ИНТРАОПЕРАЦИОННЫМ ПОВРЕЖДЕНИЕМ БОЛЬШОЙ ПОДКОЖНОЙ ВЕНЫ ПРИ ОПЕРАТИВНОМ ЛЕЧЕНИИ ПЕРЕЛОМОВ ЛОДЫЖЕК И ГОЛЕНИ

PREVENTION OF THE DEVELOPMENT OF INITIAL SIGNS OF VENOUS INSUFFICIENCY ASSOCIATED WITH INTRAOPERATIVE DAMAGE TO THE LARGE SAPHENOUS VEIN IN THE SURGICAL TREATMENT OF ANKLE AND LOWER LEG FRACTURES

**E. Kukushkin
V. Midlenko
O. Midlenko**

Objective: to assess the probability of developing initial signs of venous insufficiency when restoring the integrity of the large saphenous vein damaged during surgical treatment of fractures of the ankle and lower leg and without its restoration.

Materials and methods. We observed 215 patients with closed fractures of the lower and middle third of the lower leg and ankle, who were operated at the G.A. Zakharyin State Medical Institution KB No. 6 in Penza from 2016 to 2018. The patients were divided into 3 groups. In all the patients we observed in the postoperative period, the presence and dynamics of clinical and instrumental signs of venous insufficiency were evaluated.

Results of the study. In patients operated on for fractures of the ankles and lower third of the lower leg, in the case of iatrogenic damage to the great saphenous vein in the postoperative period, the initial signs of venous insufficiency develop, which was confirmed clinically and by the data of instrumental studies. If the integrity of the vessel was restored immediately after the completion of the main stages of the operation, venous insufficiency did not develop.

Keywords: venous insufficiency, large saphenous vein, fracture of the ankles and lower third of the lower leg.

Кукушкин Евгений Петрович

Аспирант, Ульяновский Государственный Университет; Врач травматолог-ортопед, врач ультразвуковой диагностики, ГБУЗ клиническая больница № 6 имени Г.А. Захарьина, г. Пенза
ker131289@gmail.com

Мидленко Владимир Ильич

Заслуженный работник высшей школы РФ, директор, Институт медицины, экологии и физической культуры; д.м.н., профессор, Ульяновский государственный университет

Мидленко Олег Владимирович

Директор, Инзенский филиал Ульяновского государственного университета; профессор, Ульяновский государственный университет

Аннотация. Цель исследования: оценить вероятность развития начальных признаков венозной недостаточности при восстановлении целостности большой подкожной вены, поврежденной при оперативном лечении переломов лодыжки и голени и без ее восстановления.

Материалы и методы. Наблюдали 215 пациентов с закрытыми переломами нижней и средней трети голени и лодыжки, которые были оперированы в ГБУЗ КБ № 6 им. Г.А. Захарьина г. Пенза с 2016 по 2018 гг. Пациенты были разделены на 3 группы. У всех наблюдавшихся нами пациентов в послеоперационном периоде оценивались наличие и динамика клинических и инструментальных признаков венозной недостаточности.

Результаты исследования. У пациентов, оперированных по поводу переломов лодыжек и нижней трети голени, в случае ятрогенного повреждения большой подкожной вены в послеоперационном периоде развиваются начальные признаки венозной недостаточности, что подтверждалось клинически и данными инструментальных исследований. Если целостность сосуда восстанавливалась сразу после завершения основных этапов операции, венозная недостаточность не развивалась.

Ключевые слова: венозная недостаточность, большая подкожная вена, перелом лодыжек и нижней трети голени.

Введение

В большинстве случаев травматологические операции, выполняемые на нижних конечностях, при переломах лодыжек, нижней и средней трети голени, в силу анатомических особенностей зоны вмешательства, создают условия для ятрогенного повреждения большой подкожной вены в месте, где она проходит около внутренней лодыжки. [14, с. 417]. В настоящее время травматологи практически не придают этому значения и при повреждении большой подкожной вены ограничиваются гемостазом, путём ее перевязки [9]. Это неизбежно приводит к нарушению кровотока и развитию начальных признаков венозной недостаточности нижней конечности. В этом случае, при хорошей консолидации перелома и отсутствии серьёзных проблем со стороны костной системы, у пациентов все же ухудшается качество жизни из-за развивающейся венозной недостаточности нижней конечности. [3]. Поэтому, представляется целесообразным уделять внимание профилактике ятрогенных повреждений большой подкожной вены. С точки зрения специалистов, располагающих опытом хирургического лечения пациентов, перенесших ятрогенную травму сосудов, нельзя ограничиваться только констатацией факта возникновения сосудистого осложнения и остановкой кровотечения, в современных условиях необходимо стремиться к восстановлению целостности поврежденного сосуда. [5,8,11].

Актуальность проблемы

В доступной для изучения литературе, как отечественных, так и зарубежных авторов, в настоящее время недостаточно раскрыта проблема развития начальных признаков венозной недостаточности нижних конечностей после интраоперационного повреждения большой подкожной вены при операциях по поводу закрытых переломов нижней трети голени и внутренней лодыжки. [12,16]. Безусловно, роль подкожных вен (совместно малой и большой) в оттоке крови от нижних конечностей составляет не более 10%, и основной путь возврата крови осуществляется по глубоким венам. Также установлено, что основной причиной развития хронической венозной недостаточности при переломах костей нижних конечностей следует считать развитие тромбоза глубоких вен нижних конечностей с формированием посттромботической болезни [13,15]. Основной, но не единственной. В связи с этим, в нашей работе акцент сделан на 10% изменений в поверхностных венах, роль которых, как нам кажется, недооценена.

Цель исследования

Оценить вероятность развития начальных признаков венозной недостаточности при восстановлении

целостности большой подкожной вены, поврежденной при оперативном лечении переломов лодыжки и голени и без ее восстановления.

Материалы и методы

Тип проводимого исследования: аналитическое.

Мы наблюдали 215 пациентов с закрытыми переломами нижней и средней трети голени и лодыжки, которые были оперированы в клинической больнице № 6 им. Г.А. Захарьина, города Пенза в период с 2016 по 2018 гг. в возрасте от 18 до 89 лет (54 ± 35 лет). Соотношение мужчин и женщин было: 55% и 45% соответственно.

Критериями исключения из исследования были наличие открытых травм, консервативное ведение пациентов, имеющиеся признаки венозной недостаточности или посттравматические тромбозы вен нижних конечностей. Всем пациентам в предоперационном периоде выполнялось ультразвуковое исследование сосудов нижних конечностей с целью оценки скорости кровотока и проходимости по глубоким и перфорантным венам, а также с целью исключения тромбов. [6,10]. Все пациенты получали комплекс мероприятий согласно протоколу профилактики тромбообразования.

В первой, ретроспективной, группе сравнения были 78 человек (средний возраст пациентов $46 \pm 2,9$ лет), у которых произошло интраоперационное повреждение большой подкожной вены.

Вторую группу (контрольную) сравнения составили 112 пациентов (средний возраст $44 \pm 2,1$ лет), у которых во время операции не было повреждения большой подкожной вены, в основном при использовании авторских методик.

Третья, группа составлена из 25 пациентов (средний возраст пациентов $43 \pm 2,4$ лет) с ятрогенным повреждением большой подкожной вены во время операции, но целостность сосуда была восстановлена путём наложения сосудистого шва.

У всех наблюдавшихся нами пациентов в послеоперационном периоде оценивались наличие и динамика клинических признаков венозной недостаточности, к которым относятся появление сосудистых звездочек, ночные мышечные судороги, отеки стопы и голени, утомляемость ног. Всем пациентам проводились стандартные лабораторные исследования, в том числе исследование свертывающей системы крови. Продолжались профилактические мероприятия по предотвращению образования тромбов. С целью объективизации

данных пациентам проводилось ультразвуковое исследование венозной системы нижних конечностей с помощью аппарата Medison SonoAcex 8.

Изначальное отсутствие признаков венозной недостаточности подтверждалось клинически и данными ультразвукового исследования. На уровне нижней трети голени, на 5 см выше внутренней лодыжки оценивались диаметр большой и малой подкожных вен здоровой и повреждённой конечностей и скорость кровотока по указанным сосудам, также оценивалась проходимость глубоких и поверхностных вен.

Ни у одного из наблюдавшихся пациентов не было признаков наличия тромбов глубоких вен.

Оперативное лечение проводилось под спинальным обезболиванием. Операция выполнялась в объёме восстановления анатомического соотношения костных структур с фиксацией металлоконструкциями. Восстановление повреждённой большой подкожной вены проводилось после завершения основных этапов операции путем сшивания конец в конец, при выраженном отёке тканей в 9 случаях потребовалась мобилизация сосуда на небольшом протяжении.

В послеоперационном периоде, во время нахождения пациентов в стационаре при ежедневных осмотрах оценивались жалобы, характеристики кожных покровов, измерялись окружности в области голеностопного сустава, нижней трети голени и стопы, ультразвуковое исследование. При ультразвуковом исследовании сосудов нижних конечностей, как поверхностных, так и глубоких вен, у пациентов в послеоперационном периоде (на 1-й день после операции, на 3-й день и за день до выписки) отмечалось отсутствие каких-либо достоверно подтвержденных изменений в глубоких венах, хотя изменения в поверхностных венах были уже заметны.

Статистический анализ полученных данных проводили с применением программы Statistica 6,0. Все данные приведены в виде средних арифметических значений и их стандартного отклонения ($M \pm m$). Статистический анализ осуществляли с помощью t-критерия Стьюдента для данных с нормальным распределением. Для сравнения дискретных величин применяли непараметрические критерии: для несвязанных выборок — парный критерий Манна–Уитни, для связанных — критерий Уилкоксона. Достоверность коэффициентов различий принимали при значении $p < 0,05$. [1].

Результаты исследования

У пациентов, оперированных по поводу переломов лодыжек и нижней трети голени в случае ятрогенного

повреждения большой подкожной вены в послеоперационном периоде развиваются начальные признаки венозной недостаточности, что подтверждалось клинически и данными инструментальных исследований. У пациентов с интраоперационным повреждением большой подкожной вены отмечалось увеличение ее диаметра с $3,4 \pm 0,83$ мм до $3,75 \pm 0,72$ мм в послеоперационном периоде ($p=0,029$) и снижение скорости с $7,3 \pm 1,2$ см/с до $6,9 \pm 0,96$ см/с ($p=0,034$) при восстановлении сосуда, вплоть до полного отсутствия кровотока при повреждении сосуда, без восстановления скорости кровотока. Менялся диаметр малой подкожной вены, увеличиваясь с $3,0 \pm 0,16$ мм до $3,28 \pm 0,14$ мм ($p=0,017$) при наличии интраоперационного повреждения, при отсутствии интраоперационного повреждения большой подкожной вены с $3,0 \pm 0,16$ мм до $3,1 \pm 0,15$ мм ($p=0,013$). Скорость кровотока в малой подкожной вене менялась не столь значительно: от $2,8 \pm 0,17$ см/с до $3,0 \pm 0,12$ см/с ($p=0,018$) соответственно.

В первой группе сравнения самой частой жалобой была отмечена быстрая утомляемость (61,2%). Ночные судороги беспокоили 38,8% пациентов. Отёчность конечности отмечали 20,4% больных, у 12,6% появились «сосудистые звёздочки». Увеличение окружности голени, стопы и области голеностопного сустава определялось у 90,3% пациентов.

Анализ данных пациентов второй группы сравнения (контрольной) показал, что статистически достоверных отличий с предыдущей группой в части болевого синдрома не было: 3,88% в первой группе и 3,74% во второй группе соответственно ($p=0,0354$). Но в части признаков венозной недостаточности картина была совершенно другая. Так, отёчность конечности отмечали только 8,4% пациентов, а такие показатели, как быстрая утомляемость, ночные судороги и появление «сосудистых звёздочек» во второй контрольной группе не отмечались.

Показатели пациентов третьей группы в послеоперационном периоде, не имели статистически значимых отличий от показателей второй контрольной группы.

Данные представлены в таблице 1.

Анализируя полученные данные, при повреждении большой подкожной вены интраоперационно, без ее восстановления, начальные признаки хронической венозной недостаточности развиваются в среднем в 33,3% случаев.

Восстановление целостности сосуда во время операции приводит к развитию начальных признаков хронической венозной недостаточности в среднем в 2,4% случаев, что в 14 раз меньше, если сосуд не восстанавливать (1 группа сравнения). $P=0,039$

Таблица 1. Оценка жалоб пациентов в зависимости от хода операции

Жалобы пациентов	Процент выявления (%) в изучаемых группах				
	1 группа (С повреждением БПВ)	2 группа (Без повреждения БПВ)- контрольная	3 группа (С повреждением БПВ, восстановлением хода сосуда)	P 1-2	P 1-3
«сосудистые звездочки»	12,6	-	-	0,0274	0,0313
утомляемость	61,2	-	1,2	0,0134	0,0505
ночные судороги	38,8	-	-	0,0276	0,0456
отечность ног	20,4	8,41	8,39	0,0751	0,0795
боль в области переломов	3,88	3,74	3,75	0,0458	0,0598
ограничение движений	-	15,9	-	0,0739	0

Таблица 2. Показатели венозной системы (скорость кровотока и диаметр сосуда) после операции при переломах лодыжек без интраоперационного повреждения и при ятрогенном интраоперационном повреждении большой подкожной вены

Вены	Показатели	Состояние после операции				
		1 группа n=78	2 группа n=112	P 1-2	3 группа n=25	P 1-3
МПВ	Диаметр, мм	3,28±0,13	3,0±0,16	0,037	3,1±0,18	0,039
	Скорость, см/с	2,8±0,17	3,1±0,9	0,028	3,0±0,12	0,024
БПВ	Диаметр, мм	3,9±0,56	3,64±0,89	0,023	3,75±0,13	0,029
	Скорость, см/с	отсутствует	7,3±0,23	0,049	6,8±0,96	0,023

МПВ — малая подкожная вена
БПВ — большая подкожная вена

Таблица 3. Показатели венозной системы (скорость кровотока и диаметр сосуда) после операции при переломах н/З голени без интраоперационного повреждения и при ятрогенном интраоперационном повреждении большой подкожной вены

Вены	Показатели	Состояние после операции				
		1 группа n=78	2 группа n=112	P 1-2	3 группа n=25	P 1-3
МПВ	Диаметр, мм	3,28±0,15	3,1±0,13	0,039	3,16±0,14	0,040
	Скорость, см/с	2,8±1,3	3,1±0,88	0,028	3,0±1,11	0,024
БПВ	Диаметр, мм	3,75±0,72	3,4±0,83	0,019	3,64±0,11	0,025
	Скорость, см/с	отсутствует	7,3±1,4	0,049	6,9±0,96	0,024

МПВ — малая подкожная вена
БПВ — большая подкожная вена

Также мы проводили сравнение у пациентов с разной локализацией переломов.

Данные приведены в таблицах 2,3.

При ультразвуковом исследовании установлено, что статистически достоверные различия показателей

кровотока (диаметр сосуда и скорость кровотока) были только при сравнении между первой и второй исследуемой группами и не зависели от локализации перелома.

В первой группе исследования (повреждение большой подкожной вены интраоперационно) кровотоков

в большой подкожной вене на уровне голеностопного сустава полностью отсутствовал, а во второй и третьей группах сохранялся. Диаметр большой подкожной вены в первой группе составлял $3,9 \pm 0,56$, что значительно отличалось при ультразвуковом исследовании во второй и третьей группах на уровне голеностопного сустава, где он уменьшался до $3,64 \pm 0,89$ ($p=0,023$) и $3,75 \pm 0,13$ ($p=0,029$) соответственно. При увеличении диаметра сосуда в наблюдаемых случаях гемодинамических нарушений не наблюдалось.

В первой группе исследования кровотока в большой подкожной вене на уровне н/3 голени полностью отсутствовал, а во второй и третьей группах сохранялся. При восстановлении целостности сосуда (третья группа исследования) изменения были гемодинамически незначимыми: скорость кровотока уменьшалась с $7,3 \pm 1,4$ ($p=0,049$) см/с до $6,9 \pm 0,96$ см/с ($p=0,024$) по сравнению с контрольной второй группой. У пациентов с интраоперационным повреждением большой подкожной вены в послеоперационном периоде отмечалось увеличение ее диаметра на 24% с $3,4 \pm 0,83$ ($p=0,019$) мм и резкое снижение скорости кровотока. Менялся диаметр малой подкожной вены, увеличиваясь до $3,28 \pm 0,15$ мм, против $3,1 \pm 0,13$ ($p=0,039$) мм при отсутствии интраоперационного повреждения большой подкожной вены. Скорость кровотока в малой подкожной вене менялась не столь значительно, увеличиваясь с $2,8 \pm 1,3$ в первой группе до $3,1 \pm 0,13$ ($p=0,039$) во второй группе и $3,16 \pm 0,14$ ($p=0,040$) в третьей группе. Данные ультразвукового исследования в послеоперационном периоде у пациентов с интраоперационным повреждением большой подкожной вены, если целостность сосуда восстанавливалась во время первичной операции, статистически достоверно не отличались (таблицы № 2 и № 3) от данных пациентов второй контрольной группы (диаметр уменьшался на 11,1% ($p<0,05$), а скорость кровотока возрастала на 8,9% ($p<0,05$) при переломах лодыжек; диаметр уменьшался на 14,3% ($p<0,05$), а скорость кровотока возрастала на 8,6% ($p<0,05$) при переломах н/3 голени).

Обсуждение

Из литературных источников известно, что при травмах нижних конечностей возрастает угроза тромботических осложнений и в 80–90% случаев причиной развития венозной недостаточности нижних конечностей после травмы указываются тромбозы глубоких вен. [2]. Согласно данным статьи из Ивановской Государственной медицинской академии, изменения венозного русла, приводящие к нарушению оттока крови, а как следствие и к развитию начальных признаков венозной недостаточности в 51,4% случаев является патология глубокого венозного русла и в 24,3% случаев — тромбоз

глубоких вен [4]. Остальные 15–25% случаев до конца еще не изучены. Нашей работой мы хотели показать, что интраоперационное повреждение большой подкожной вены, при отсутствии тромбоза или каких-либо других гемодинамически значимых изменений со стороны глубоких вен, также может привести к развитию начальных признаков венозной недостаточности.

Современный уровень профилактики тромботических осложнений позволяет их предотвратить [7]. Подтверждается это тем, что при исследовании пациентов с травмами нижних конечностей, в лечении которых применялась специфическая и неспецифическая профилактика, а также авторские методики, направленные на предотвращение повреждения большой подкожной вены во время операции, тромбозов не наблюдалось. Исходя из вышеизложенного, мы считаем, что причиной развития венозной недостаточности являлось ятрогенное повреждение большой подкожной вены во время травматологических операций.

