

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:  
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

## ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№ 10-2 2022 (ОКТАБРЬ)

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](mailto:redaktor@nauteh.ru)  
<http://www.nauteh-journal.ru>

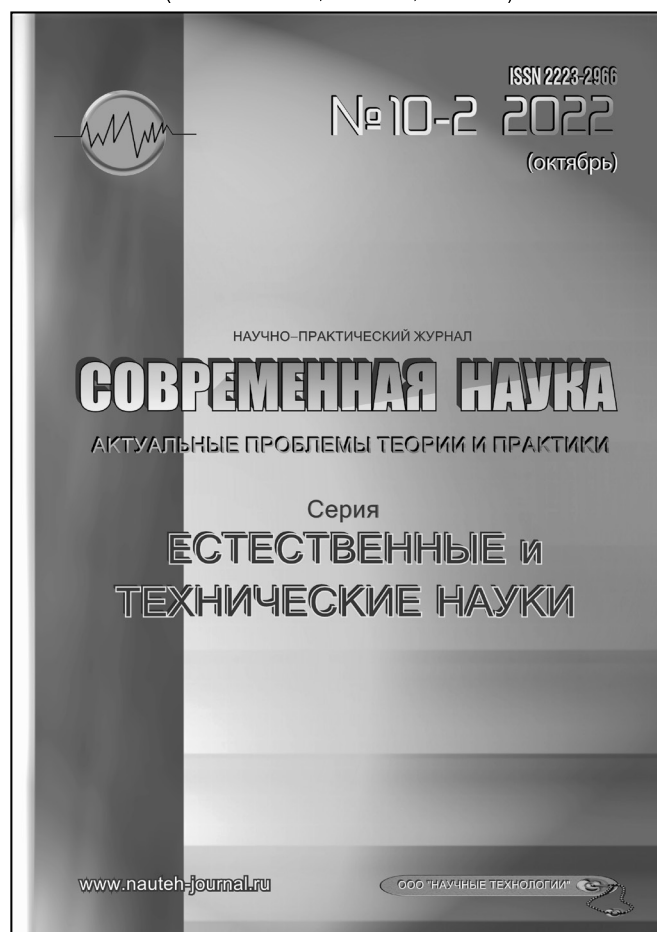
Журнал зарегистрирован Федеральной службой  
по надзору в сфере массовых коммуникаций,  
связи и охраны культурного наследия.

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

Научно-практический журнал

Scientific and practical journal

(ВАК – 05.13.00, 03.02.00, 14.01.00)



### В НОМЕРЕ:

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

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

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

Журнал отпечатан в типографии  
ООО «КОПИ-ПРИНТ» тел./факс: (495) 973-8296  
Подписано в печать 12.10.2022 г. Формат 84x108 1/16  
Печать цифровая Заказ № 0000 Тираж 2000 экз.

ISSN 2223-2966



# Редакционный совет

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

# СОДЕРЖАНИЕ

# CONTENTS

## Общая биология

**Абашин И.Ю., Козырева Н.Г., Горбатов А.В., Авдеевская Н.Н.** — Методы молекулярной генодиагностики стрептококков групп C/G  
*Abashin I., Kozyreva N., Gorbatov A., Avduevskaya N.* — Method for molecular genediagnostic of group C/G streptococci..... 6

**Батаева Ю.В., Григорян Л.Н., Русаков А.В., Братилова Д.М., Шляхов В.А.** — Рост растений семейства Мальвовые в условиях обработки стимуляторами биологического происхождения  
*Bataeva Yu., Grigoryan L., Rusakov A., Bratilova D., Shlyakhov V.* — Growth of plants of the Malvaceae family at the stages of treatment with stimulants of biological origin ..... 11

**Григорян Л.Н., Батаева Ю.В., Русаков А.В., Братилова Д.М., Шляхов В.А.** — Биологические свойства почвенных актинобактерий аридной зоны  
*Grigoryan L., Bataeva Yu., Rusakov A., Bratilova D., Shlyakhov V.* — Biological properties of soil actinobacteria in the arid zone..... 14

**Григорян Л.Н., Батаева Ю.В., Русаков А.В., Братилова Д.М., Шляхов В.А.** — Влияние почвенных стрептомицетов на качественные характеристики томатов при выращивании в открытом грунте  
*Grigoryan L., Bataeva Yu., Rusakov A., Bratilova D., Shlyakhov V.* — Influence of soil streptomycetes on the qualitative characteristics of tomatoes when grown in open ground..... 17

**Давудова Э.З.** — Таксономический анализ фауны панцирных клещей окрестностей г. Махачкала Республики Дагестан  
*Davudova E.* — Taxonomic analysis of the fauna of armored mites in the vicinity of Makhachkala, Republic of Dagestan..... 20