Выводы по представленной работе

1. Интраоперационное ятрогенное повреждение большой подкожной вены, при отсутствии предоперационных признаков тромбоза или каких-либо других гемодинамически значимых изменений со стороны глубоких, а также поверхностных вен, может привести к развитию начальных признаков венозной недостаточности в 33,3% случаев (из них: появление «сосудистых звездочек» 12,6%, быстрой утомляемости ног в 61,2%, ночных судорог 38,8%, отечности ног в 20,4%)
2. Не устранённое ятрогенное повреждение большой подкожной вены при операции по поводу переломов лодыжек и нижней трети голени в 33,3% может привести к развитию начальных признаков венозной недостаточности (появление «сосудистых звездочек», быстрой утомляемости ног, ночных судорог, отечности ног) в послеоперационном периоде
3. В нашей работе показано, что незамедлительное восстановление целостности, повреждённой во время операции большой подкожной вены, может снизить риск развития начальных признаков венозной недостаточности в 97,6% в послеоперационном периоде у пациентов, оперированных по поводу переломов лодыжек и нижней трети голени. В нашем исследовании, развитие начальных признаков венозной недостаточности при восстановлении целостности большой подкожной вены, поврежденной при оперативном лечении переломов лодыжки и голени, составляет 2,4%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алиев М.Х., Мамедзаде А.Я., Агамалыева У.Д., Шахвердиев Г.Г., Алиева Д.Т., Гаджиева С.И. Эндотелиальная дисфункция и нарушение лимфатического дренажа сердца в патогенезе кардиоваскулярных осложнений сахарного диабета. // Казанский медицинский журнал. — 2020. № 1 — С. 47–52.
2. Венозные тромботические осложнения при травмах нижних конечностей и эндопротезировании тазобедренного и коленного суставов / Н.Ю. Матвеева, Н.А. Еськин, З.Г. Нацвлишвили, Л.К. Михайлова // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. — 2002. № 1. — С. 85
3. Ветшев П.С., Крылов Н.Н., Шпаченко Ф.А. Изучение качества жизни пациентов после хирургического лечения // Хирургия, 2000. № 1. — С. 64–67.
4. Гавриленко А.В., Вахрастьян П.Е. Хирургическое лечение начальных форм варикозного расширения вен нижних конечностей // Хирургия, 2005. № 4. — С. 42–44
5. Значение различных методов реконструктивной сосудистой и микрососудистой хирургии в онкологии / М.И. Давыдов [и др.] // Вопросы онкологии. — 2005. — Т. 51. — № 3. С. 311–313.
6. Зубарев А.Р., Неменова Н.А. Ультразвуковое исследование опорно-двигательного аппарата у взрослых и детей: Пособие для врачей, — М.: Издательский дом Видар-М, 2006. — 136 с.
7. Измайлов С.Г., Измайлов Г.А., Аверьянов М.Ю. и др. Хирургические технологии в лечении варикозного расширения вен нижних конечностей // Хирургия. 2002. — № 1. — С. 10–15
8. Князев М.Д. Ятрогенные повреждения магистральных кровеносных сосудов. / М.Д. Князев, И.А. Комаров, В.Я. Киселев. // Хирургия. Журн. им. Н.И. Пирогова — 1985. — № 12. С. 85–87.
9. Лохвицкий С.В. Повреждения магистральных вен во время операций. / С.В. Лохвицкий, С.И. Токпанов // Вестник хирургии им. И.И. Грекова — 1981. — № 4. — С. 118–120
10. Методика дуплексного сканирования вен нижних конечностей // Учебное пособие // Е.В. Осипова, Л.В. Мельникова, А.В. Крылова // 2010 г.
11. Миначенко В.К. Ятрогенные повреждения магистральных сосудов / В.К. Миначенко // Советская медицина. — 1986. — № 10. — С. 102–105.
12. Писарев В.В. Особенности антеградного кровотока и венозные тромботические осложнения у больных с переломами костей голени и бедра/ В.В. Писарев, С.Е. Львов, О.И. Кутрева, О.С. Молчанов // Травматология и ортопедия России. — 2009. — № 2. — С. 33–38.
13. Практикум по лечению варикозной болезни. / Под ред. Г.Д. Константиновой. — М; Профиль, — 2006. — С. 188.
14. Синельников Р.Д. Атлас анатомии человека. Издание пятое. перераб. и доп. — М.: Медицина, 1972.-Т.2. — С. 417.
15. Швальб П.Г. Системный подход к патогенезу хронической венозной недостаточности нижних конечностей // Ангиология и сосудистая хирургия. — 2002.-Т.8, № 3.-С.30–36.
16. Kachlik D., Pechacek V., Vaca V., Musil V. The superficial venous system of the lower extremity: new nomenclature. // Phlebology –2010–113–123.

© Кукушкин Евгений Петрович (kerp131289@gmail.com),

Мидленко Владимир Ильич, Мидленко Олег Владимирович.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИЗМЕНЕНИЕ ТВЁРДЫХ ТКАНЕЙ ЗУБОВ У ДЕТЕЙ ДО 3 ЛЕТ, ПЕРЕНЕСШИХ ГИПОКСИЮ ПЛОДА ВНУТРИУТРОБНО

CHANGES IN HARD TISSUES OF TEETH IN CHILDREN UNDER 3 YEARS OF AGE WHO HAVE UNDERGONE FETAL HYPOXIA IN UTERO

**O. Makarchuk
S. Gromova**

Summary. The article provides an assessment of changes in the hard tissues of teeth in children under 3 years of age who have undergone hypoxia during intrauterine development. The results of the study proved that intrauterine hypoxia affects the development of all organs and systems of the unborn child. Including hypoxia affects the dentofacial system. Hypoxia in this case acts as a cariogenic factor.

Keywords: fetal hypoxia, changes in dental hard tissues, cariogenic factor, caries, dentition, intrauterine development.

Макарчук Ольга Анатольевна

Ассистент, заведующий отделением, врач-стоматолог детский, КОГБУЗ «Кировский клинический стоматологический центр»
olgamakarchuk79@mail.ru

Громова Светлана Николаевна

К.м.н., доцент, врач-стоматолог детский, Кировский государственный медицинский университет

Аннотация. В статье приводится оценка изменений твердых тканей зубов у детей до 3 лет, которые во время внутриутробного развития перенесли гипоксию. Результаты выполненного исследования доказали, что внутриутробная гипоксия сказывается на развитии всех органов и систем будущего ребенка. В том числе гипоксия сказывается на зубо-челюстной системе. Гипоксия в данном случае выступает в качестве кариеогенного фактора.

Ключевые слова: гипоксия плода, изменения твердых тканей зубов, кариеогенный фактор, кариес, зубочелюстная система, внутриутробное развитие.

Введение

На данный момент проведен ряд исследований, направленных на исследование отрицательно-го влияния осложнений беременности на формирование и дальнейшее развитие зубочелюстной системы (ЗЧС) плода. При этом преимущественное количество работ посвящено поражению кариесом, так как это наиболее распространенное нарушение [1, 2]. Имеющиеся работы доказали, что системные нарушения артериального давления как у беременной, так и у самого ребенка в антенатальном периоде развития прямым образом влияют на формирование и закладку зубочелюстной системы [3, 4, 5]. Уточнение данного влияния и механизмов могли бы объяснить патологическое течение кариеса и ряда других заболеваний ЗЧС в ходе ее онтогенеза.

Одним из основных кариеогенных факторов является внутриутробная гипоксия плода. Гипоксия — одна из самых распространенных и серьезных проблем, мешающих поддержанию гомеостаза. Чувствительность к кислороду является свойством всех тканей, и реакция на гипоксию многомерна, включая сложные внутриклеточные сети, связанные с передачей индуцированных гипоксией ответов. Из всех стрессов, которым под-

вергаются плод и новорожденный, наиболее важным и клинически значимым является гипоксия [6].

Гипоксия во время беременности влияет на развитие как матери, так и плода через взаимодействие с генетическими особенностями, приобретенными в результате естественного отбора, и изменениями в паттернах экспрессии генов путем изменения эпигенетического кода. Изменения в эпигеноме определяют «геномную пластичность», то есть способность генов дифференциально экспрессироваться в соответствии с сигналами окружающей среды. Геномная пластичность, определяемая эпигеномными механизмами, включая метилирование ДНК, модификации гистонов и некодирующие РНК во время развития, является механистическим субстратом для фенотипического программирования, которое определяет физиологический ответ и риск здоровых или вредных исходов [7].

Внутриутробная гипоксия плода является примером неблагоприятных состояний во время осложненной беременности, которые влияют на генез всех органов и систем, в том числе зубо-челюстной системы, сердца. Однако эффекты, которые оказывает внутриутробная гипоксическая среда изучены недостаточно [8].

Цель исследования

Цель заключается в уточнении влияния системных нарушений беременных, к которым относится и внутриутробная гипоксия, на особенности закладки, формирования и дальнейшего развития ЗЧС, твёрдых тканей зубов, их дальнейшее функционирование в возрасте до 3 лет.

Материалы и методы

Были изучены индивидуальные карты развития и стоматологический статус 90 2-летних детей с сосудистыми дистониями. 30 детей — с первичной артериальной гипотензией (ПАТ), 30 детей — с первичной артериальной гипертензией (ПАГ), 30 детей с артериальной нормотензией (АН), которые были рождены от матерей с артериальным давлением в пределах нормы, составили контрольную группу. Также были изучены сведения о течении беременности и родов, о состоянии новорожденных 30 беременных с артериальной гипертензией, 30 — с артериальной гипотензией и 30 — с артериальной нормотензией (последние составили контрольную группу). Были изучены семейный и наследственный анамнез, состояние репродуктивной функции, перенесенные ранее заболевания, общие генеративные функции, особенности беременности и родов.

В ходе выполнения исследования были проанализированы данные заполненных составленных анкет. Анкеты состояли из 30 вопросов, которые касались особенностей протекания беременности, характеристики развития новорожденных в момент обследования и до 3 лет, типа вскармливания, состояния ЗЧС ребенка, сроках прорезывания зубов.

Программа выполненного исследования включала в себя детальное рассмотрение стоматологического статуса пациентов, имеющих патологии системной гемодинамики. Для верификации данного диагноза детям проводились клинико-гемодинамические исследования.

Результаты

Было выявлено, что у детей с ПАГ чаще остальных групп наблюдалось неблагоприятное течение антенатального и перинатального периода, в частности у них чаще отмечалась внутриутробная гипоксия. Было выявлено, что наличие артериальной гипотензии у будущих матерей и во время родов представляет собой серьезную угрозу для патологических отклонений, в том числе отклонений ЗЧС.

Было обнаружено, что такое осложнение беременности как внутриутробная гипоксия плода наблюдалась

у 64.4% женщин с артериальной гипертензией, у 7.7% женщин с артериальной гипотензией и 10.1% женщин из контрольной группы. При этом асфиксия новорожденных наблюдалась у 24.4% женщин с артериальной гипертензией, у 13.4% — с артериальной гипотензией и у 15% женщин в контрольной группе.

В ходе катamnестического наблюдения группы обследованных пациентов была обнаружена корреляция между сроками прорезывания зубов и присутствующими у ребенка отклонениями гемодинамики. Помимо этого, наблюдается связь между полом детей и сроками прорезывания зубов. У мальчиков с артериальной гипертензией, гипотензией и нормотензией в преимущественном количестве случаев регистрировалось позднее прорезывание по сравнению с девочками, имеющими эти же отклонения гемодинамики.

В течение первого года жизни стоматиты наблюдались у 14.5% детей с артериальной гипертензией, 6.8% детей с артериальной гипотензией и 4% детей с артериальной нормотензией.

У 11% детей с артериальной гипертензией было обнаружено ранее прорезывание зубов, в этой же группе у 34.5% зубы прорезались в стандартные сроки, согласно норме, и у 54.5% — в поздние сроки. У детей, которые родились от женщин с артериальной гипотензией, в преимущественном количестве случаев зубы прорезались в нормальные сроки (63.4%), ранее прорезывание было зарегистрировано в 16.8% случаев и позднее — в 19.8% случаев.

В контрольной группе к первому году жизни у детей было, в среднем, 6.9 прорезавшихся молочных зубов, что превышает количество прорезавшихся зубов у детей, рожденных от матерей с артериальной гипотензией (в среднем 5.6) и меньше, чем у детей, рожденных от женщин с артериальной гипертензией (8.4). Данная тенденция имела постоянный характер.

Выполненное исследование дало возможность обнаружить наличие аномалий формирования и развития зубочелюстной системы, в том числе изменение твердых тканей зубов, у 31% 2-летних детей контрольной группы, 35.7% детей с ПАГ. У детей, у которых в анамнезе наблюдалась артериальная гипотензия, распространенность аномалий зубочелюстной системы, в том числе изменение твердых тканей зубов, встречалась достоверно ниже и составила 23.7%.

Для детей с первичной артериальной гипертензией характерны очаги хронических инфекционных заболеваний, наиболее распространенным из которых явля-

ется кариес. При этом интенсивность кариеса у участников контрольной группы составила 4.7 по индексу КПУ, что является более низким показателем относительно участников группы детей, имеющих первичную артериальную гипертензию (у них данный показатель составил 6.6). У детей с артериальной гипотензией интенсивность кариеса составила 4.7.

Выводы и обсуждения

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что женщины, которые в ходе беременности и родов, страдали артериальной гипертензией, имеют повышенные риски осложнений в ходе самих беременностей родов относительно женщин с гипотензией или нормотензией, у них в преимущественном количестве случаев регистрируется внутриутробная гипоксия плода. Наличие условий для развития внутриутробной гипоксии отрицательно сказывается на развитии всех органов и систем плода, в том числе

и ЗЧС, что в последующем ведет к изменениям твердых тканей зубов.

Таким образом, результаты говорят о влиянии системных патологий артериального давления беременных женщин на формирование тканей зубочелюстной системы плода. Это может проявляться в виде нарушений нормальных сроков, последовательности и парности прорезывания зубов, а также к развитию кариеса и зубо-челюстных аномалий.

Таким образом, отрицательное влияние артериальной гипертензии в антенатальном периоде и наследуемые пониженные показатели параметров системной гемодинамики у исследуемых детей выражалось нарушением развития тканей зубочелюстной системы в последующем онтогенезе. Основой для данных процессов является наличие хронической циркуляторной гипоксии, которая свойственна для детей с первичной артериальной гипертензией.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калоева З.Д., Дзгоева М.Г. Особенности стоматологического статуса у детей с врожденными сосудистыми дистониями. Сб. тез. науч. тр. СОГМА. Владикавказ, 2001: 56.
2. Маханова Н.А., Маркель А.Л., Якобсон Г.С. Кардиология. 1999; 10, 39: 71–78.
3. Лебеденко И.Ю., Ковалев Ю.С., Малый А.Ю. Сб. научных трудов «Современные проблемы стоматологии» к 70летию В.Н. Копейкина. М.: ММСИ, 1999: 11–12.
4. Кречина Е.К. Симпозиум «Лазеры в стоматологии». М., 2000: 78–80.
5. Калоева З.Д. Особенности первичной артериальной гипотензии у детей. Автореф. дисс. докт. мед. наук. М., 1994: 35
6. Ducsay C.A., Goyal R., Pearce W.J., Wilson S., Hu X.Q., Zhang L. *Physiol Rev. Gestational Hypoxia and Developmental Plasticity*. 2018 Jul 1;98(3):1241–1334. doi: 10.1152/physrev.00043.2017.
7. Wood C.E., Keller-Wood M. *Am. J. Physiol Regul Integr Comp Physiol. Current paradigms and new perspectives on fetal hypoxia: implications for fetal brain development in late gestation*. 2019 Jul 1;317(1): R1-R13. doi: 10.1152/ajpregu.00008.2019. Epub 2019 Apr 24.
8. Frasch M.G., Giussani D.A. *Cells. Impact of Chronic Fetal Hypoxia and Inflammation on Cardiac Pacemaker Cell Development*. 2020 Mar 17;9(3):733. doi: 10.3390/cells9030733.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ВАРИАНТОВ ОККЛЮЗИОННЫХ ВЗАИМОТНОШЕНИЙ

MORPHOLOGICAL FEATURES OF VARIOUS PHYSIOLOGICAL VARIANTS OF OCCLUSIVE RELATIONSHIPS

M. Rozhkova
A. Lepilin
A. Kondratyuk
S. Fishchev
S. Pavlova
A. Sevastyanov

Summary. Relevance. With anomalies of occlusal relationships, as a rule, the shape and size of the dentoalveolar arches are disturbed [1, 2]. The prevalence of anomalies of the dental arches is quite high and is due to numerous etiological factors [3]. Objective: to study the features of the maxillofacial region, taking into account the protrusion-retrusion type of the dental-alveolar arches of physiological variants of occlusal relationships. Materials and methods. The study group included 108 patients with physiological occlusion of adolescence — Each group was divided into three subgroups. The first subgroup consisted of patients with protrusion type of dental arches, the second — retrusion type arcs, and the third subgroup consisted of patients with Mastroianni type of dento-alveolar arches. The authors propose their own methods of biometrics of diagnostic models made of gypsum, based on the typological features of dental arches. The criteria for the diagnosis and effectiveness of the treatment measures are proposed. Results and discussion. For all types of dento-alveolar arches, the inter-cleft distance on the upper jaw was relatively stable and there were no significant differences in people of different subgroups. At the same time, the main differences were noted when measuring the sagittal and diagonal parameters. In all types of dento-alveolar arches, there were no significantly significant differences in patients of all subgroups when assessing the width of the anterior part of the lower dental arch. The main differences were noted when measuring the sagittal and diagonal parameters. Conclusions.

Рожкова Мария Геннадьевна

Ассистент, Санкт-Петербургский
государственный педиатрический медицинский
университет Министерства здравоохранения РФ
rozmaria2010@yandex.ru

Лепилин Александр Викторович

Д.м.н., профессор, Саратовский государственный
медицинский университет имени В.И. Разумовского
Министерства здравоохранения РФ
lepilins@mail.ru

Кондратюк Андрей Александрович

Ассистент, Санкт-Петербургский
государственный педиатрический медицинский
университет Министерства здравоохранения РФ
kondratyuk.andrey@icloud.com

Фищев Сергей Борисович

Д.м.н., профессор, Санкт-Петербургский
государственный педиатрический медицинский
университет Министерства здравоохранения РФ
super.kant@yandex.ru

Павлова Светлана Георгиевна

К.м.н., ассистент, Санкт-Петербургский
государственный педиатрический медицинский
университет Министерства здравоохранения РФ
svetap_75@mail.ru

Севастьянов Аркадий Владимирович

Д.м.н., доцент, Санкт-Петербургский
государственный педиатрический медицинский
университет Министерства здравоохранения РФ
ardy.dkr@mail.ru

Аннотация. Актуальность. При аномалиях окклюзионных взаимоотношений, как правило, нарушается форма и размеры зубочелюстных дуг [1, 2]. Распространённость аномалий дентальных дуг довольно высока и обусловлена многочисленными этиологическими факторами [3]. Цель исследования: изучить особенности челюстно-лицевой области с учетом протрузионно-ретрузионного типа зубо-альвеолярных дуг физиологических вариантов окклюзионных взаимоотношений. Материалы и методы. В группу исследования вошли пациенты с физиологической окклюзией подросткового возраста — 108 человек. В каждой группе выделено по три подгруппы. Первую подгруппу составили пациенты с протрузионным типом зубных дуг, вторую — ретрузионный тип дуг, а третью подгруппу составили пациенты с мезотрузионным типом денто-альвеолярных дуг. Предложены собственные методы биометрии диагностических моделей из гипса, основанные на типологических особенностях дентальных арок. Предложены критерии диагностики и эффективности проводимых лечебных мероприятий. Результаты и обсуждение. При всех типах

A method for determining the convergence of antimeres in the dental arch, based on the intersection of conventional occlusal lines with the Central sagittal arch, passing through mezhrazovyy point and mid molar point of the distance measured between the vestibular-distal tubercles of the second permanent molars. To determine the position of the teeth in the vestibular-lingual direction, a method for measuring the incision angle at the intersection of the conditional median verticals of the antagonists on cone-beam computed tomograms, when combined with telereöntograms in the lateral projection, is proposed.

Keywords: crowding of teeth, plaster models, dentition, orthodontic treatment.

При аномалиях окклюзионных взаимоотношений, как правило, нарушается форма и размеры зубочелюстных дуг [1, 2]. Распространённость аномалий дентальных дуг довольно высока и обусловлена многочисленными этиологическими факторами [3].

Независимо от вида аномалии окклюзии, основные линейные размеры и форма дентальных арок весьма переменны и не соответствуют нормальным показателям [4].

Многочисленными исследованиями показана изменчивость дентальных арок при физиологической норме, представленной в современных классификациях, а параметры дуг определяются размерами зубов и индивидуальными особенностями кранио-фациального комплекса [5].

Выделены формы зубных дуг, отличающиеся по размерам, с учетом одонтометрических параметров, в частности при макро-, нормо- или микродонтизме [6].

Указано, что размеры зубов определяют не только сагиттальные, и трансверсальные параметры, но и влияют на диагональные размеры дентальных арок [7].

В современных условиях пациенто-ориентированного здравоохранения и развития ортодонтической диагностики определена взаимосвязь размеров зубных арок с различными типами лица и предложены

денто-альвеолярных арок, межклыковое расстояние на верхней челюсти было относительно стабильной величиной и не наблюдалось достоверных различий у людей различных подгрупп. В тоже время, основные различия отмечались при измерении сагиттальных и диагональных параметров.

При всех типах денто-альвеолярных арок, не было достоверно значимых различий у пациентов всех подгрупп при оценке показателей ширины переднего отдела нижней дентальной дуги. Основные различия отмечались при измерении сагиттальных и диагональных параметров. Выводы. Разработан метод определения конвергенции антимеров в дентальной арке, основанный на пересечении условных окклюзионных линий с центральной сагитталью зубной дуги, проходящей через межрезцовую точку и середину межмолярного расстояния, которое измерялось между вестибуло-дистальными бугорками вторых постоянных моляров. Для определения положения зубов в вестибулярно-язычном направлении предложен метод измерения межрезцового угла при пересечении условных срединных вертикалей антагонистов на конусно-лучевых компьютерных томограммах, при совмещении их с телерентгенограммами в боковой проекции.

Ключевые слова: скученность зубов, гипсовые модели, зубные ряды, ортодонтическое лечение.

классификации гнатических и дентальных типов лицевого отдела головы [8].

Однако существуют противоречивые мнения специалистов об использовании различных авторских методик при определении параметров зубных дуг в различных направлениях [9].

Цель исследования

Изучить особенности челюстно-лицевой области с учетом протрузионно-ретрузионного типа зубо-альвеолярных дуг физиологических вариантов окклюзионных взаимоотношений.

Материалы и методы

В группу исследования вошли пациенты с физиологической окклюзией подросткового возраста — 108 человек. В каждой группе выделено по три подгруппы. Первую подгруппу составили пациенты с протрузионным типом зубных дуг, вторую — ретрузионный тип дуг, а третью подгруппу составили пациенты с мезотрузионным типом денто-альвеолярных дуг.

В таблице 1 представлены пациенты в исследуемых подгруппах.

Настоящее исследование включало использование методов диагностики, общепринятых в клинической ортодонтии, которые включали измерения краниофа-

Таблица 1. Количество пациентов в группе.

Группы исследования	Распределение пациентов по подгруппам:			
	1 подгруппа	2 подгруппа	3 подгруппа	ИТОГО
ИТОГО	32	29	47	108

циального комплекса. Предложены собственные методы биометрии диагностических моделей из гипса, основанные на типологических особенностях дентальных арок. Предложены критерии диагностики и эффективности проводимых лечебных мероприятий.

Определяли основной периметр дентальной арки, проходящий по вестибулярной поверхности зубов, вблизи окклюзионного контура. Измерительные точки располагались на наиболее выпуклых поверхностях вестибулярного контура коронок зубов. Межрезцовая точка (центральная точка дентальной арки), расположенная на месте контакта медиальных резцов с вестибулярной стороны, являлась основным ориентиром для измерения в сагиттальном и диагональном направлении.

В трансверсальном направлении измеряли расстояние между вторыми молярами и между рвущими бугорками клыков. Диагональные размеры определяли от межрезцовой точки до клыков (передняя диагональ) и до вторых моляров (полная диагональ зубной арки). Глубина дентальной арки определялась от межрезцовой точки до линии, соединяющей вестибулярные дистальные бугорки вторых моляров.

Линейные размеры позволяли рассчитать индексные величины и параметры, характеризующие определённые типы дентальных арок и сопоставлять их с параметрами лица.

Для определения конвергенции антимеров в дентальной арке гипсовые модели фотографировали в окклюзионной норме с последующим нанесением основных ориентиров и реперных линий для расчетов.

Использовали точки, соответствующие расположению зубной вестибулярной дуги на резцах и премолярах. К тому же на язычной поверхности вблизи средней точки окклюзионного контура премоляров наносили ориентир для построения срединной окклюзионной линии. На середину окклюзионной поверхности моляров наносили точки с вестибулярной и язычной стороны, также для построения окклюзионных линий.

При биометрии моделей из гипса вызывали сложности определения межрезцового угла. Методика распила

моделей с окрашиванием контуров зубов является громоздкой, трудоёмкой и имеет погрешности измерения. В связи с этим определение наклона зубов проводили с использованием данных конусно-лучевых компьютерных томограмм, которые получали на Корейском томографе Pax-i (VATECH Global), модели PHT-6500. Трёхмерные изображения включали широкий спектр опций визуализации, а пакет прикладных программ позволял с высокой точностью проводить их измерения.

Одним из основных и обязательных методов исследования в клинической ортодонтии является телерентгенографический анализ краниофациальной области, как в прямой, так и в боковой проекциях. Телерентгенограммы в боковой проекции получали на аппарате Hitachi 450 с учетом общепринятых рекомендаций. Анализ проводили по стандартным методикам Шварца, Якобсона, Ди-Паоло используя основные ориентиры. Телерентгенограмма позволяла оценить положение челюстей и других частей головы относительно основных анатомических образований.

Для повышения качества диагностики и выделения типов зубных дуг по трузионному типу, проводилось совмещение фрагментов конусно-лучевых томографических снимков (сегмента резцов и сустава) с боковой телерентгенограммой головы. Межрезцовый угол варьировал от 125 до 145 градусов, что позволило нам использовать его в качестве ориентира, определяющего нейтральное положение резцов. При увеличении угла более 145 градусов, пациентов относили к группе людей с ретрузионным положением резцов, а при величине межрезцового угла менее 125 градусов — к протрузионному типу зубных дуг.

Результаты и обсуждение

При всех типах денто-альвеолярных арок, межклыковое расстояние на верхней челюсти было относительно стабильной величиной и не наблюдалось достоверных различий у людей различных подгрупп. В тоже время, основные различия отмечались при измерении сагиттальных и диагональных параметров.

Для людей с протрузионным типом дуг (1 подгруппа) величина фронтально-дистальной диагонали и глубина

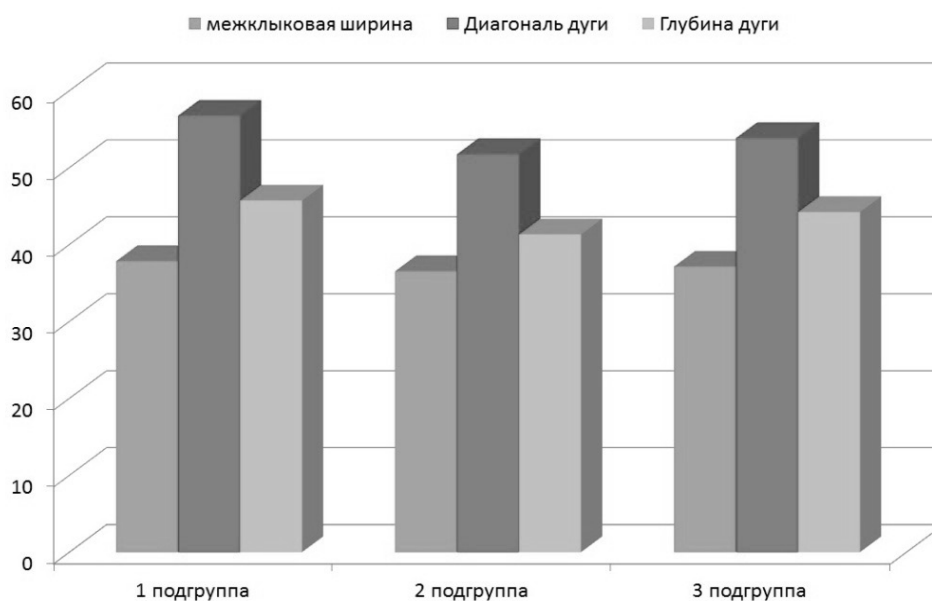


Рис. 1. Диаграмма параметров верхних зубо-альвеолярных дуг у людей группы сравнения в различных подгруппах

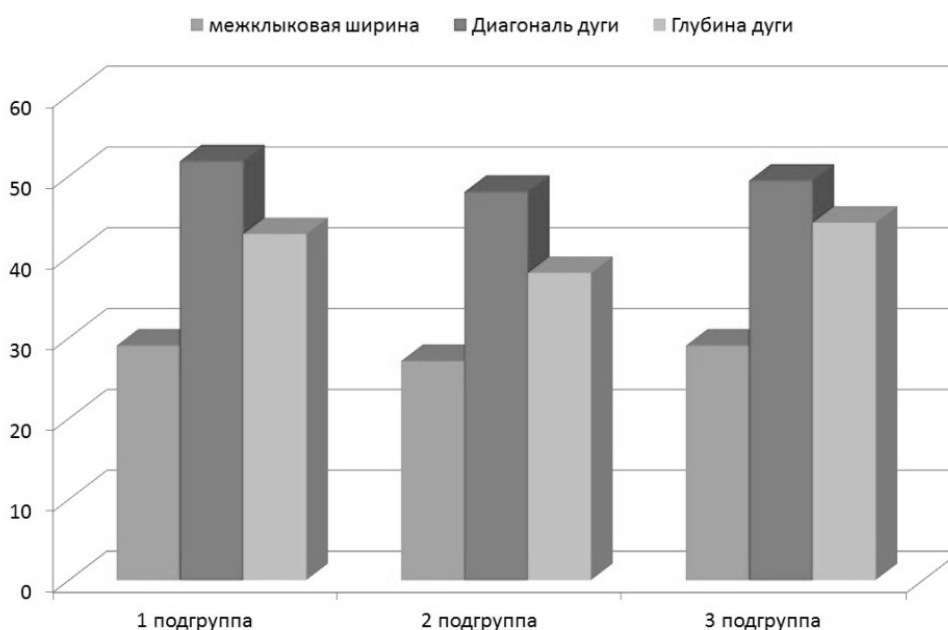


Рис. 2. Диаграмма параметров нижних зубо-альвеолярных дуг у лиц группы сравнения в различных подгруппах

дуги были достоверно больше, чем у людей с мезотрузионным (3 подгруппа) и, тем более, с ретрузионным (2 подгруппа) типом дентальных арок, что представлено на диаграмме (рис. 1).

Ширина переднего отдела верхних зубных дуг у людей 1 подгруппы составляла $37,79 \pm 0,38$ мм, во 2 подгруппе — $36,45 \pm 0,47$ мм, а в 3 подгруппе — $37,12 \pm 0,32$ мм.

Результаты измерения диагональных параметров показали, что у людей 1 подгруппы длина фронтально-дистальной диагонали составляла $56,66 \pm 0,46$ мм, а при ретрузионном положении резцов (2 подгруппа) — $51,66 \pm 0,36$ мм, что было достоверно меньше, чем у людей с физиологической протрузией резцов ($p \leq 0,05$). При мезотрузионном типе дуг величина диагонали была $53,83 \pm 0,31$ мм. Вполне логичным являет-

ся и разница в сагиттальных размерах, обусловленная различным торком зубов у пациентов исследуемых групп. Так, глубина дентальной дуги у пациентов 1, 2 и 3 подгрупп составляла соответственно — $45,70 \pm 0,35$ мм, $41,33 \pm 0,29$ мм и $44,14 \pm 0,36$ мм.

Та же закономерность прослеживалась при исследовании основных параметров нижних денто-альвеолярных арок.

При всех типах денто-альвеолярных арок, не было достоверно значимых различий у пациентов всех подгрупп при оценке показателей ширины переднего отдела нижней дентальной дуги. Основные различия отмечались при измерении сагиттальных и диагональных параметров.

Для людей с протрузионным типом дуг (1 подгруппа) величина фронтально-дистальной диагонали и глубина дуги были достоверно больше, чем у людей с мезотрузионным (3 подгруппа) и, тем более, с ретрузионным (2 подгруппа) типом дентальных арок, представленных на диаграмме (рис. 2).

Ширина переднего отдела нижних зубных дуг у людей 1 подгруппы составляла $29,04 \pm 0,23$ мм, во 2 подгруппе — $27,12 \pm 0,41$ мм, а в 3 подгруппе — $29,07 \pm 0,28$ мм. Показатели были достоверно меньше, чем на верхней челюсти у пациентов во всех подгруппах исследования.

Результаты измерения диагональных параметров показали, что у людей 1 подгруппы длина фронтально-дистальной диагонали составляла $51,84 \pm 0,40$ мм, а при ретрузионном положении резцов (2 подгруппа) — $48,04 \pm 0,37$ мм, что было достоверно меньше, чем у людей с физиологической протрузией резцов ($p \leq 0,05$). При мезотрузионном типе дуг величина диагонали была $49,40 \pm 0,33$ мм. Вполне логичным является и разница в сагиттальных размерах, обусловленная различным торком зубов у пациентов исследуемых групп. Глубина зубной дуги у пациентов первой, второй и третьей подгрупп составляла, соответственно $42,82 \pm 0,29$ мм, $37,98 \pm 0,37$ мм и $40,86 \pm 0,45$ мм.

Таким образом, для зубных арок с протрузионным положением резцов при физиологической окклюзии характерно увеличение глубины дуги, а при ретрузии резцов — уменьшение сагиттальных размеров по сравнению с зубными дугами мезотрузионного типа.

Определено, что у людей с протрузионным типом дентальных дуг длина дуги, или сумма ширины коронок 14 зубов была больше, чем у людей с протрузионным типом дуг. В связи с тем, что достоверных различий в показателях трансверсальных размеров

ширины зуюных дуг в области седьмых зубов, нами не отмечено, соответственно индекс дентальной дуги при ретрузии резцов был больше, чем у людей с протрузионными зубными дугами. Кроме того, отношение длины дуги к диагональным размерам при всех типах дентальных арок составляло для верхней челюсти 2,12, а для нижней — 2,18, что можно использовать в качестве для диагностического критерия аномальных зубных арок.

Следует отметить, что у людей 1 подгруппы были характерны долихогнатические макро и микродонтные зубные дуги и мезогнатические микродонтные. В то же время у людей 2 подгруппы, как правило, были брахиогнатические нормо- и микродентальные дуги и мезогнатические микродентальные типы. В 3 подгруппе, чаще встречались мезогнатические нормодонтные дентальные дуги, и несколько реже долихогнатические микродонтные и брахиогнатические макродонтные типы дентальных дуг, что и отражалось на показателях основных параметров дентальных арок. Тем не менее, для мезотрузионных типов дуг была характерна величина индекса дуги от 1,89 до 1,95 на верхней челюстной дентальной арке и от 1,95 до 1,99 зубной дуге нижней челюсти. Для протрузионного типа индекс верхней дуги был более 1,96, а нижней дуги — более 2,0. Ретрузионный тип дентальных арок характеризовался уменьшением показателей на верхней челюсти менее 1,88, а на нижней челюсти — менее 1,95.

Выводы

1. Разработан метод определения конвергенции антимеров в дентальной арке, основанный на пересечении условных окклюзионных линий с центральной сагитталью зубной дуги, проходящей через межрезцовую точку и середину межмолярного расстояния, которое измерялось между вестибуло-дистальными бугорками вторых постоянных моляров. Для определения положения зубов в вестибулярно-язычном направлении предложен метод измерения межрезцового угла при пересечении условных срединных вертикалей антагонистов на конусно-лучевых компьютерных томограммах, при совмещении их с телерентгенограммами в боковой проекции.
2. У людей с мезотрузионным типом денто-альвеолярных дуг межрезцовый угол в среднем по подгруппе составлял $135,5 \pm 6,18$ градусов. Угол конвергенции медиальных резцов был $19,84 \pm 0,42$ градуса. Латеральные резцы конвергировали под углом $54,96 \pm 0,91$ градус, а угол конвергенции клыков приближался к прямому и составлял по подгруппе в среднем $91,12 \pm 0,94$ градуса.

3. Протрузионный тип денто-альвеолярных дуг характеризовался уменьшением межрезцового угла до значений $117,5 \pm 5,76$ градусов. При этом типе зубных дуг углы конвергенции передних зубов были достоверно больше, чем при ме-

зотрузионном типе и составляли для медиальных и латеральных резцов $24,77 \pm 0,47$ градуса $60,11,84 \pm 0,94$ градусов, соответственно. Угол конвергенции клыков был больше прямого и в среднем по подгруппе составлял $96,84 \pm 1,03$ градуса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лепилин А.В., Субботин Р.С., Фищев С.Б., Кондратюк А.А., Рубежов А.Л. Морфометрические параметры лица у пациентов с горизонтальной формой повышенной стираемости зубов // *Морфология*. — 2019. — № 2. — С. 176.
2. Рожкова М.Г., Галстян С.Г., Лепилин А.В., Севастьянов А.В., Фищев С.Б. Морфометрический метод исследования пациентов со скученностью зубов // *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки*. — 2020. — № 7. — С. 192–196.
3. Фищев С.Б., Кондратюк А.А., Фомин И.В., Субботин Р.С., Лепилин А.В. Особенности торка медиальных резцов у людей с различными типами зубных дуг по результатам конусно-лучевых компьютерных томограмм // *Стоматология детского возраста и профилактика*. — 2019. — Т. XIX. — № 1(69). — С. 40–45
4. Borodina V.V., Domenyuk D.A., Weisheim L.D., Dmitrienko S.V. Biometry of permanent occlusion dental arches — comparison algorithm for real and design indicators // *Archiv EuroMedica*. — 2018. — V. 8. — № 1. — P. 25–26. DOI: 10.35630/2199–885x/2019/9/3.29
5. Corrêa-Faria P. Ramos-Jorge M.L., Martins P.A. Malocclusion in preschool children: prevalence and determinant factors // *Eur. Arch. Pediatric. Dent.* — 2014. — Vol. 15. — № 2. — P. 89–96. DOI: 10.1007/s40368–013–0069–9
6. Domenyuk D.A., Vedeshina E.G., Dmitrienko S.V. Shape individualization in lower dental arches drawn on basic morphometric features // *Archiv EuroMedica*. — 2015. — Т. 5. — № 1. — P. 11–15. DOI: 10.25207/1608–6228–2016–3–33–38
7. Domenyuk D.A., Shkarin V.V., Porfiriadis M.P., Dmitrienko D.S., Dmitrienko S.V. Classification of facial types in view of gnathology // *Archiv euromedica*. — 2017. — Т. 7. — № 1. — P. 8–13. DOI: 10.19163/1994–9480–2020–1(73)-20–24
8. Eslamipour F. Afshari Z., Najimi A. Prevalence of Malocclusion in Permanent Dentition of Iranian Population: A review Article // *Iran. J. Public. Health*. — 2018. — Vol. 47. — № 2. — P. 178–187. DOI: 10.1186/s40510–016–0120–6
9. Hagiwara Y. Uehara T., Narita T. Prevalence and distribution of anomalies of permanent dentition in 9584 Japanese high school students // *Odontology*. — 2016. — Vol. 104. — № 3. — P. 380–389. DOI: 10.1007/s10266–015–0225–2
10. Pillai J.P., Patel R.A., Banker A.M. Correlation between maxillary central incisor crown form and maxillary dental arch form: A Model-Based morphometric, cross-sectional study // *J. Forensic Sci. Med.* — 2018. — Vol. 4. — № 2. — P. 70–75. DOI 10.1590/S0103–6442012000200010

© Рожкова Мария Геннадьевна (rozmaria2010@yandex.ru), Лепилин Александр Викторович (lepilins@mail.ru),
 Кондратюк Андрей Александрович (konratyuk.andrey@icloud.com), Фищев Сергей Борисович (super.kant@yandex.ru),
 Павлова Светлана Георгиевна (svetap_75@mail.ru), Севастьянов Аркадий Владимирович (ardy.dkr@mail.ru).
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИЗОЛЯЦИЯ УСТЬЕВ ЛЕГОЧНЫХ ВЕН ОДНОМОМЕНТНО С АБЛАЦИЕЙ КАВАТРИКУСПИДАЛЬНОГО ПЕРЕШЕЙКА БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕНТГЕНОСКОПИИ

PULMONARY VEIN ISOLATION SIMULTANEOUS WITH CAVATRICUSPID ISTHMUS ABLATION: ZERO FLUORO APPROACH

**N. Safonov
V. Baranovich
A. Faibushevich**

Summary. The article considers the problem of carrying out electrophysiological procedures without using X-ray. The work uses the results of PVI at the same time with ablation of CTI with system three-dimensional navigation, without using fluoroscopy. The study was conducted in 2019. The study included 32 patients. Average age 63 ± 3 years. The procedures were carried out using a navigation system. Puncture of the interatrial septum and control of the position of the instruments was carried out using intracardiac ultrasound. The first step of the procedure was pulmonary vein isolation, followed by ablation of the CTI. Follow-up period was 12 months. No cases of typical atrial flutter were diagnosed. 6 patients had AF episodes 4 months after surgery. Conclusion: Conducting a combined operation, namely ablation of CTI with pulmonary vein isolation, without the use of fluoroscopy, is possible and safe.

Keywords: atrial fibrillation, typical atrial flutter, radiofrequency ablation, fluoroscopy.

Сафонов Никита Владимирович

Аспирант, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» safon_92@mail.ru

Владислав Юрьевич Баранович

К.м.н., ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов»

vubara@yandex.ru

Файбушевич Александр Георгиевич

К.м.н., ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов»

faybushevich_ag@pfur.ru

Аннотация. Статья затрагивает проблему проведения электрофизиологических процедур без использования рентгеноскопии. В работе представлены результаты проведения изоляции устьев легочных вен одномоментно с аблацией КТП с использованием систем трехмерной навигации, без использования рентгеноскопии. Исследование проводилось в 2019 году. В исследование включено 32 пациента. Средний возраст 63 ± 3 года. Процедуры выполнялись с помощью навигационной системы. Пункция межпредсердной перегородки и контроль положения инструментов осуществлялся с помощью внутрисердечного УЗИ. Первым этапом выполнялась изоляция легочных вен, далее абляция КТИ. Период отдаленного наблюдения составил 12 месяцев. Случаев типичного трепетания предсердий диагностировано не было. У 6 пациентов были зарегистрированы эпизоды ФП спустя 4 месяца после операции. Заключение: Проведение сочетанной операции, а именно абляции КТП с изоляцией легочных вен без использования рентгеноскопии возможно и безопасно.