**Шаховская К.Д., Лагутина Н.В., Мартынов Д.Ю., Сударикова Е.В., Новиченко А.И., Евграфов А.В., Бровкин А.Г.** — Оценка эффективности применения методов фрактального анализа при экологических исследованиях  
*Shakhovskaya K., Lagutina N., Martynov D., Sudarikova E., Novichenko A., Yevgrafov A., Brovkin A.* — Evaluation of the effectiveness of the use of fractal analysis methods in environmental studies ..... 25

## Информатика, вычислительная техника и управление

**Андреанов А.А., Святой В.О., Мамлеева А.Р.** — Модель системы комплексной автоматизации деятельности управляющей компании  
*Andrianov A., Svyatyy V., Mamleyeva A.* — Model of the system of complex automation of the management company..... 32

**Воронин В.А., Ромашкова О.Н.** — Сравнительная оценка производительности облачной и традиционной баз данных по критерию времени отклика  
*Voronin V., Romashkova O.* — Comparative evaluation of the performance of cloud and traditional databases by the response time criterion ..... 38

**Георгиева М.А., Езаова А.Г., Арванова С.М., Чочиева А.М., Лосанов Х.Х., Тлепшева Д.А.** — Разработка калькулятора для вычисления интегралов численным методом по формулам Ньютона-Котеса  
*Georgieva M., Ezaova A., Arvanova S., Chochieva A., Losanov K., Tlepshcheva D.* — Development of a calculator for calculating integrals by a numerical method using the Newton-Cotes formulas..... 44

**Королев П.С.** — Идентификация граничных условий в действиях пожарно-спасательных подразделений по тушению пожаров в подземных сооружениях  
*Korolev P.* — Identification of boundary conditions in the actions of fire and rescue sub-divisions to extinguish fires in underground structures ..... 55

- Латыпов Б.Ф., Зиязетдинов Т.Р., Мухетдинов А.Р.** — Исследование ресурсоемкости применения автоматизированного тестирования при разработке программного обеспечения  
*Latypov B., Ziyazetdinov T., Mukhetdinov A.* — Research of resource intensity of automated testing in software development .....63
- Меджидов З.У.** — Повышение эффективности защиты системы управления морских судов  
*Medzhidov Z.* — Increasing the efficiency of protection of the control system of sea vessels .....70
- Попов О.Б., Чернышева Т.В., Кузнецов П.Г., Макарина Д.А.** — Алгоритм компандирования сигнала звукового вещания с сохранением его формы  
*Popov O., Tatiana V., Kuznetsov P., Makarina D.* — Algorithm for companding a sound broadcasting signal with saving its shape .....76
- Потехин С.А.** — Формирование устойчивой мотивации сотрудников внутри компании в соответствии с занимаемой должностью  
*Potekhin S.* — Formation of sustainable motivation of employees within the company in accordance with their position .....83
- Розанов И.А., Сотников А.А.** — Метод адаптивного имитационного моделирования многомерных сигналов в информационно-управляющих системах реального времени  
*Rozanov I., Sotnikov A.* — Artificial intelligence methods in simulation modeling of multidimensional signals in real-time information and control systems ...87
- Саламова М.Т., Моураов А.Г.** — Имитационное моделирование в горном деле  
*Salatova M., Mouraov A.* — Simulation modeling in mining .....93
- Сырескина С.В., Чигина Н.В., Калинин Э.Б., Мальцева О.Г., Крестьянова Е.Н., Камуз В.В.** — Эффективность цифровых технологий лингвоконтента в сфере биотехнологии, инженерии для академического, профессионального взаимодействия  
*Syreskina S., Chigina N., Kalinichenko E., Maltseva O., Krestyanova E., Kamuz V.* — The effectiveness of digital technologies of linguistic content in the field of biotechnology, engineering for academic and professional interaction .....97
- Таран В.В.** — Процедура проектирования и настройки эффекта реверберации в программном комплексе Audacity® на основе языка программирования nyquist  
*Taran V.* — Procedure of design and adjusting the reverberation effect in audacity® software complex driven by nyquist programming language ...104
- Таруат Ахмед Талат Тауфик** — Современные технологии в системах «умный город»  
*Ahmed Talaat Tawfeeq Tharwat* — Modern technologies in «smart-city» systems .....127
- Клиническая медицина
- Белов Д.И., Медведев Ю.А.** — Использование плазмы, богатой факторами роста (PRGF), в направленной регенерации тканей после хирургического стоматологического вмешательства  
*Belov D., Medvedev Yu.* — Use of plasma rich in growth factors (PRGF) in guided tissue regeneration after dental surgical intervention. ....132
- Воронов А.В., Егорова Т.С.** — Современный взгляд на методы пренатальной диагностики синдрома Дауна  
*Voronov A., Egorova T.* — Modern view on the methods of prenatal diagnosis of Down syndrome .....136
- Громов А.Л., Лунев М.А., Петраш Д.А., Язикова К.С.** — Клинический случай молниеносного одонтогенного сепсиса, сопровождающегося агранулоцитозом  
*Gromov A., Lunev M., Petrash D., Yazikova K.* — Clinical case of lightning-fast odontogenic sepsis accompanied by agranulocytosis and acute respiratory failure .....140
- Еремин Д.А., Пахомова Е.С., Хелминская Н.М., Кравец В.И., Посадская А.В.** — Функциональное состояние жевательных мышц при проведении оперативного вмешательства на нижней челюсти в области суставного отростка и ветви.  
*Eremin D., Pakhomova E., Helminskaya N., Kravets V., Posadskaya A.* — Functional state of the materal muscles when carrying out surgery on the lower jaw in the area of the articular process and branch ....144