Ключевые слова: фибрилляции предсердий, типичное трепетание предсердий, радиочастотная абляция, рентгеноскопия.

Введение

В настоящее время в интервенционном лечении нарушений ритма сердца широкое применение нашли флюороскопические системы трехмерно-электроанатомического картирования для облегчения процедур катетерной абляции. Данной проблеме посвящено множество исследований [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10]. Однако в данные работы не были включены

пациенты с ТП. Также имеются работы о проведении процедур катетерной абляции без использования нефлюороскопических методов при лечении суправентрикулярных тахикардий за исключением фибрилляции предсердий и атипичного трепетания предсердий [9, 11]. Большинство интервенционных аритмологов проводят абляцию каватрикуспидального перешейка (КТП) с использованием рентгеноскопии. В нашей работе мы предоставим результаты проведения изоляции легоч-

Таблица 1. Сопутствующие заболевания и факторы риска возникновения типичного трепетания предсердий»

Количество пациентов / patients	32 100%
Мужчины / male	16 50%
Женщины / female	16 50%
Сахарный диабет /diabetes mellitus	6 18,5%
Хроническая сердечная недостаточность / chronic heart failure	3 9,38%
Удлиненный интервал p-q / increased p-q interval	4 12,5%
Ишемическая болезнь сердца / ischemic heart disease	5 15,63%
Хроническая обструктивная болезнь легких / chronic obstructive pulmonary disease	2 6,25%
Артериальная гипертония / arterial hypertension	18 56,25%
Курение / smoking	6 18,75%
Хроническая болезнь почек / chronic kidney disease	3 9,38%
Ожирение / obesity	4 12,5%

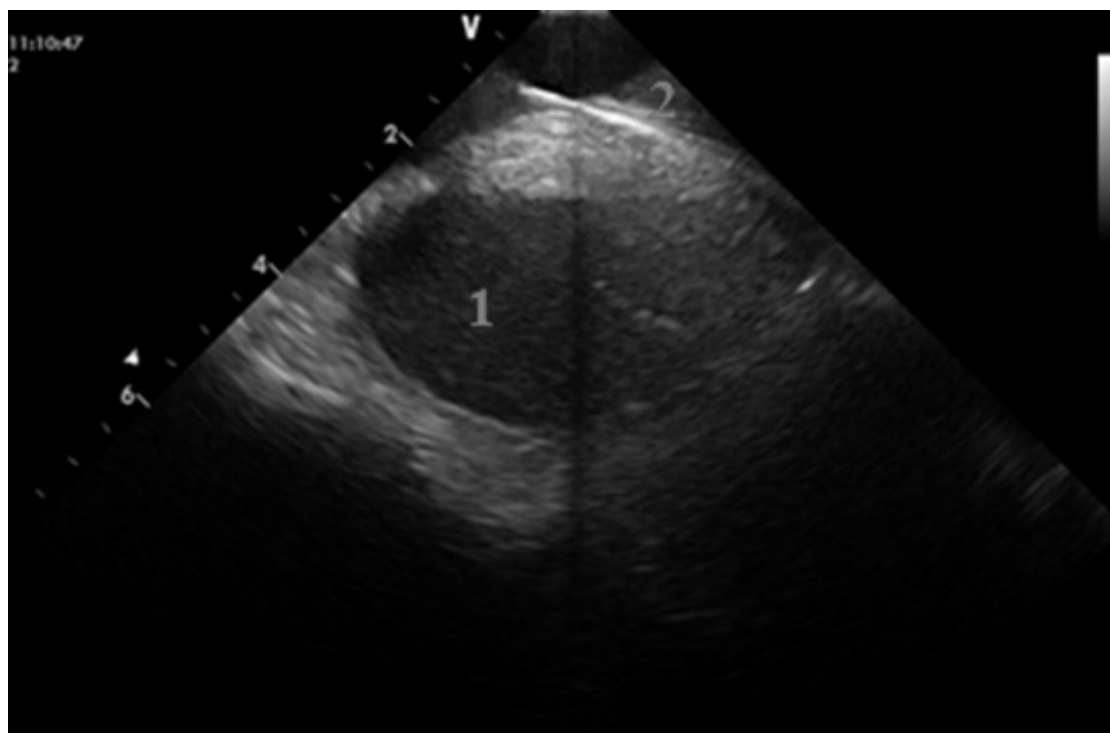


Рис. 1. Позиционирование проводников в области ВПВ

Примечание: 1 — полость ЛП, 2 проводники в ВПВ. Note: 1 — left atrium, 2 — guidewires in vena cava superior.

ных вен одновременно с абляцией КТП, с помощью внутрисердечной эхокардиографии, без использования рентгеноскопии.

Цель

Оценить результаты проведения изоляции легочных вен одновременно с абляцией КТП без использования рентгеноскопии.

Материалы и методы

Наша работа представляет собой пилотный проект. Работа проводилась в 2019 году. Критерии включения: пароксизмальная ФП, наличие документированного ТП. Критерии исключения: персистирующая ФП, отсутствие ТП в анамнезе. Конечные точки: основные сердечно-сосудистые события, ре-операции, регистрация пароксизмов ТП. В работу включено 32 пациента.

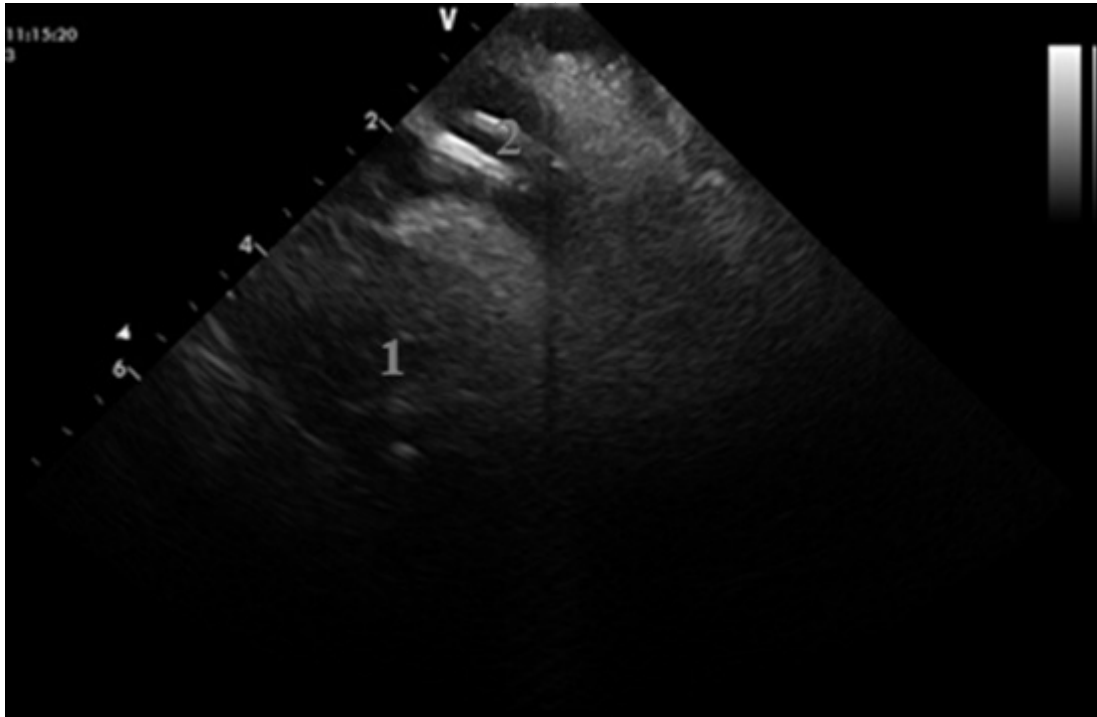


Рис. .2 Позиционирование интродьюсеров в ВПВ

Примечание: 1 — полость ЛП, 2 интродьюсеры в ВПВ. Note: 1 — left atrium, 2-2 introducer in vena cava superior.

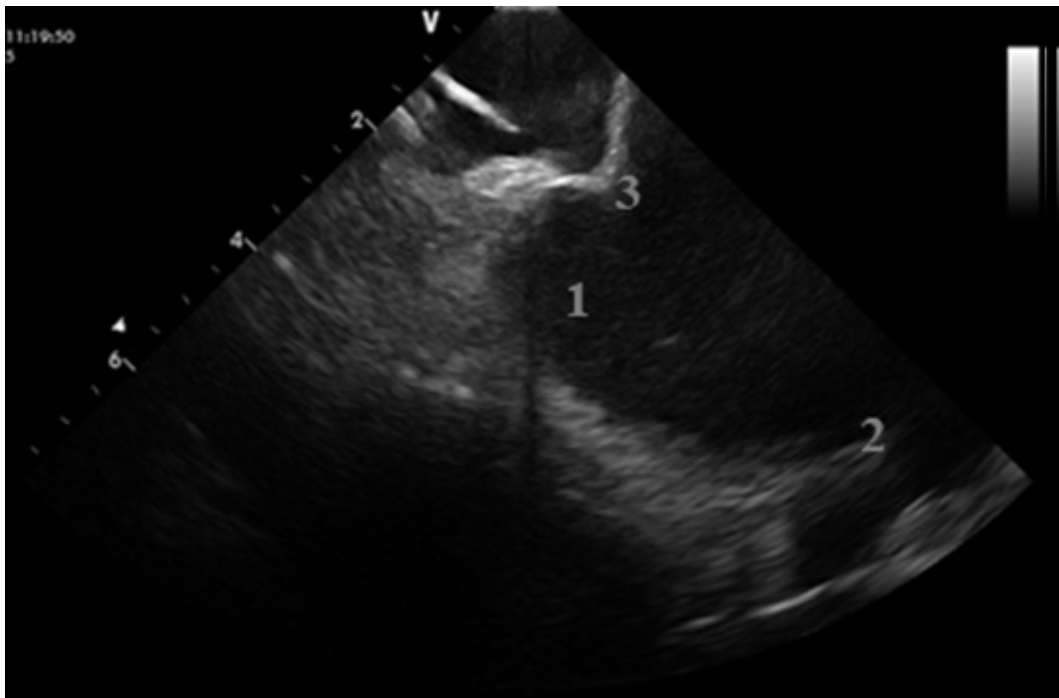


Рис. 3. Место пункции МПП

Примечание 1 — полость ЛП, 2 карина между левыми легочными венами, 3 положение позиция транссептальной иглы, натяжение МПП. Note: 1 — left atrium, 2 — carina between left pulmonary veins, 3 — tenting of interatrial septum

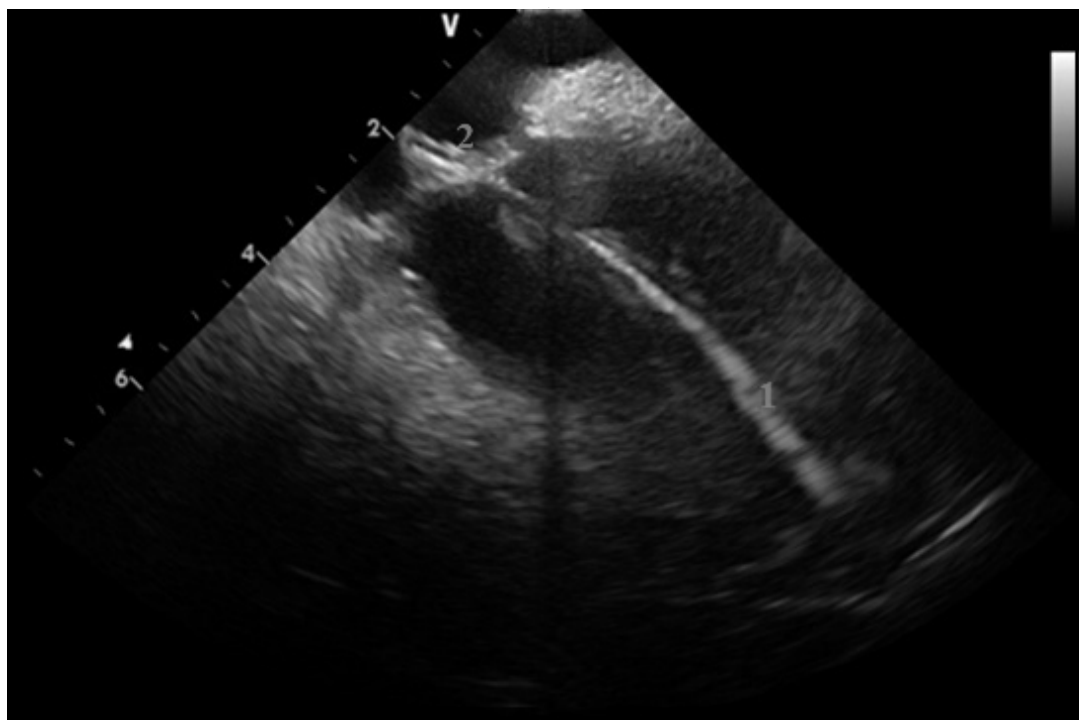


Рис. 4. Проводник в области левой верхней легочной вены

Примечание 1 — проводник в левой верхней легочной вене, 2 — комплекс дилатор в интролюйсере.

Note: 1 — guidewire in left superior pulmonary vein, 2 — dilator and introducer.

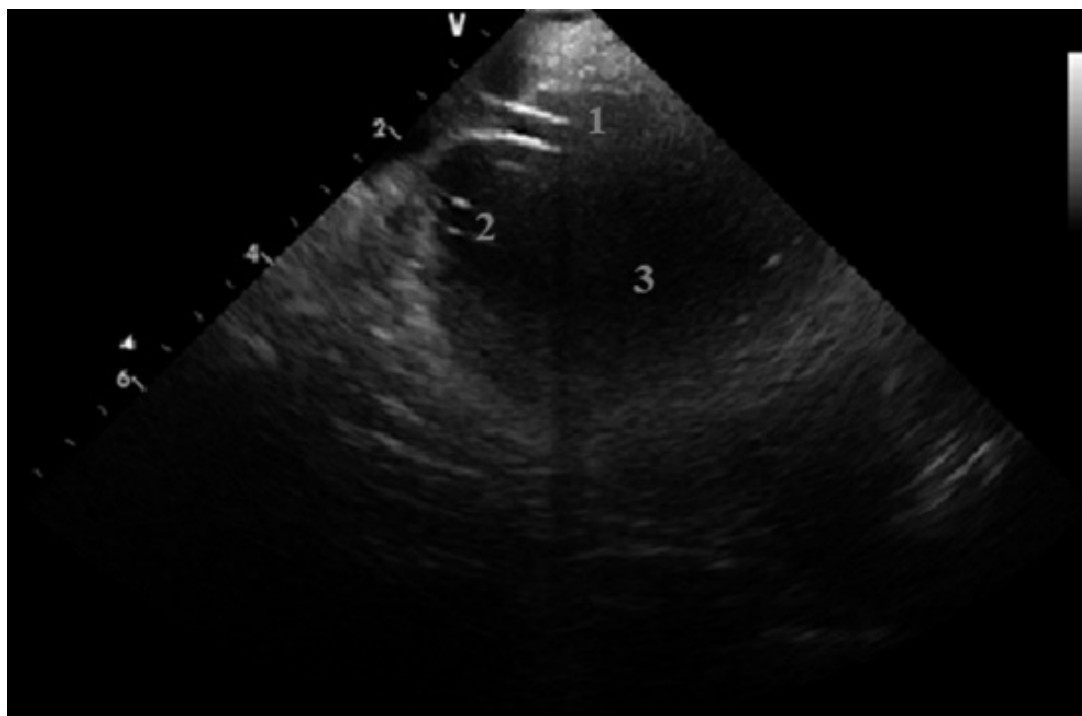


Рис. 5. позиционирование инструментов в ЛП

Примечание 1,2 — интродьюсеры в ЛП, 3 полость ЛП. Note: 1,2 — introducers in left atrium,

3 — left atrium.

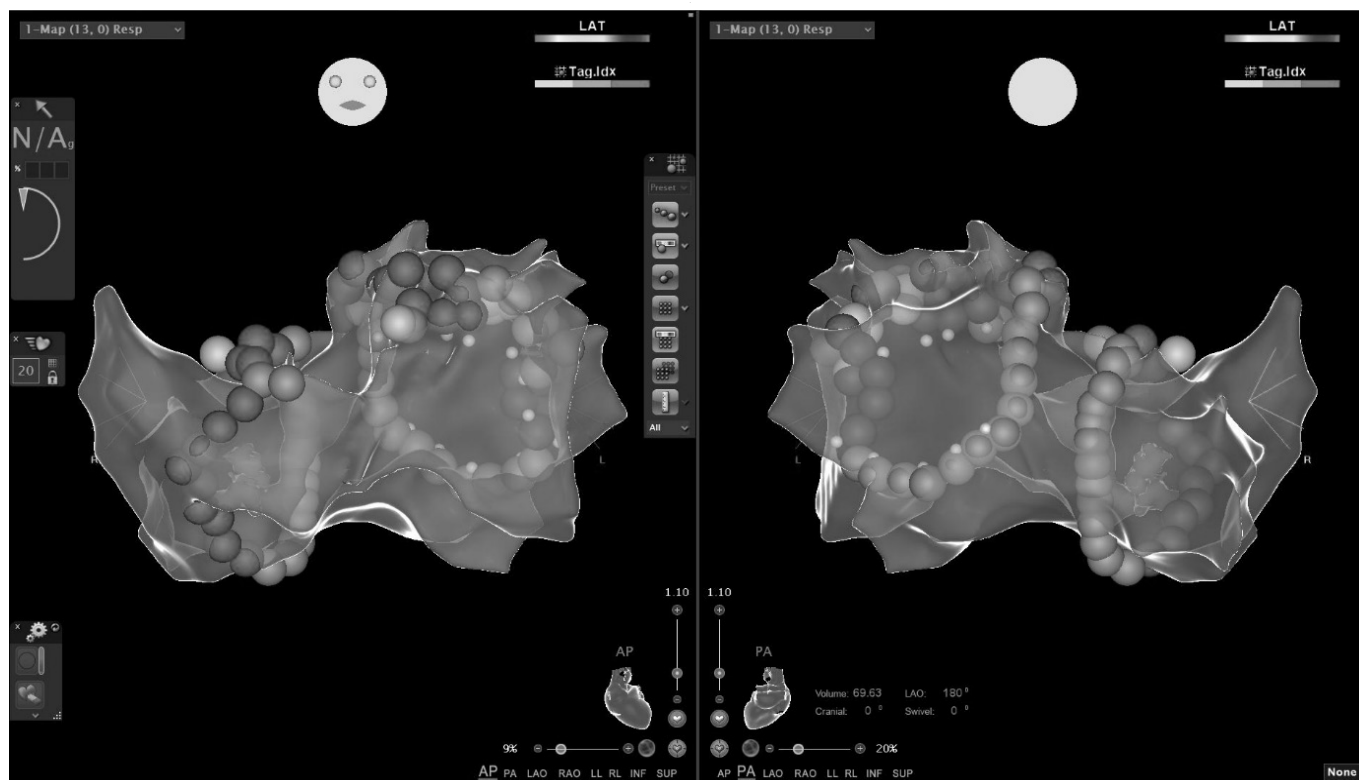


Рис. 6. Анатомическая карта изоляция устьев легочных вен

Примечание слева передняя проекция, справа задняя проекция. Note: anterior-posterior view in the left, posterior-anterior view in the right.

Средний возраст 63 ± 3 года. Сопутствующие заболевания и краткая характеристика пациентов представлена в таблице № 1. Пациенты были включены в исследования после информированного письменного согласия. Исследование одобрено этическим комитетом РУДН. Антикоагулянтная терапия проводилась минимум за 4 недели до операции. При терапии варфарином, операция выполнялась при значении МНО 2,1–2,3. Операции проводились без отмены новых антикоагулянтов. Пациенты прекращали прием антиаритмических средств за 2–3 периода полувыведения перед абляцией. Перед операцией всем пациентам выполнялась трансторакальная и внутрисердечная эхокардиография (ЭХО-КГ) с целью исключения структурного заболевания сердца и образования тромба в левом предсердии и его ушке. По показаниям была проведена коронарография.

Ход операции: На первом этапе коронарный синус через яремный доступ. Трижды пунктировалась правая бедренная вена. После пункции бедренной вены проводилась системная гепаринизация (100 мг/кг).

Длинные проводники позиционировались в области верхней полой вены. Контроль положения проводников осуществлялся с помощью внутрисердечного

ЭХО-КГ (рис. 1). Для проведения внутрисердечного ЭХО-КГ использовался аппарат GE Vivid-I, также датчик для внутрисердечного ЭХО-КГ ACUSON AcuNav™ Ultrasound Catheter. Проведение интродьюсеров в верхнюю полой вену осуществлялось под контролем внутрисердечного ЭХО-КГ (рис. 2).

Пункция межпредсердной перегородки (МПП) проводилась под контролем внутрисердечного ЭХО-КГ (рис. 3). МПП пунктировалась максимально низко, кончик транссептальной иглы позиционировался на уровне «карины» между левыми легочными венами. После проведения пункции в полость левого предсердия (ЛП) вводился дилатор на расстояние примерно 2–3 мм. Транссептальная игла вынималась. Далее вводился длинный проводник и позиционировался в левую верхнюю легочную вену (рис. 4). По такой же схеме осуществлялась вторая пункция. Далее полость ЛП проводились рабочие инструменты (рис. 5).

Следующим этапом было построение анатомической карты в режиме быстрого построения. Использовалась система трехмерной навигации Carto 3™ biosense webster. Использовался абляционный электрод с возможностью измерения силы прижатия — ThermoCool®

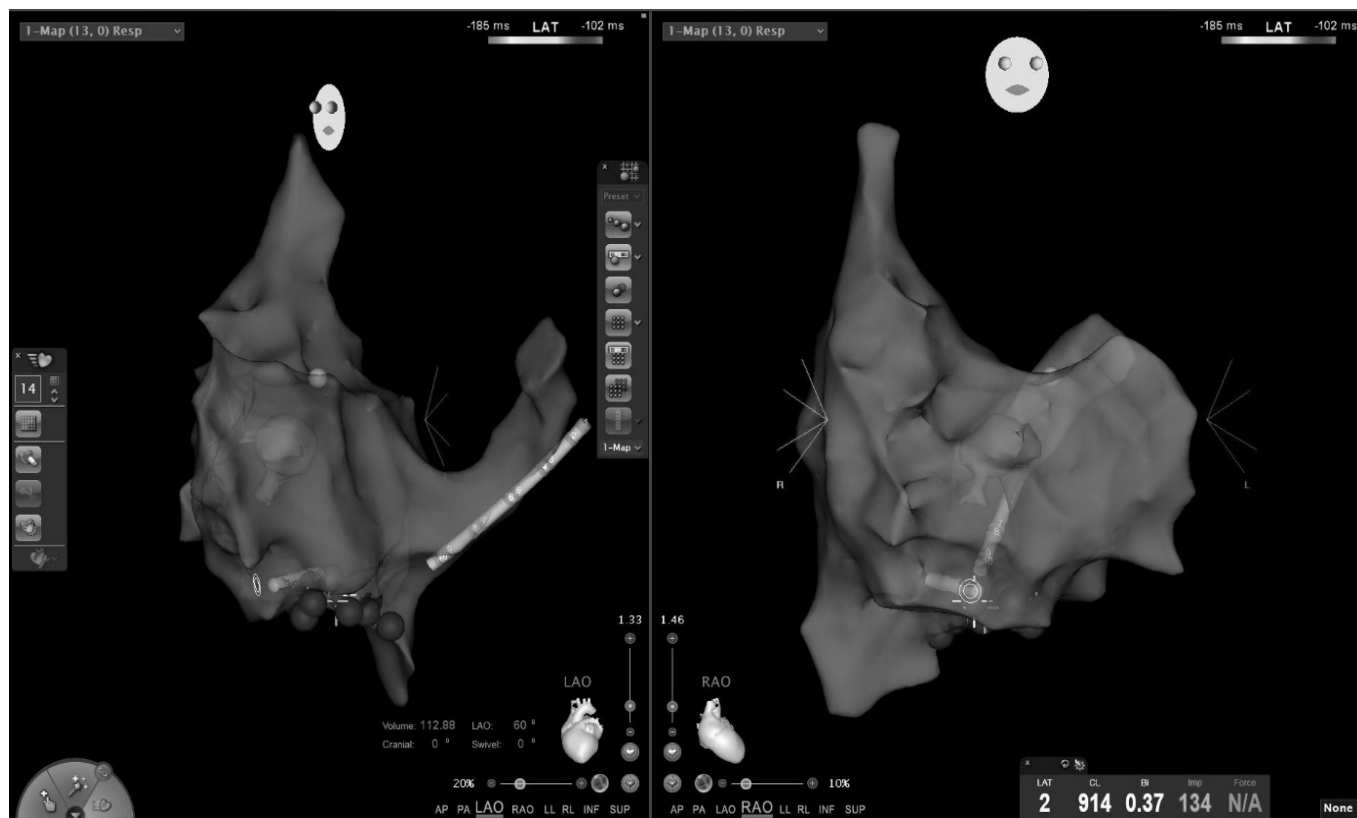


Рис. 7. Линейное воздействие по КТП

Примечание слева левая косая проекция, справа правая косая проекция. Note: left lateral obelisc in the left, right anterior obelisc in the right.

SmartTouch® производство biosense webster. Далее проводилась антральная изоляция легочных вен. Использовался диагностический двадцатиполусный электрод Lasso производство biosense webster, период ожидания после воздействия 20 минут. Изоляция легочных вен оценивалась по следующим параметрам: уменьшение амплитуды сигнала с диагностического электрода более чем в 5 раз, отсутствие проведение импульса (блок входа и блок выхода). После удаления инструментов из левого предсердия мы измеряли время правопредсердного проведения. Далее представлен рис. 6 после проведения изоляции легочных вен.

После проведения изоляции легочных вен диагностический электрод удалялся, абляционным электродом проводилось построение анатомической карты правого предсердия. Далее 10 полюсной электрод (WEBSTER® Decapolar Deflectable Catheter) позиционировался в коронарный синус. Следующим этапом проводилась абляция КТП. На рис 8. Показаны используемые проекции и видно линейное воздействие по КТП. Конечной точкой процедуры абляции было достижение полного двунаправленного блока в КТП. После проведения абляции КТП операция заканчивалась.

Период наблюдения составил 12 месяцев. Последующее наблюдение за пациентами проводилось через 24 ч после процедуры с ЭКГ-мониторингом. Антикоагулянтная терапия возобновлялась через 6 часов после операции. Все пациенты продолжали антикоагулянтное лечение не менее 3 месяцев. Пациентам с рецидивирующим ФП в течение 3 месяцев после абляции была проведена кардиоверсия, и по показаниям был назначен антиаритмический препарат. Все пациенты проходили клиническую оценку у одного и того же врача через 3, 6, 12, месяцев, включая ЭКГ по 12 отведениям и 2-дневные записи по Холтеру. Через 3 месяца наблюдения мы отменяли антиаритмические препараты, если у пациентов не было ФП и ТП на 2-дневных ХМ-ЭКГ. Пациентам проводилась повторная абляция, если после трех месяцев сохранялись симптомные пароксизмы ФП или ТП.

Результаты

Критерии изоляции легочных вен удалось достичь у всех пациентов. Абляция КТП была успешно проведена у всех пациентов. Среднее время операции составило 125±14 минут. Осложнения представлены ге-

матомой в области пункции бедренной вены у одного пациента (3.13%).

Период отдаленного наблюдения составил 12 месяцев. Случаев типичного трепетания предсердий диагностировано не было. Эффективность процедуры по поводу ТП составила 100% в течение одного года. Эффективность процедуры по поводу фибрилляции предсердий в течение 12 месяцев составила 78.3% (пароксизмы ФП и ТП отсутствовали у 25 пациентов). У 7 пациентов (22,35%) по данным двухдневного ХМ-ЭКГ были зарегистрированы эпизоды фибрилляции предсердий спустя 4 месяца после операции. Этим пациентам была повторно проведена изоляция легочных вен (операция проводилась на 4 месяце после операции). Интраоперационно у этих пациентов был определен прорыв линии блока в области левых легочных вен, их передней стен-

ки. Также этим пациентам мы проверяли двунаправленный блок в КТП.

Обсуждение

Наша работа показывает, что проведении изоляции легочных вен одновременно с абляцией КТП без использования рентгеноскопии безопасна и эффективна при краткосрочном наблюдении. Однако необходимо проведение проспективного рандомизированного исследования с целью сопоставления результатов операции, времени операции и возможных осложнений.

Выводы

Проведение сочетанной операции, а именно абляции КТП с изоляцией легочных вен без использования рентгеноскопии возможно и безопасно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Feasibility of zero or near zero fluoroscopy during catheter ablation procedures: Laurent M. Haegeli, Linda Stutz, Mohammed Mohsen, Thomas Wolber, Corinna Brunckhorst, Chol-Jun On, Firat Duru *Cardiology Journal* 2019; 26(3):226–232. doi: 10.5603
2. A New Technique for Zero Fluoroscopy Atrial Fibrillation Ablation Without the Use of Intracardiac Echocardiography: Silvia Guarguagli, Ilaria Cazzoi, Aleksander Kempny *JACC Clinical Electrophysiology* 4(12):1647–1648. doi: 10.1016
3. Fluorless and contrast-free catheter ablation without a lead apron in routine clinical practice: J. Mauricio Sánchez, Margaret A. Yanics, Patricia Wilson, Amit Doshi, Thomas Kurian, Stephen Pieper. *Journal of Interventional Cardiac Electrophysiology* 08/2/2016
4. Zero Fluoroscopy Ablation: Recent Trends in Radiation Exposure in the EP Lab: Alaina R. Martinez, Chris Anderson, Mansour Razminia. *Current Treatment Options in Pediatrics* 11/2019 DOI: 10.1007/s40746–019–00170–7
5. Zero Fluoroscopy Ablation of Atrial Fibrillation: A Safety and Feasibility: Luigi Di Biase, Rodney Horton, Chintan Trivedi, Prasant Mohanty, Sanghamitra Mohanty, Rong Bai, Javier Sanchez, G. Joseph Gallinghouse, Jason Zagrodzky, Amin Al-Ahmad, Patrick Hranitzky, J. David Burkhardt, Andrea Natale. *Circulation* 27 Mar 2018 doi: 10.5603/CJ.a2018.0029
6. Zero-Fluoroscopy Ablation at the Texas HeartInstitute: David Burkland, MD *Tex Heart Inst J* (2020) 47 (1): 53–56. doi: 10.14503/THIJ-19–7057
7. Near-zero x-ray in arrhythmia ablation using a 3-dimensional electroanatomic mapping system: A multicenter experience: Marzia Giaccardi, Attilio Del Rosso, Vincenzo Guarnaccia, Piercarlo Ballo, Giuseppe Mascia, Leandro Chiodi, Andrea Colella *Heart Rhythm* 2016 Jan;13(1):150–6. doi: 10.1016/j.hrthm.2015.09.003.
8. Safety profile of near-zero fluoroscopy atrial fibrillation ablation with non-fluoroscopic catheter visualization: experience from 1000 consecutive procedures Philipp Sommer: Livio Bertagnolli, Simon Kircher, Arash Arya, Andreas Bollmann, Sergio Richter, Sascha Rolf, Gerhard Hindricks *Europace*. 2018 Dec 1;20(12):1952–1958. doi: 10.1093/europace/eux378.
9. Zero-fluoroscopy approach for ablation of supraventricular tachycardia using the Ensight NavX system: a multicenter experience Guangzhi Chen, Yan Wang, Riccardo Proietti, Xunzhang Wang, Feifan Ouyang, Chang Sheng Ma, Rong Hui Yu, Chunxia Zhao, Kezhong Ma, Jie Qiu, Qigong Liu, Dao Wen Wang Chen et al. *BMC Cardiovascular Disorders* (2020) doi.org/10.1186/s12872–020–01344–0.
10. Occupational radiation exposure in the electrophysiology laboratory with a focus on personnel with reproductive potential and during pregnancy: A European Heart Rhythm Association (EHRA) consensus document endorsed by the Heart Rhythm Society (HRS) Andrea Sarkozy, Tom De Potter, Hein Heidebuchel, Sabine Ernst, Jędrzej Kosiuk, Eliseo Vano, Eugenio Picano, Elena Arbelo, Usha Tedrow *EP Europace*, Volume 19, Issue 12, December 2017, Pages 1909–1922. doi.org/10.1093/europace/eux252
11. Zero-fluoroscopy approach for ablation of supraventricular tachycardia using the Ensight NavX system: a multicenter experience Guangzhi Chen, Yan Wang, Riccardo Proietti, Xunzhang Wang, Feifan Ouyang, Chang Sheng Ma, Rong Hui Yu, Chunxia Zhao, Kezhong Ma, Jie Qiu, Qigong Liu, Dao Wen Wang. *BMC Cardiovasc Disord.* 2020; 20: 48 Published online 2020 Feb 3. doi: 10.1186/s12872–020–01344–0

© Сафонов Никита Владимирович (safon_92@mail.ru),

Владислав Юрьевич Баранович (vubara@yandex.ru), Файбушевич Александр Георгиевич (faybushevich_ag@pfur.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРИМЕНЕНИЕ ПНЕВМОБОРОМАШИНЫ ПРИ ОСТЕОСИНТЕЗАХ У БОЛЬНЫХ С ПЕРЕЛОМАМИ НИЖНЕЙ ЧЕЛЮСТИ

THE USE OF PNEUMOBOROMACHINE IN OSTEOSYNTHESIS IN PATIENTS WITH FRACTURES OF THE LOWER JAW

A. Soltanov

Summary. Currently, the process of cutting and drilling bones is one of the unsolved problems in the CHLC. For the formation of holes during osteosynthesis, implantation and cutting of bone in maxillofacial surgery, devices with a low power of an electric motor and an uncontrolled speed of rotation of the working tool or expensive devices such as Piezon-Master 400 are used

Keywords: mandibular fracture; osteosynthesis; pneumatic feeding machine.

Солтанов Аллахкулу Джаналеддинович

Аспирант, ФГБОУ ВО «Самарский Государственный
Медицинский Университет» Минздрава РФ
alik_solt@mail.ru

Аннотация. В настоящее время в челюстно-лицевой хирургии (ЧЛХ) процесс резания и сверления костей является одной из нерешенных проблем. Для формирования отверстий при остеосинтезе, имплантации и резании кости в ЧЛХ используются устройства, имеющие малую мощность электромотора и неконтролируемую скорость вращения рабочего инструмента или дорогостоящие аппараты, типа Пьезон-Мастер 400.

Ключевые слова: перелом нижней челюсти; остеосинтез; пневмоборомашина.

Введение

Недоступность импортных аппаратов и нерациональное применение отечественных приводит к возникновению ожогов кости, нарушению линии распила и изменению диаметра отверстия в кости [1]. Поэтому мы совместно с учеными Самарского государственного аэрокосмического университета провели серьезную работу по экспериментальному обоснованию этого процесса, результаты которой мы перенесли в клиническую практику.

Цель исследования

Обосновать применение малоинвазивного турбинного устройства для сверления и резания кости, обеспечивающего постоянную номинальную скорость и крутящий момент на режущем инструменте.

Материал и методы исследования

Морфологические, морфометрические, клинико-рентгенологические, технические, статистические.

Остеосинтез — (др.-греч. *ὀστέον* — кость; *σύνθεσις* — сочленение, соединение) хирургическая репозиция костных отломков при помощи различных фиксирующих конструкций, обеспечивающих длительное устранение их подвижности. Цель остеосинтеза — обеспечение стабильной фиксации отломков

в правильном положении с сохранением функциональной оси сегмента, стабилизация зоны перелома до полного сращения.

Обычно остеосинтез используют в тех случаях, когда консервативные методы не дали бы желаемого результата или когда после обследования больного стало ясно, что консервативные методы не обеспечат адекватной репозиции и эффективной фиксации отломков.

Перелом нижней челюсти — патологическое состояние, возникающее при нарушении целостности нижней челюсти. Среди травм ЧЛО переломы нижней челюсти диагностируются наиболее часто. Основную группу пациентов составляют мужчины в возрасте от 20 до 45 лет [5]. У детей переломы нижней челюсти встречаются в 15% случаев. По распространенности первую позицию занимают переломы тела (свыше 65%), на втором месте — повреждения угла (37%), на третьем — переломы ветви. Перелом нижней челюсти возникает вследствие воздействия силы, величина которой превышает пластические характеристики костной ткани, что бывает, например, в результате фронтальных и латеральных ударов в нижнюю треть ЧЛО, при падении с высоты на лицо тяжелых предметов, в случае ДТП и т.д. Диагноз «перелом нижней челюсти» ставят, исходя из жалоб, локального статуса, данных рентгенографии.

Широкое внедрение современных методов остеосинтеза позволило сократить сроки и улучшить резуль-



Рис. 1. Патент на изобретение (patent for invention)

таты лечения пострадавших, открыло новые перспективы в лечении переломов нижней челюсти различных локализаций, в том числе при множественной и сочетанной травме лица [2].

Проблема лечения переломов нижней челюсти остается в центре внимания челюстно-лицевых хирургов всех стран мира.

Анализ результатов остеосинтеза нижней челюсти показывает, что частота осложнений при хирургической фиксации переломов нижней челюсти остается еще значительной и по данным различных авторов составляет от 2% до 18,5%, и в значительной степени зависит от метода остеосинтеза. Частота осложнений особенно возрастает при остеосинтезе переломов нижней челюсти, осложненных травматическим остеомиелитом, и составляет от 8 до 41%, что в значительной степени удлиняет сроки реабилитации пострадавших [3]. В связи с низкой эффективностью ручной репозиции отломков при переломах нижней челюсти со смещением чаще используют хирургический метод лечения.

В разработке проблемы хирургического лечения больных с переломами нижней челюсти немаловажное значение приобретает техническое оснащение опе-

рации. Нарушение техники проведения остеосинтеза приводит к миграции скрепителя. Эти осложнения отмечены при накостном остеосинтезе и были обусловлены нарушением техники фиксации отломков или использованием фиксатора [4]. Учитывая все виды осложнений, имеющие наконечники и пневмобормашины.

Материалом для морфологического исследования служили фрагменты свиной кости, обработанные сверлом в 5 режимах частоты вращения (5, 10, 15, 20 тыс. об/мин). Для этого мы вначале взяли набор свёрл, которые используются в ЧЛХ и в общей травматологии. Свёрла и челюсти животных, которые были забиты накануне, жёстко фиксировали. Сверление кости производили, создавая разные усилия на инструменте. Диаметр свёрл и скорость вращения были разными.

После макроскопической оценки объекты декальцинировали, проводили в ацетонах и заливали в парафиновые блоки. Срезы толщиной 7 мкм окрашивали гематоксилином и эозином, пикрофуксином по Ван-Гизону, изучали светооптически при помощи микроскопа Nikon Alphaphot YS2-H, оснащённого цифровой видеокамерой. Морфометрическое исследование проводили с помощью программы «Видео Тест-Морфо». Зоны некроза в препаратах соответствовали зонам дефекта

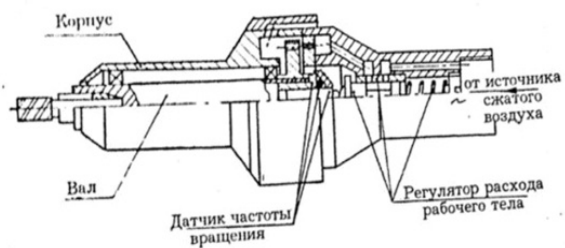


Рис. 2. Устройство турбинной пневмобормашины а) схематическое изображение (schematic representation) б) турбинная пневмобормашина в сборе с стоматологическим наконечником (turbine air handpiece complete with dental handpiece)



Рис. 3. Этап работы турбинной пневмобормашинной в операционной (Stage of work of a turbine pneumatic machine in the operating room)

после декальцинации при макро- и микроскопическом исследовании.

Изобретение относится к области медицины, а в частности, к хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии, и будет использовано для формирования отверстий в челюстных костях при проведении остеосинтеза нижней челюсти.

Целью создания данной пневмобормашины является создание малоинвазивного устройства, обеспечивающего постоянную номинальную частоту вращения при изменении нагрузки на режущий инструмент, имеющего меньшую массу и габариты по сравнению с аналогами.

Задача изобретения — создать устройство для безопасного формирования отверстий в челюстных костях для остеофиксаторов у пациентов с переломами нижней челюсти, обеспечивающее прочный остеосинтез с надежной иммобилизацией отломков и их компрессией. Изобретение обеспечивает повышение надежности остеосинтеза за счет щадящего воздействия на костную ткань в связи с более низким температурным воздействием. Целью данного изобретения является создание малоинвазивного устройства, обеспечивающего постоянную номинальную частоту вращения при изменении нагрузки на режущий инструмент, имеющего меньшую массу и габариты по сравнению с аналогами. Выявлена прямая зависимость между числом оборотов и глубиной зоны деструкции костной ткани. По результатам клинического применения преимуществами ТПБМ являются: сокращение времени проведения операции за счёт увеличения скорости сверления и резания костной ткани; сила воздействия режущим инструментом позволяет не вызывать ожог костной ткани в оперируемой области; уменьшение вибрации по сравнению с аналогами, имеющими ротационные двигатели; предлагаемое устройство значительно легче и более мобильно при эксплуатации; снижены масса и габариты; уменьшен удельный расход сжатого воздуха.

После получения результатов эксперимента, мы вместе с морфологами готовили специальные препараты, чтобы посмотреть под микроскопом. В результате микроскопии обнаружили степень ожога при разных скоростях.

Получив эти результаты в эксперименте, мы вместе с нашими коллегами из Аэрокосмического университета разработали специальную турбинную пневмобормашину для сверления и резания кости.

Устройство представляет собой корпус, внутри которого на подшипниковых опорах установлен вал,

с наружной стороны имеющий цанговый зажим для крепления режущего инструмента. С другой стороны вала установлен малоразмерный турбопривод, состоящий из осевой микротурбины, датчика частоты вращения и регулятора расхода воздуха. Длина ТПБМ равна 155 мм, максимальная ширина — 2 см, вес — 102 г, номинальная мощность — 80 Вт, частота вращения — 2000 об/мин, расход воздуха — 8 г/с.

Работает следующим образом: воздух подается централизованно через систему воздухопроводов. Пневмобормашина соединяется с рабочим инструментом с помощью специального соединительного устройства. Воздух через гибкие армированные шланги поступает к педали. С помощью педали регулируется поток воздуха, который направляется непосредственно на турбинную бормашину.

Турбинная пневмобормашина состоит из собственного турбинного отсека, где располагаются несколько ступеней турбин, специально изготовленных и работающих следующим образом: воздух подается на первую турбину.

Турбинное отделение соединено со специальным устройством для фиксации наконечника. Сверло или другой инструмент (бор, пила) надевается в зависимости от цели, которую преследует хирург. В том случае, когда необходимо использовать сверло для подготовки отверстий, применяется обычный наконечник, который жестко соединяется с турбинной бормашинкой. Приводится в движение нажатием на ножную педаль. Когда при сверлении возникает сопротивление, включается следующая ступень и машинка не останавливается, а продолжает работать. Это происходит потому, что когда недостаточно мощности, автоматически включается следующая ступень (2-я или 3-я) и поэтому проблем со сверлением и резанием костей у нас не бывает. Сверление мы осуществляем стандартными свёрлами. Если необходимо использовать пилу Линдемана, надевается специальный наконечник. Плоскостная остеотомия производится с помощью реципрокной пилы, производящей не вращательное, а поступательное движение.

Заключение

Техническим результатом использования изобретения является обеспечение безопасного формирования костных отверстий при проведении остеосинтеза, повышение надежности их фиксации костных фрагментов. Этот технический результат достигается тем, что в конструкции предлагаемой пневмобормашины в качестве двигателя использован малоразмерный турбопривод с регулятором частоты вращения на базе

осевой микротурбины. Данное изобретение существует в нескольких экземплярах и активно внедряется в практику работы отделения Челюстно-Лицевой Хирургии Клиник СамГМУ. Таким образом, операция проходит с минимальной травматичностью и с более высокой скоростью и удобством ее выполнения. Изо-

бретение возможно и целесообразно использовать в стационарном лечении при операциях на челюстных костях. Турбинная пневмобормашина рекомендуется в клиническую практику при работе на лицевых костях как альтернатива стандартным турбинным устройствам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Архипов А.В. проблема интеграции материалов при дентальной имплантации, новые хирургические подходы в сложных клинических ситуациях (Экспериментально-клиническое исследование) автореф. дис. ... д-ра мед. наук / А.В. Архипов. — М., 2013. — 38 с.
2. Байриков И.М. Ортопедическое лечение с использованием имплантатов в условиях сочетания неблагоприятных факторов / И.М. Байриков, С.С. Комлев, М.В. Щербаков // Институт стоматологии. — 2017. — № 1. — С. 84–85.
3. Бернадский Ю.И. Основы челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии. М., Мед. литература, 3-е изд. 2007, 408 с.
4. Байриков И.М. Кандидатская диссертация «Оценка методов лечения и реабилитации больных с переломами нижней челюсти» — Самара, 1987. С. 150–160.
5. Лукьяненко В.И. Неотложная стоматологическая помощь: Важнейшие вопросы стоматологии / В.И. Лукьяненко. — Москва: Медицина, 1976. — 232 с.

© Солтанов Аллахкулу Джаналединович (alik_solt@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Самарский государственный медицинский университет

ПРОЛОНГАЦИЯ БЕРЕМЕННОСТИ ДО 14 ДНЕЙ И БОЛЕЕ 14 ПРИ ПРЕЖДЕВРЕМЕННОМ ИЗЛИТИИ ОКОЛОПЛОДНЫХ ВОД

PROLONGATION OF PREGNANCY TO 14 DAYS AND ≥ 14 . IN CASE OF PREMATURE DISCHARGE OF AMNIOTIC FLUID

**N. Shubitidze
T. Gustovarov
I. Taboridze**

Summary. Prematurity is the main cause of perinatal morbidity and mortality in economically developed countries. In about every third case, the development of labor during premature pregnancy is provoked by premature rupture of the membranes and partial or complete rupture of amniotic fluid [1]. Objective: To determine the factors of prolongation of pregnancy with premature discharge of amniotic fluid. Materials and methods: We studied the clinical and laboratory features in 196 patients with prenatal amniotic fluid outflow from the contingent of the clinics Gagua and Pineo, who carried out a pregnancy extension in 2016–2018 with gestational periods of 22–34 weeks. The selection criteria for prolonging the pregnancy of PIU patients was the absence of clinical and laboratory signs of an ascending infection, as well as signs of hypoxia and intrauterine growth retardation. Obstetric management of pregnant women with PRPO consisted in the maximum prolongation of pregnancy in the absence of contraindications. The following were determined: Socio-biological factors of the mother, Obstetric and gynecological history: complicated course of the previous pregnancy, Extragenital diseases, Complications of pregnancy, Fetal status, Ultrasound parameters, laboratory tests — general analysis of blood and urine, bacterioscopy and smear bacteriology. Results: The gestational age during amniotic fluid effusion ranged from 22 to 34 weeks, an average of 29.1 + 3.0. Among 196 pregnant women with untimely discharge of amniotic fluid, prolongation of pregnancy was successful in 138 cases (70.40%). Average prolongation of 31.2 (0–179) days prolongation of 14 days or more was observed in 120 (61.22%) cases (group I) and prolongation failed or continued for less than 14 days in 76 (38.78%) cases (group II). In the prolongation group <14 days. Compared to ≥ 14 , the age of the mother was significantly higher, respectively 28.84 + 5.73 and 26.92 + 5.91 ($p = 0.0249$), and the male sex prevailed — respectively 54 (71.05%) and 48 (40.00%), $p < 0.0001$. Amniotic fluid (l) — respectively 1.13 + 0.93 and 2.42 + 1.13 ($p < 0.0001$), Cervical length (mm) — respectively 24.39 + 4.63 and 29.45 + 6.84 ($p < 0.0001$), Cervical dilatation (mm) — respectively 3.45 + 2.58 and 1.95 + 2.68 ($p = 0.0001$). Conclusions: 1. Prolongation of pregnancy depends on socio-biological factors, obstetric and gynecological history and pregnancy factors. 2. Prolongation is promoted by a high average rate of amniotic fluid and cervical length and a low rate of cervical dilatation.

Шубитидзе Нана Георгиевна

Смоленский Государственный Медицинский
Университет

nanashubitidze3@gmail.com

Густоварова Татьяна Алексеевна

Д.м.н., профессор, Смоленский Государственный
Медицинский Университет

Таборидзе Иамзе Ираклиевна

Академический доктор, профессор. Университет
Давида Агмашенебели Грузии, Тбилиси, Грузия

iataboridze@yahoo.com

Аннотация. Преждевременный разрыв плодных оболочек (ПРОМ) осложняет примерно 10% беременностей и является причиной примерно четверти преждевременных родов. Цель исследования: Определить факторов пролонгации беременности при преждевременной излитии околоплодных вод. Материалы и методы: Изучили клинико-лабораторные особенности у 196 пациенток с дородовым излитием околоплодных вод из контингента клиники Д. Гагуа и Медицинская экосистема Пинео, которым в 2016–2018 гг. проведена пролонгация беременности при сроках гестации 22–34 недели. Критериями отбора для пролонгирования беременности пациенток с ПИОВ явилось отсутствие клинических и лабораторных признаков восходящей инфекции и признаков гипоксии и задержки внутриутробного развития плода. Акушерская тактика ведения беременных с ПРПО заключалась в максимальном пролонгировании беременности при отсутствии противопоказаний. Определяли: Социально-биологические факторы матери, акушерско-гинекологический анамнез: осложненное течение предыдущей беременности, экстрагенитальные заболевания, осложнения беременности, состояние плода, параметры УЗИ, лабораторные исследования — общий анализ крови и мочи, бактериоскопия и бактериология мазка. Результаты и их обсуждения: Срок беременности во время излития околоплодных вод составил от 22 до 34 недель, в среднем 29.1+3.0. Среди 196 беременных с несвоевременной излитием околоплодных вод, пролонгация беременности удалась в 138 случае (70.40%). Среднее пролонгирование 31.2 (0–179) дней. Пролонгация на 14 и более суток наблюдалось в 120 (61.22%) случаях (I группа), и пролонгация не удалась или продолжалась менее чем 14 суток в 76 (38.78%) случаях (II группа). В группе пролонгации <14 д. По сравнению с ≥ 14 значимо выше возраст матери — соответственно 28.84+5.73 и 26.92+5.91($p=0.0249$) и превалировал мужской пол ребенка — соответственно 54(71.05%) и 48(40.00%), $p < 0.0001$. Околоплодные воды(л) — соответственно 1.13+0.93 и 2.42+1.13 ($p < 0.0001$), Длина шейки матки(мм) — соответственно 24.39+4.63 и 29.45+6.84 ($p < 0.0001$), Дилатация шейки матки(мм) — соответственно 3.45+2.58 и 1.95+2.68($p=0.0001$). Выводы: 1. Пролонгация беременности зависит от социально биологических факторов, акушерско-гинекологического анамнеза и факторов беременности. 2. Пролонгацию способствует высокий средний показатель количества околоплодных вод и длины шейки матки и низкий показатель дилатации шейки матки.

Keywords: pregnancy prolongation, premature discharge of amniotic fluid.

Актуальность

Недонашивание беременности — основная причина перинатальной заболеваемости и смертности в экономически развитых странах [1,2,3]. Преждевременный разрыв плодных оболочек (PROM) осложняет примерно 10% беременностей и является причиной примерно четверти преждевременных родов [4].

После разрыва, преждевременные роды часто наступают на следующей неделе [5]. Однако латентный период коррелирует с гестационным возрастом, чем дольше гестационный возраст, тем больше латентный период между разрывом и родами [6,7].

40% случаев излитие околоплодных вод связано с преждевременными родами и является причиной перинатальных потерь [8].

При недоношенной беременности, осложнившейся преждевременным излитием вод, целесообразно использование консервативно-выжидательной тактики ведения [9,10].

Целью выжидательной тактики — пролонгировать беременность до сроков, при которых достигаются все признаки морфофункциональной зрелости плода. Из-за опасности осложнений, которым подвергаются плод и мать при наличии внутри-амниотической инфекции, рекомендуется постоянно исключать противопоказания к выжидательному ведению беременности. Абсолютные противопоказания к пролонгированию беременности включают хориоамнионит, страдание плода и наличие активной родовой деятельности.

Цель исследования

Определить факторы пролонгации беременности при преждевременной излитии околоплодных вод.

Материалы и методы

Изучили клинико-лабораторные особенности у 196 пациенток с родовым излитием околоплодных вод из контингента клиники Гагуа и Пинео, которым в 2016–2018 гг. проведено пролонгация беременности при сроках гестации 22–34 недели.

Ключевые слова: пролонгация беременности, преждевременное излитие околоплодных вод.

Критерии включения: пролонгирования беременности пациенток с ПИОВ явилось отсутствие клинических и лабораторных признаков восходящей инфекции,

Критерий исключения: лихорадка, тахикардия, лейкоцитоз, гипоксия задержка внутриутробного развития плода.

Акушерская тактика ведения беременных с ПРПО заключалась в максимальном пролонгировании беременности. При отсутствии противопоказаний, проводили токолиз, антибактериальную терапию и профилактики респираторного дистресс синдрома (РДС) плода. Женщин, которые являлись клинически стабильными после 48 ч наблюдения, лечили дома.

Мониторинг состояния беременных включал оценку соматического и акушерского статусов, гемодинамических параметров, 3-часовой термометрии, ежедневного клинического анализа крови, бактериологического анализа, отделяемого из цервикального канала.

С помощью ультразвуковой фетометрии ежедневно оценивали индекс амниотической жидкости на ультразвуковом аппарате GEVolusonE8, UltrasoundMachine — nederland, провоил ежедневную кардиотокографию (КТГ) аппаратом SonicaidTeamCape, а также доплерографического исследования кровотока в артерии пуповины, аорте плода, маточных артериях. Оценка клеточного состава крови проведена с помощью гематологического анализатора MEK 7300 NihonKohden-Japan. Биохимические анализы — BTS350 BioSystems-Spain. придерживались выжидательной тактики ведения беременности с профилактикой возможного развития инфекционно-воспалительных осложнений.

Данные были собраны интервьюером под управлением структурированной анкеты.

Определяли: социально-биологические факторы матери, акушерско-гинекологический анамнез: осложненное течение предыдущей беременности, экстрагенитальные заболевания, осложнения беременности, состояние плода, лабораторные исследования -общий анализ крови, узи, бактериоскопия и бактериология мазка, общий анализ мочи.

Диагностика состояния плода включала проведение ультразвуковой фетометрии с ежедневной оценкой ин-

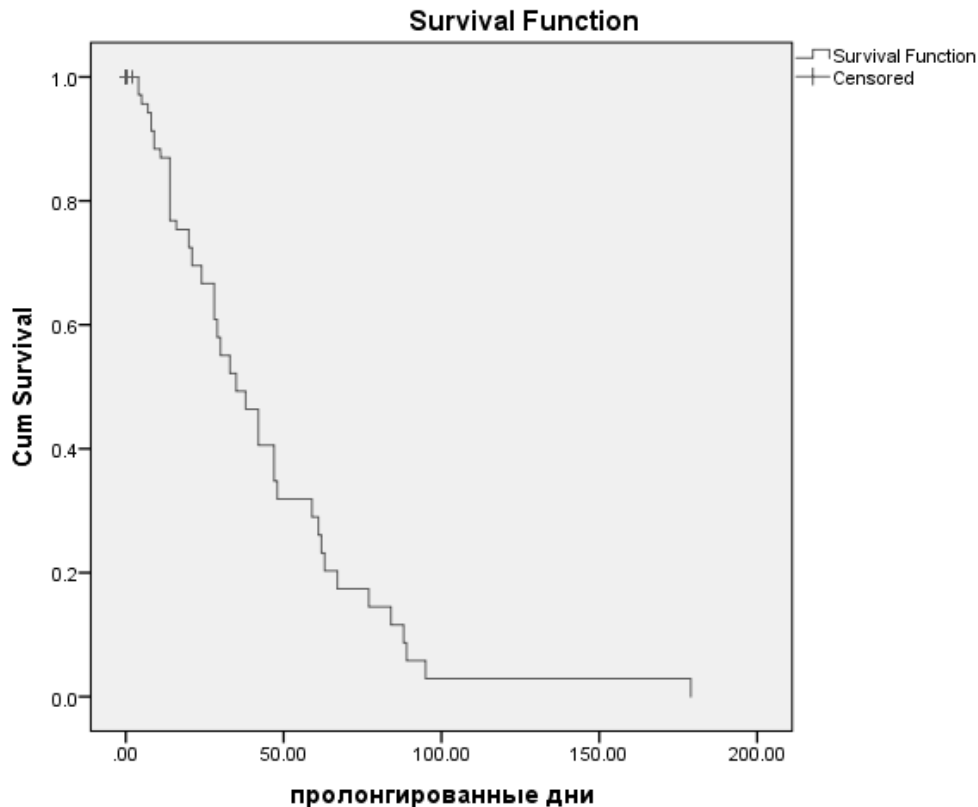


Рис. 1

декса амниотической жидкости на ультразвуковом аппарате Voluson8 Expert, ежедневной кардиотокографии (КТГ) аппаратом SonicaidTeamCare, а также доплерографического исследования кровотока в артерии пуповины, аорте плода, маточных артериях. Оценка клеточного состава крови проведена с помощью гематологического анализатора MEK 7300 NihonKohden-Japan.

Статистический анализ

Материал был разработан с использованием вариационной статистики: вычисляли среднее, среднеквадратическое отклонение, сравнение количественных характеристик проводили с помощью критерии Стьюдента. Для качественных показателей различия между группами мы оценили, используя критерий F (Фишера). Статистический анализ проводился с помощью программного пакета SPSS23.

Результаты

Срок беременности во время излития околоплодных вод составил от 22 до 34 недель, в среднем 29.1 ± 3.0 .

Среди 196 беременных с несвоевременной излитием околоплодных вод, пролонгация беременности удалась в 138 случаях (70.40%). Среднее пролонгирование 31.2 (0–179) дней.

На диаграмме представлена функция выживания, которая показывает пролонгирование беременности после разрыва околоплодных оболочек.

При дородовой излитии околоплодных вод пролонгация на 14 и более суток наблюдалась в 120 (61.22%) случаях (I группа) и пролонгация не удалась или продолжалась менее чем 14 суток в 76 (38.78%) случаях (II группа).

Срок беременности в обеих группах были сопоставимы и значимо не различались соответственно 29.16 ± 3.04 и 29.05 ± 2.95 ($t=0.24$, $p=0.8069$).

В группе пролонгации <14 д. По сравнению с ≥ 14 значимо выше возраст матери — соответственно 28.84 ± 5.73 и 26.92 ± 5.91 ($t=2.26$, $p=0.0249$) и преваляировал мужской пол ребенка — соответственно 54 (71.05%) и 48 (40.00%), $F=19.59$, $p<0.0001$.

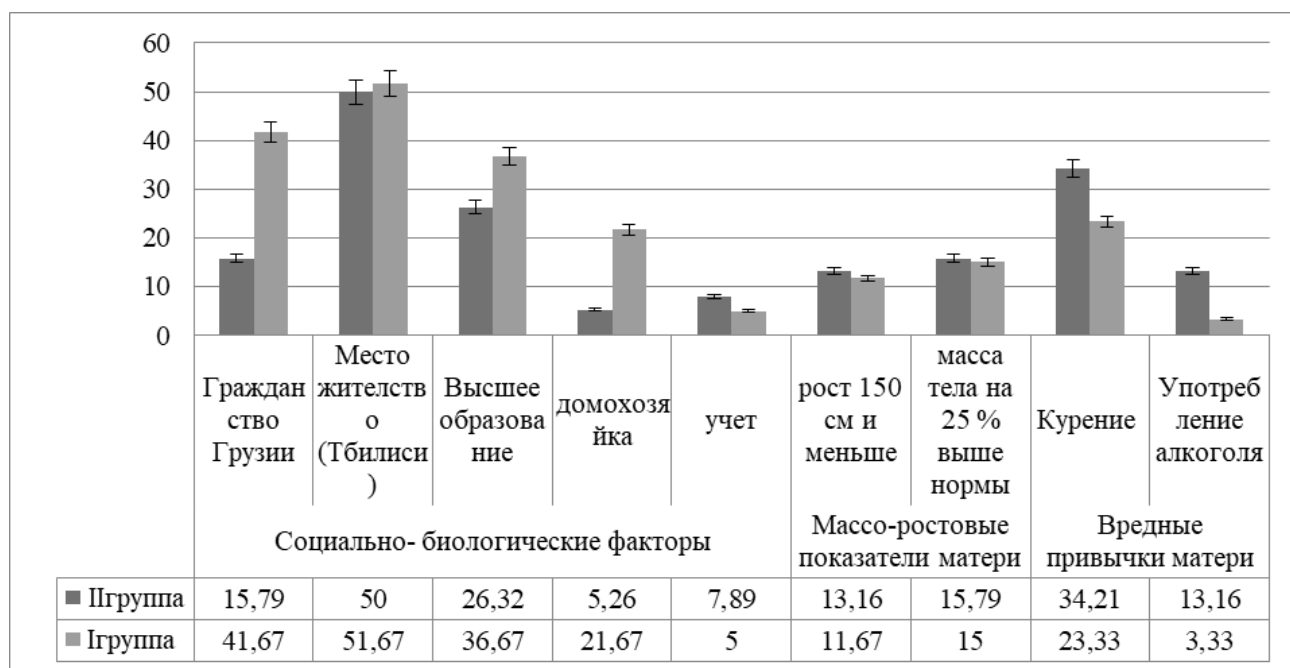


Диаграмма 1. Социально-биологические факторы и вредные привычки матери

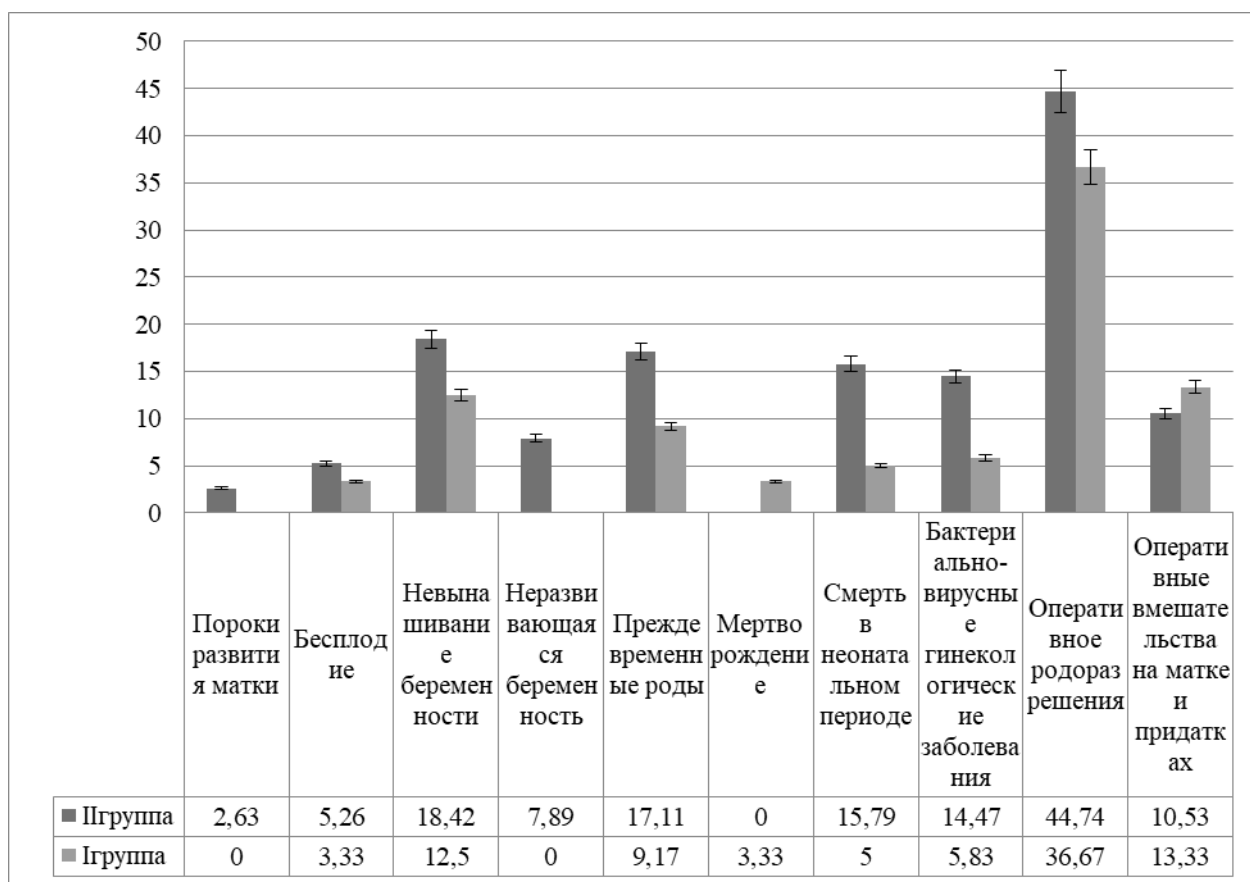


Диаграмма 2. Акушерско-гинекологический анамнез среди беременных

Таблица 1.

		<14(II группа)		≥14(I группа)		F	p
		n	%	n	%		
	Гипертензия	0	0.00	0	0.00		
	Заболевания мочевыделительных путей	3	3.95	11	9.17	1.91	0.1685
	эндокринопатия	8	10.53	6	5.00	2.14	0.1447
	Болезни крови;	4	5.26	0	0.00	6.60	0.0110
	Острые и хронические инфекции	11	14.47	14	11.67	0.33	0.5683
Осложнения беременности	Угроза прерывания беременности	22	28.95	24	20.00	2.07	0.1514
	Кровотечение в I и II половине беременности	14	18.42	16	13.33	0.92	0.3376
	Многоплодная беременность	8	10.53	2	1.67	7.77	0.0059
	Тазовое предлежание плода	36	47.37	40	33.33	3.0	0.050
	Анемия	18	23.68	28	23.33	0.00	0.9553
	Гестоз	8	10.53	2	1.67	7.77	0.0059
	Кровоток	30	39.47	8	6.67	37.92	<0.0001
Бактериология мазка	Лейкоциты	46	60.53	24	20.00	39.69	<0.0001
	Бактерии	30	39.47	50	41.67	0.09	0.7623
	Грибы	16	21.05	6	5.00	12.69	0.0005
	Трихомонады	10	13.16	14	11.67	0.10	0.7578
	GBS	14	18.42	17	14.17	0.63	0.4290
	Ureoplazma	5	6.58	12	10.00	0.68	0.4096
	Mikoplazma	4	5.26	12	10.00	1.39	0.2401

Таблица 2.

			>13		Total
			I	II	
Порядок родов	1	n	32	54	86
		%	42.1%	45.0%	43.9%
	2	n	18	38	56
		%	23.7%	31.7%	28.6%
	3	n	18	22	40
		%	23.7%	18.3%	20.4%
	4	n	6	6	12
		%	7.9%	5.0%	6.1%
	5	n	2	0	2
		%	2.6%	0.0%	1.0%
Total		n	76	120	196
2			5.57		
p			0.233		

Таблица 3. Ультрасонографические показатели при преждевременной излитии околоплодных вод

	<14(II группа) n=76	≥14(I) группа n=120	F или t	p
	M+SD или n(%)	M+SD или n(%)		
Толщина плаценты	31.42+3.30	30.38+4.80	1.65	0.1000
Степень зрелости плаценты	1.34+0.78	1.33+0.81	0.08	0.9397
Околоплодные воды(л)	1.13+0.93	2.42+1.13	-8.69	<0.0001
Длина шейки матки(мм)	24.39+4.63	29.45+6.84	-5.67	<0.0001
Дилатация шейки матки(мм)	3.45+2.58	1.95+2.68	3.90	0.0001
Переднее прикрепление плаценты	30(39.47)	38(31.67)	1.25	0.2655
Неоднородная структура плаценты	42(55.26)	68(56.67)	0.03	0.8681

Таблица 4.

	<14(II группа) n=76	≥14(I) группа n=120	t	p
	M+St.D	M+St.D		
Лейкоциты	12.92+2.81	12.48+3.28	1.00	0.3189
Эритроциты	3.56+0.33	3.63+0.38	-1.50	0.1364
Гемоглобин	10.51+1.20	10.74+0.89		0.1555
Гематокрит	32.57+3.31	33.15+4.68	-1.00	0.3188
Тромбоциты	226.05+52.10	260.05+56.14	-4.32	<0.0001
Соэ	53.68+15.97	47.52+15.35	2.67	0.0083
Палочкоядерные	7.34+1.88	6.42+2.04	3.25	0.0014
Сегментоядерные	73.13+7.47	71.63+5.47	1.51	0.1332
Эозинофилы	1.34+0.48	1.32+0.62	0.32	0.7474
Лимфоциты	11.21+3.95	15.58+6.08	-5.57	0.0000
Моноциты	5.39+2.07	5.35+1.96	0.15	0.8808

Во II группе по сравнению с первой группой значимо превышена частота таких факторов, как гражданство Грузии — $p=0.0001$ и домохозяйка — $p=0.0018$, а в первой — употребление алкоголя — $p=0.0091$ и незначимо — частота курения.

На диаграмме 2 представлен акушерско-гинекологический анамнез среди беременных при пролонгации беременности при НИОВ. В обеих группах превалирует оперативное родоразрешение. Пороки развития матки и неразвивающаяся беременность наблюдались только во II группе.

Во II группе по сравнению с I группой значимо превышена частота таких факторов в анамнезе, как -смерть в неонатальном периоде — $p=0.0107$; бактериально-вирусные гинекологические заболевания — $p=0.0415$;

В таблице 1 представлена статистическая оценка предполагаемых факторов беременности в группах пролонгации на 14 и более дней (I группа) и <14 и без пролонгации беременности (II группа).

Статистическая оценка предполагаемых факторов беременности в группах пролонгации на 14 и более дней (I группа) и <14 и без пролонгации беременности (II группа).

В группе пролонгации <14 дней, по сравнению с группой с пролонгации беременности на ≥14 дней, значимо превышена частота таких факторов, как — гестоз — $p=0.0059$; болезни крови — $p=0.0110$; многоплодная беременность; тазовое предлежание плода; кровоток; лейкоциты и грибы в мазке.

Вызывает интерес зависимость пролонгации от порядка беременности (таблица 2)

По порядку рождения, как и по значимой различия нулипарности (Перворождаемость) между группами значимой различия не наблюдалось.

В таблице 3 представлены ультрасонографические показатели в группах пролонгации и без пролонгации беременности

В группе пролонгации ≥ 14 дней отмечается значимо высокий средний показатель количества околоплодных вод и длины шейки матки и меньше — дилатация шейки матки, чем в группе без пролонгации. Значимой не оказалось различие по толщине, степени зрелости и структуре плаценты

Оценка лабораторных показателей представлены в таблице 4

В II группе значимо повышены средние показатели СОЭ и палочкоядерных нейтрофилов, и понижены средние показатели лимфоцитов и тромбоцитов.

Обсуждение

Двойная беременность и хориоамнионит являются факторами, существенно влияющими на латентный интервал [11]. По данным нашего исследования многоплодная беременность значимо низкой частотой встречается в группе пролонгации.

Обнаружено, что нулипарность связана с укорочением латентного периода ($p=0,012$) и что пожилой возраст матери > 30 лет связан с продлением латентного периода ($p = 0,000$) [10], что на нашем материале не подтверждается AFI и SDP в сочетании с TVCL интервала задержки от PPRoM до доставки.

По данным литературы параметры, включающие индекс околоплодных вод (AFI) и трансвагинальная длина

шейки матки (TVCL) могут быть полезными прогностическими параметрами пролонгации [12,13]. Параметры УЗИ также значительны по результатам нашей работы — длина шейки матки и объем околоплодных вод значимо меньше среди женщин без пролонгации, а дилатация — во второй группе. Отмечают, что пациенты с длиной шейки матки < 25 мм будут рожать раньше [14]. На нашем материале, в группе пролонгации ≥ 14 дней длина шейки матки составляет $29.45+6.84$ мм, а в группе < 14 дней — $24.39+4.63$ мм. несостоятельность плодных оболочек формируется на фоне системных метаболических расстройств и изменений клеточного состава периферической крови [15] Среди лабораторных показателей значимыми оказались факторы, указывающие на воспалительный компонент.

Кроме вышесказанного, пролонгация беременности зависит как от факторов беременности, так и от акушерско-гинекологического анамнеза беременной, от вредных привычек и социального статуса, среди ультразвукографических характеристик информативными оказались параметры матки и объем околоплодных вод.

Выводы

1. Пролонгация беременности зависит от социально биологических факторов, акушерско-гинекологического анамнеза и факторов беременности. 2. Пролонгацию способствует высокий средний показатель количества околоплодных вод и длины шейки матки и низкий показатель дилатации шейки матки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Орлова В.С., Калашникова И.В., Набережнев Ю.И. Подходы к ведению недоношенной беременности при преждевременном излитии околоплодных вод // Научные ведомости БелГУ. Серия: Медицина. Фармация. 2010. № 16 (87). С. 13–22.
2. Pendse A. et al. Neonatal outcomes following previable prelabour rupture of membranes before 23 weeks of gestation-a retrospective cohort study // Journal of Neonatal-Perinatal Medicine. 2020. Preprint. С. 1–11.
3. Sim W.H. et al. Maternal and neonatal outcomes following expectant management of preterm prelabour rupture of membranes before viability // Journal of perinatal medicine. — 2017. — Т. 45. № 1. С. 29–44.
4. Mercer B.M. Premature rupture of the membranes // Protocols for High-Risk Pregnancies: An Evidence-Based Approach. — 2020. С. 461–474.
5. Panzer A. et al. Factors associated with previable delivery following second trimester rupture of membranes // American journal of perinatology. — 2019. — Т. 36. — № 8. — С. 812.
6. Baser E., Aydogan Kirmizi D., Ulubas Isik D., Ozdemirci S., Onat T., Serdar Yalvac E. & Moraloglu Tekin, O. (). The effects of latency period in PPRoM cases managed expectantly. The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine, 2020, 33(13), 2274–2283.
7. Parrish M.M. et al. Does early artificial rupture of membranes speed labor in preterm inductions? // American journal of perinatology. — 2018. — Т. 35. — № 08. — С. 716–720.
8. Михайлов А.В. и др. Ведение беременности, осложненной преждевременным излитием околоплодных вод при недоношенной беременности // Акушерство и гинекология. — 2014. — № 2. — С. 74–79.
9. Migliorelli F., Martin C., Martínez de Tejada B. Preterm prelabor rupture of membranes management in Switzerland: a national survey // The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine. — 2020. — С. 1–8.
10. Dagklis T. et al. Parameters affecting latency period in PPRoM cases: a 10-year experience of a single institution // The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine. 2013. Vol. 26. № 14. С. 1455–1458.

11. El-Kashif M.M.L., Fathy A.M., Elsaba H.A.H.F. Evaluation of maternal and neonatal outcomes in the case of preterm premature rupture of membranes and their relationship to prenatal maternal indicators: Across-sectional descriptive study // *Journal of Nursing Education and Practice*. 2020. Т. 10. № 6.
12. Lee Y.J. et al. Amniotic fluid index, single deepest pocket and transvaginal cervical length: Parameter of predictive delivery latency in preterm premature rupture of membranes // *Taiwanese Journal of Obstetrics and Gynecology*. 2018. Vol. 57. № 3. С. 374–378.
13. El Sokkary F.M., Nassef A., Zidan M.M. Prediction of latency interval of labour in preterm premature rupture of membranes by 2D ultrasound: Case control study // *Evidence Based Women's Health Journal*. 2020. Vol. 10. № 1. С. 79–88.
14. Mubarak A.M. Transvaginal cervical length and amniotic fluid index: Can it predict delivery latency following preterm premature rupture of membrane? // *Medical Journal of Babylon*. 2018. Т. 15. № 1. С. 78–82
15. Дятлова Л.И., Чеснокова Н.П., Понукалина Е.В., Рогожина И.Е., Глухова Татьяна Николаевна Патогенетическое обоснование дополнительных объективных критериев возможности эффективной пролонгации беременности при дородовом излитии околоплодных вод // *Медицинская иммунология*. 2015. № 2. С.159–166

© Шубитидзе Нана Георгиевна (nanashubitidze3@gmail.com),
Густоварова Татьяна Алексеевна, Таборидзе Иамзе Ираклиевна (iataboridze@yahoo.com).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Г. Смоленск

ИЗМЕНЕНИЕ УРОВНЯ pH СЛЮНЫ ПРИ ПРОТЕЗИРОВАНИИ БЕЗЗУБЫХ ЧЕЛЮСТЕЙ РАЗЛИЧНЫМИ БАЗИСНЫМИ ПЛАСТМАССАМИ

Эртесян Альберт Робертович

К.м.н., ассистент, ФГБОУ ВО «Самарский
государственный медицинский университет»

Минздрава России, Самара
albertertesyan@gmail.co

CHANGES IN THE PH LEVEL OF SALIVA WHEN PROSTHETICS OF EDTLESS JAWS WITH VARIOUS BASE PLASTICS

A. Ertesyan

Summary. In this study, we studied the change in the pH level in unstimulated saliva of the sublingual gland before and after the application of complete removable plate prostheses made of photopolymer resins for 3D printing and acrylic plastics. The best result was observed in patients with complete removable dentures made of: Denture 3D+ — 6.59 ± 1.24 and 6.65 ± 1.24 , 7 and 21 days, respectively; Denture Base, 7 days — 6.71 ± 0.98 , 21 days — 6.64 ± 1.28 . Having conducted a study to study the pH values in the unstimulated saliva of the hyoid gland, it can be concluded that the pH of saliva in patients with complete removable dentures made of photopolymer resins for SLA printing on a Denture 3D+ 3D printer, Denture Base on days 7 and 21 is statistically and reliably less than Ftorax and Rapid Simplified hot curing plastics.

Keywords: complete removable plate prosthesis, complete absence of teeth, acrylic plastic, photopolymer resin, additive technologies, 3D printing, saliva.

Аннотация. В данном исследовании проводилось изучение изменение уровня pH в нестимулированной слюне подъязычной железы до и после наложения полных съемных пластиночных протезов из фотополимерных смол для 3D печати и акриловых пластмасс. Наилучший результат наблюдали у пациентов с полными съемными протезами, изготовленными из: Denture 3D+ — $6,59 \pm 1,24$ и $6,65 \pm 1,24$, 7 и 21 день, соответственно; Denture Base, 7 день — $6,71 \pm 0,98$, 21 день — $6,64 \pm 1,28$. Проведя исследование на изучение значений pH в не стимулированной слюне подъязычной железы, можно сделать заключение о том, что pH слюны у пациентов с полными съемными протезами из фотополимерных смол для SLA печати на 3D принтере Denture 3D+, Denture Base на 7 и 21 день статистически и достоверно меньше чем из пластмасс горячего отверждения Фторакс и Rapid Simplified.

Ключевые слова: полный съемный пластиночный протез, полное отсутствие зубов, акриловая пластмасса, фотополимерная смола, аддитивные технологии, 3D печать, слюна.

Введение

Полные съемные протезы являются наиболее распространенным методом лечения пациентов с полным отсутствием зубов [1]. Возможны некоторые временные проблемы, которые могут возникнуть после наложения полных съемных протезов, которые могут длиться в течение нескольких недель, вызывая различные уровни боли, дискомфорта и функциональных трудностей.

Факторы, влияющие на адаптацию пациента к зубным протезам, до конца не изучены. Предыдущие исследования изучали такие факторы, как качество зубных протезов, состояние слизистой полости рта, взаимоотношения пациента и стоматолога — ортопеда, личность пациента, социально-экономические факторы и многое другое. Однако некоторые из этих факторов лишь слабо коррелируют с удовлетворенностью

пациента съемными протезами, которая определяется индивидуально и часто непредсказуема как для пациента, так и для стоматолога — ортопеда [2].

Использование полных съемных протезов могут быть предрасполагающим фактором для возникновения изменений в слюне, которые влияют на гомеостаз полости рта и здоровье слизистой оболочки полости рта и оказывают пагубное влияние на качество жизни, связанное со здоровьем полости рта, особенно у пожилых людей, которые являются наиболее распространенной группой пациентов с адентией [3]. В первые дни после наложения полных съемных протезов обычно наблюдаются поврежденная слизистая оболочка. Некоторые исследования сообщают об изменениях состава слюны в этот период, в частности уровня pH [4]. Однако до сих пор неясно, влияют ли эти изменения на адаптацию пациента к съемному протезу и какие компоненты слюнных желез играют соответствующую роль в этом процессе.

Цель исследования

Изучение изменение уровня pH в нестимулированной слюне подъязычной железы после наложения полных съемных пластиночных протезов из фотополимерных смол и акриловых пластмасс.

Материалы и методы исследования

Исследуемая выборка включала последовательную группу пациентов с полным отсутствием зубов на верхней и нижней челюстях, которые ранее не использовали полные съемные протезы. Участники должны продемонстрировать хорошее общее состояние здоровья и отсутствие местных или медицинских противопоказаний для лечения. Кроме того, предполагалось, что люди будут психически и физически здоровы.

Перед проведением исследования, проводили подробный инструктаж пациента — объясняли методику проведения процедуры сбора слюны. Слюну собирали натошак (после ночного перерыва в приеме пищи) или через 2–2,5 часа после приема пищи. Пациента заблаговременно предупреждали и просили не делать того, что может стимулировать слюноотделение, до самой процедуры сбора. Запрет включал, жевание пищи, жевательной резинки, конфет, курение, полоскание полости рта, питье и т.д. Тест проводили в спокойной обстановке.

Пациента усаживали, просили опустить голову и сидеть в таком положении, не глотать слюну и не двигать губами и языком во время всего периода сбора слюны.

Не стимулированные образцы цельной слюны отбирали до наложения съемного протеза, через 7 дней, 21 день, 30 дней и 6 месяцев после использования съемных протезов. Для проведения сбора слюны перед наложением протеза в подъязычную область (в области переднего края уздечки языка) помещали стерилизованный цилиндрический кусочек ваты на 4 мин, затем его удаляли и сжимали одноразовым шприцем в стерильную пробирку объемом 2,0 мл. Когда необходимый объем в 1,5 мл не был достигнут, процедуру повторяли.

Оценка pH слюны проводилась с использованием индикаторов McolorpHast™ pH 4,0–7,0 (Merck, Германия). Полоска индикатора опускалась в пробирку с только что собранным образцом слюны на 10 секунд и цвет тестполоски сравнивался со шкалой на упаковке.

Полные съемные протезы были изготовлены из акриловых базисных пластмасс горячего отверждения Фторакс компании «Стома» (Украина), Rapid

Simplified компании «Vertex-Dental B.V.» (Нидерланды), и фотополимерных смол для печати на 3D принтере Denture 3D+ компании «NextDent B.V.» (Нидерланды) и Denture Base компании «Formlabs» (США).

В данном исследовании приняли участие 20 пациентов с полным отсутствием зубов: 14 женщин и 6 мужчин, средний возраст которых составил $64,4 \pm 8,3$ года.

Данные были представлены в терминах медианы, диапазона и среднего значения (и стандартной ошибки, SE). Анализ данных включал изменения показателей слюны до и после наложения съемных протезов. Для групповых сравнений на уровне значимости 0,05 использовались непараметрический критерий Крускала-Уоллиса. Для анализа данных использовались IBM-SPSS20.0 (Чикаго, Иллинойс, США) и GraphPad Prism 5.0 (Сан-Диего, Калифорния, США).

Результаты исследования и их обсуждения

За норму показателей pH в слюне, взяты значения pH до наложения полных съемных пластиночных протезов.

Средние уровни значений pH в слюне до наложения полных съемных пластиночных протезов, через 30 дней и 6 месяцев находились в пределах нормы, различия не были статистически не значимыми, и составили: до наложения, Фторакс — $6,75 \pm 0,98$, $6,77 \pm 1,07$ –30 дней и $6,74 \pm 1,46$ –6 месяцев; Rapid Simplified — $6,79 \pm 1,35$ (до наложения), $6,74 \pm 0,98$ –30 дней и $6,73 \pm 1,25$ –6 месяцев; до наложения — Denture 3D+ — $6,8 \pm 1,17$, 30 дней — $6,78 \pm 0,98$, 6 месяцев — $6,75 \pm 1,88$; Denture Base — $6,65 \pm 1,71$ (до наложения), 30 дней — $6,71 \pm 1,23$, через 6 месяцев — $6,73 \pm 1,13$.

Статистически более значимыми значениями pH слюны были на 7 и 21 день пользования полными съемными пластиночными протезами, изготовленными из Фторакс и Rapid Simplified. Значения pH слюны 7 день для Фторакс составили — $5,42 \pm 0,65$, 21 день — $6,13 \pm 0,72$; Rapid Simplified — $5,55 \pm 1,01$ (7 день), $6,35 \pm 1,47$ –21 день.

Наилучший результат наблюдали у пациентов с полными съемными протезами, изготовленными из: Denture 3D+ — $6,59 \pm 1,24$ и $6,65 \pm 1,24$, 7 и 21 день, соответственно; Denture Base, 7 день — $6,71 \pm 0,98$, 21 день — $6,64 \pm 1,28$.

Предыдущие исследования приводили к противоречивым выводам относительно изменений состава слюны после установки новых зубных протезов. Bhat S.V., et

al. [4] обнаружили снижение уровня pH слюнных желез, тогда как Nikolopoulou F., et al. [5] наблюдались более высокие значения pH через 15 дней после наложения полных съемных протезов. В нашем исследовании наблюдались достоверные различия pH на протяжении всего оцениваемого периода у пациентов с протезами, изготовленными из Фторакс и Rapid Simplified. Важно отметить, что у пациентов, из базисной пластмассы Denture 3D+ и Denture Base не наблюдалось статистически значимых изменений.

Исследования, включающие анализ значений pH у пациентов с полным отсутствием зубов, очень редки. Исследование Rocha M.S. et al. [6] показало, что значе-

ния pH в слюне значительно выше у пациентов с частичным отсутствием зубов, поскольку зубы могут влиять на значения pH.

Выводы

Таким образом, проведя исследование на изучение значений pH в не стимулированной слюне подъязычной железы, можно сделать заключение о том, что pH слюны у пациентов с полными съемными протезами из фотополимерных смол для SLA печати на 3D принтере Denture 3D+, Denture Base на 7 и 21 день статистически и достоверно меньше чем из пластмасс горячего отверждения Фторакс и Rapid Simplified.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мячина О.В., Зуйкова А.А., Пашков А.Н. Особенности секреции оксида азота в слюнных железах человека в норме и при патологии / О.В. Мячина, А.А. Зуйкова, А.Н. Пашков // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. — 2006. — № 1. — С. 137–140.
2. Еловицова Т.М. Слюна как биологическая жидкость и ее роль в здоровье полости рта: Учебное пособие / Еловицова Т.М., Григорьев С.С. — Екатеринбург: Издательский Дом «ТИРАЖ». — 2018. — 136 с.
3. Bekiroglu N., Çiftçi A., Bayraktar K. Oral complaints of denture-wearing elderly people living in two nursing homes in Istanbul, Turkey / N. Bekiroglu, A. Çiftçi, K. Bayraktar // Oral Health and Dental Management. — 2012. — V. 11. — № 3. — P. 107–115.
4. Bhat S.V., Rao N.L., Naushad P. Salivary uric acid, C- reactive protein and pH levels in completely edentulous patients before and after wearing complete dentures / S.V. Bhat, N.L. Rao, P. Naushad // International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research. — 2014. — V. 28. — № 1. — P. 38–42.
5. Nikolopoulou F., Tzortzopoulou E. Salivary pH in edentulous patients before and after wearing conventional dentures and implant overdentures: a clinical study / F. Nikolopoulou, E. Tzortzopoulou // Implant Dentistry. — 2017. — V. 16. — № 4. — P. 397–403.
6. Rocha M.S., Jesus N.R., Rocha F.S. Saliva versus peri-implant inflammation. Quantification of NO and MCP-1 in partial and total toothless patients / M.S. Rocha, N.R. Jesus, F.S. Rocha // Revista Odontológica do Brasil Central. — 2018. — V. 21. — № 56. — P. 389–393.

© Эртесян Альберт Робертович (albertertesyan@gmail.co).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

НАШИ АВТОРЫ OUR AUTHORS

Akhmetov V. — Doctor of technical sciences, professor, National Research Moscow State University of Civil Engineering
vadim.akhmetov@gmail.com

Aksenov I. — Assistant, Stavropol State Medical University

Aksyonov D. — Postgraduate student, Stavropol State Medical University
p.ghost@rambler.ru

Aleshkov A. — PhD in Tech. Sci., Senior Lecturer, Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia; Moscow
alexander-akfire@yandex.ru

Avdeev A. — PhD, associate professor, Perm State Medical University named after academician E.A. Wagner
svenav@mail.ru

Bagdasarova E. — Doctor of Medical Sciences, Head of the Department, DZM GKB S.S. Yudina

Bagdasarov V. — Doctor of Medical Sciences, Professor, People's friendship University

Baranovich V. — Phd., Peoples friendship university of Russia
vubara@yandex.ru

Belov D. — Dr. of Geographical Sciences, professor, honored ecologist of the Russian Federation, Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping

Berezovsky A. — Undergraduate student, Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow
sashulber@mail.ru

Bugero N. — Doctor of Biological Sciences, Professor, Pskov State University
bugero@mail.ru

Burtsev K. — Postgraduate student, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Peoples' Friendship University of Russia" (RUDN), Moscow
kreshenj@gmail.com

Butkovskiy A. — Researcher, Helmholtz Centre for Environmental Research - UFZ (Helmholtz-Zentrum Umweltforschung GmbH UFZ), Leipzig, Germany

Chzhun Zhujuy — Postgraduate student, National Research University Moscow Institute of Electronic Technology
zry1988510@126.com

Doroshenko N. — Postgraduate, Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping; Head of environmental support Department, Ltd "Saint-Petersburg Ecology"
132620@mail.ru

Dyukov P. — Russian University of Transport (RUT (MIIT))
dyukov.peter@yandex.ru

Elev A. — Surgeon, Coloproctologist, oncologist, DZM GKB S.S. Yudina
Alimeleev@gmail.com

Ertesyan A. — Ph.D., Instructor, FSBEI HE «Samara State Medical University» MOH Russia
albertertesyan@gmail.com

Faibushevich A. — Phd., Peoples friendship university of Russia
faybushevich_ag@pfur.ru

Fedorov A. — Doctor of Science, Professor, Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia; Moscow
fedorov-ppa@yandex.ru

Filonov I. — Postgraduate student, Federal Autonomous Educational Institution of Higher Education Far Eastern Federal University, Vladivostok
Filonov.iv@dvmfu.ru

Fishchev S. — MD, Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation
super.kant@yandex.ru

Gorbunova V. — Doctor of Biological Sciences, Professor, Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla
valentina2075034@mail.ru

Gromova S. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Kirov State Medical University

Gustovarov T. — Smolensk State Medical University

Ilyina N. — Doctor of Biological Sciences, Professor, Pskov State University
ilina@mail.ru

Kabartieva Yu. — Assistant, Dagestan State Medical University, Makhachkala
kabartiyeva@list.ru

Kagirov B. — Ph.D., Associate Professor, Altai State University

Kapustkin M. — Peter the Great St. Petersburg State Polytechnic University
kapustkin.mv@edu.spbstu.ru

Keribayeva T. — Doctoral student, JSC "Academy of Civil Aviation", (Almaty, Republic of Kazakhstan)
talshyn.keribayeva@gmail.com

Khramtsov I. — Postgraduate student, Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev, Krasnoyarsk
ilia.khramcov@yandex.ru

Kirdyashkina O. — Post-graduate student, Mordovian State Pedagogical University named after M.E. Evseev (Saransk)
Sigma.ov@mail.ru

Kolesnikova E. — Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia; Moscow
elena.kolesnikova97@mail.ru

Komusova O. — Candidate of Biological Sciences, Mordovian State Pedagogical University named after M.E. Evseev (Saransk)
timoshkina03@mail.ru

Kondratyuk A. — Assistant Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation
kondratyuk.andrey@icloud.com

Koriagina N. — PhD, professor, Perm State Medical University named after academician E.A. Wagner, chief physician of the Ministry of Health of the Perm territory
nina11-85@mail.ru

Korlyakov K. — Candidate of biology, docent, FSBEI "Chelyabinsk State University"
korfish@mail.ru

Koryagin V. — Perm State Medical University named after academician E.A. Wagner
vladimirkoryagin12@gmail.com

Kukushkin E. — Post-graduate student, Ulyanovsk State University; doctor traumatologist-orthopedist, doctor of ultrasonic diagnostics, City budget healthcare Institution Clinical Hospital No. 6 named after G. A. Zakhar'in, Penza
kep131289@gmail.com

Kutsenko I. — Candidate of physical and mathematical science, associate professor, Peoples' Friendship University of Russia
i.kutsenko@mail.ru

Lepilin A. — MD, Professor, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky of the Ministry of Health of the Russian Federation
lepilins@mail.ru

Litvinov Yu. — Ph. D., Associate Professor, JSC Academy of Civil Aviation, (Almaty, Republic of Kazakhstan)
yurii-litvinov@mail.ru

Makarchuk O. — Assistant, pediatric dentist, KRSBIH "Kirov Clinical Dental Center"
olgamakarchuk79@mail.ru

Mayboroda Y. — Associate Professor, Stavropol State Medical University

Melekhova O. — Assistant, Perm State Medical University named after academician E.A. Wagner
o.melekhova@yandex.ru

Midlenko O. — Director of the Inza branch of the Ulyanovsk State University; Professor, Ulyanovsk State University

Midlenko V. — Honored worker of the higher school of the Russian Federation, Director of the Institute of medicine, ecology and physical culture; Doctor of Medical Sciences, Professor, Ulyanovsk State University

Mollaeva A. — Assistant, Dagestan State Medical University, Makhachkala
asma.mollayeva.76@mail.ru

Nesterenko M. — Orenburg Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
n_mu@mail.ru

Notkin B. — Ph.D. in engineering, Associate Professor, Institute of Automation and Control Processes far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok
notkin@iacp.dvo.ru

Novokovich Y. — Phd student, Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla
novokovich@inbox.ru

Pavlova S. — Candidate of Medical Sciences, Assistant, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation
svetap_75@mail.ru

Perebora E. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Kuban State Agrarian University, Krasnodar
ritulya.1971@mail.ru

Ponomarev A. — Orenburg Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
alexceuponomarev@mail.ru

Ponomareva G. — Orenburg Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
galy.ponomareva@mail.ru

Prokhorov K. — Applicant, Perm State Medical University, academician E.A. Wagner
kirpro059@mail.ru

Romanenkov A. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Moscow Aviation Institute (National Research University); Senior Researcher, Federal Research Center "Informatics and Management" of the Russian Academy of Sciences, Moscow
romanaleks@gmail.com

Romashkova O. — Doctor of engineering, professor, Moscow City University (MCU), Moscow
ox-rom@yandex.ru

Rozhkova M. — Assistant Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation
rozmaria2010@yandex.ru

Safonov N. — Graduate student, Peoples friendship university of Russia
safon_92@mail.ru

Sakovich V. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Chief physician of Federal Center for Cardiovascular Surgery Krasnoyarsk; Federal Center for Cardiovascular Surgery, Krasnoyarsk

Savelyeva E. — Candidate of technical Sciences, Associate Professor, Primorskaya State Academy of Agriculture
savva.6969@mail.ru

Sevastyanov A. — Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation
ardy.dkr@mail.ru

Sherman N. — Graduate student, Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad
nik172008@mail.ru

Shubina O. — Doctor of Biological Sciences, Professor, FGBOU VO "Mordovian state pedagogical University named after M.E. Evseviev" (Saransk)
os.shubina@mail.ru

Shubitidze N. — Smolensk State Medical University
nanashubitidze3@gmail.com

Shulkina S. — PhD, professor, Perm State Medical University named after academician E.A. Wagner
shulkina-s@mail.ru

Shurkhovetsky G. — Irkutsk State Transport University
gshn5@yandex.ru

Smorodina A. — Altai State University

Soloviev S. — Candidate of technical sciences, lead designer, PAO «RSC «Energia», (Korolev)
sergey.soloviev@scsc.ru

Soltanov A. — Postgraduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Samara State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation
alik_solt@mail.ru

Spasenkov G. — Applicant, Perm State Medical University named after academician E.A. Wagner, cardiologist
spy5502@mail.ru

Sun Xilong — Postgraduate student, Kuban State University
sasha.7s@yandex.ru

Taboridze I. — University of David Agmashenebeli Georgia, Tbilisi, Georgia
iataboridze@yahoo.com

Taran V. — Candidate of cultural studies (ICT), Laboratory of computer design and applied informatics «SPLASH», All-Russian Institute of scientific and technical information RAS
allscience@lenta.ru

Tarassenko O. — Candidate of Geographical Sciences, independent researcher
olt_prts@inbox.ru

Vinnik Yu. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Krasnoyarsk State Medical University prof. V.F. Voino-Yasenetsky, Krasnoyarsk

Volkov D. — Ph.D., cardiovascular surgeon, Federal Center for Cardiovascular Surgery, Krasnoyarsk

Volkov Yu. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Krasnoyarsk State Medical University prof. V.F. Voino-Yasenetsky, Krasnoyarsk
volkov_ym@mail.ru

Vorobiova E. — Candidate of Biological Sciences, Docent, Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla
vorobeva.e.v@bspu.ru

Yatsenko E. — Ph.D., Associate Professor, Altai State University
mlprx@mail.ru

Yudin I. — Graduate student, Vladimir State University named after Alexander Grigoryevich and Nikolai Grigoryevich Stoletov, Vladimir
bismarkyyudin@yandex.ru

Zatonskaya L. — Ph.D., Associate Professor, Altai State University

Zdor D. — Candidate of pedagogical sciences, Associate Professor, Primorskaya State Academy of Agriculture
dmitriy.dv@inbox.ru

Zhigalov I. — Doctor of Technical Sciences, Vladimir State University named after Alexander Grigoryevich and Nikolai Grigoryevich Stoletov, Vladimir

Zinovev V. — Post-graduate student of the Digital education Institute, Moscow City University (MCU), Moscow
legrang@yandex.ru

Zmeu K. — Ph.D. in engineering, Associate Professor, Federal Autonomous Educational Institution of Higher Education Far Eastern Federal University, Vladivostok
zmeu.kv@dvfu.ru

Требования к оформлению статей, направляемых для публикации в журнале



Для публикации научных работ в выпусках серий научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» принимаются статьи на русском языке. Статья должна соответствовать научным требованиям и общему направлению серии журнала, быть интересной достаточно широкому кругу российской и зарубежной научной общественности.

Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, написан в контексте современной научной литературы, и содержать очевидный элемент создания нового знания. Представленные статьи проходят проверку в программе «Антиплагиат».

За точность воспроизведения дат, имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор.

Редакционная коллегия оста вляет за собой право на редактирование статей без изменения научного содержания авторского варианта.

Научно-практический журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» проводит независимое (внутреннее) рецензирование.

Правила оформления текста.

- ◆ Текст статьи набирается через 1,5 интервала в текстовом редакторе Word для Windows с расширением ".doc", или ".rtf", шрифт 14 Times New Roman.
- ◆ Перед заглавием статьи указывается шифр согласно универсальной десятичной классификации (УДК).
- ◆ Рисунки и таблицы в статью не вставляются, а даются отдельными файлами.
- ◆ Единицы измерения в статье следует выражать в Международной системе единиц (СИ).
- ◆ Все таблицы в тексте должны иметь названия и сквозную нумерацию. Сокращения слов в таблицах не допускаются.
- ◆ Литературные источники, использованные в статье, должны быть представлены общим списком в ее конце. Ссылки на упомянутую литературу в тексте обязательны и даются в квадратных скобках. Нумерация источников идет в последовательности упоминания в тексте.
- ◆ Литература составляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003.
- ◆ Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Правила написания математических формул.

- ◆ В статье следует приводить лишь самые главные, итоговые формулы.
- ◆ Математические формулы нужно набирать, точно размещая знаки, цифры, буквы.
- ◆ Все использованные в формуле символы следует расшифровывать.

Правила оформления графики.

- ◆ Растровые форматы: рисунки и фотографии, сканируемые или подготовленные в Photoshop, Paintbrush, Corel Photopaint, должны иметь разрешение не менее 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.
- ◆ Векторные форматы: рисунки, выполненные в программе CorelDraw 5.0-11.0, должны иметь толщину линий не менее 0,2 мм, текст в них может быть набран шрифтом Times New Roman или Arial. Не рекомендуется конвертировать графику из CorelDraw в растровые форматы. Встроенные - 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.

По вопросам публикации следует обращаться к шеф-редактору научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» (e-mail: redaktor@nauteh.ru).