<i>Исаченко В.С., Огнетов С.Ю.</i> — Влияние эпидермального фактора роста на сроки заживления малой послеоперационной полости после операций на среднем ухе по открытому типу <i>Isachenko V., Ognetov S.</i> — The effect of epidermal growth factor on the healing time of the small postoperative cavity after canal wall down mastoidectomy .....150	<i>Пазова Ж.Ю., Пшукова Е.М., Архестова Д.Р., Пазова А.Г.</i> — Этиологическая структура герпесвирусных инфекций у детей в Кабардино-Балкарской Республике <i>Pazova Zh., Pshukova E., Arkhestova D., Pazova A.</i> — Etiological structure of herpes virus infections in children in the Kabardino-Balkarian Republic .....165
<i>Каграманова С.Р., Чичерина Е.Н.</i> — Артериальная гипертензия при новой коронавирусной инфекции: распространенность, течение, исходы (обзор литературы) <i>Kagramanova S., Chicherina E.</i> — Arterial hypertension and new coronavirus infection: prevalence, course, outcomes (literature review) .....156	<i>Палютина Е.Ю., Козловская И.А., Тихомирова С.В., Сотина Е.М.</i> — Комбинированный биохимический скрининг первого триместра беременности, как возможный предиктор антенатальной гибели плода. <i>Palyutina E., Kozlovskaya I., Tikhomirova S., Sotina E.</i> — Combined biochemical screening of the first trimester of pregnancy as a possible predictor of antenatal fetal death .....169
<i>Максумов А.А., Исхаков О.С., Мещеряков С.В.</i> — Особенности повреждений позвоночного столба и спинного мозга у детей разных возрастных групп в результате дорожно-транспортного происшествия при использовании ремней безопасности и детских удерживающих устройств <i>Maksumov A., Iskhakov O., Meshcheryakov S.</i> — Features of injuries of the spinal column and spinal cord in children of different age groups as a result of a traffic accident when using seat belts and child restraints .....159	Информация Наши авторы. Our Authors .....178
	Требования к оформлению рукописей и статей для публикации в журнале .....182

## МЕТОДЫ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ГЕНОДИАГНОСТИКИ СТРЕПТОКОККОВ ГРУПП C/G

### METHOD FOR MOLECULAR GENEDIAGNOSTIC OF GROUP C/G STREPTOCOCCI

**I. Abashin  
N. Kozyreva  
A. Gorbatov  
N. Avduevskaya**

*Summary.* In this mini-review we considered the applied method for identifying the emm-gene in streptococci of groups C and G isolated from cattle, based on polymerase chain reaction (PCR), is a fast and accurate method for diagnosing the pathogen. The technique is based on the uniqueness of the nucleotide sequence of the pathogen, which gives a high degree of specificity. The relevance of the developed method is justified by the lack of information about the exact properties of the M-like protein of streptococci encoded by the emm-gene, which is a cellular surface-anchored protein and which presumably causes resistance to phagocytosis. For veterinary medicine, this is a new approach, in particular, when working with group C and G streptococci in cattle.

*Keywords:* streptococci, molecular diagnostics, emm-gene, cattle, genediagnostic.

**Абашин Илья Юрьевич**

Аспирант

Федеральный научный центр-Всероссийский  
научно-исследовательский институт  
экспериментальной ветеринарии имени К.И. Скрябина  
и Я.П. Коваленко Российской академии наук  
г. Москва

abashin.il@yandex.ru

**Козырева Наталия Геннадиевна**

Канд. биол. наук

Федеральный научный центр-Всероссийский  
научно-исследовательский институт  
экспериментальной ветеринарии имени К.И. Скрябина  
и Я.П. Коваленко Российской академии наук  
г. Москва

nk07–73@rambler.ru

**Горбатов Александр Вениаминович**

Канд. ветеринар. наук

Федеральный научный центр-Всероссийский  
научно-исследовательский институт  
экспериментальной ветеринарии имени К.И. Скрябина  
и Я.П. Коваленко Российской академии наук  
г. Москва

incidentor@yandex.ru

**Авдеевская Наталья Николаевна**

Соискатель

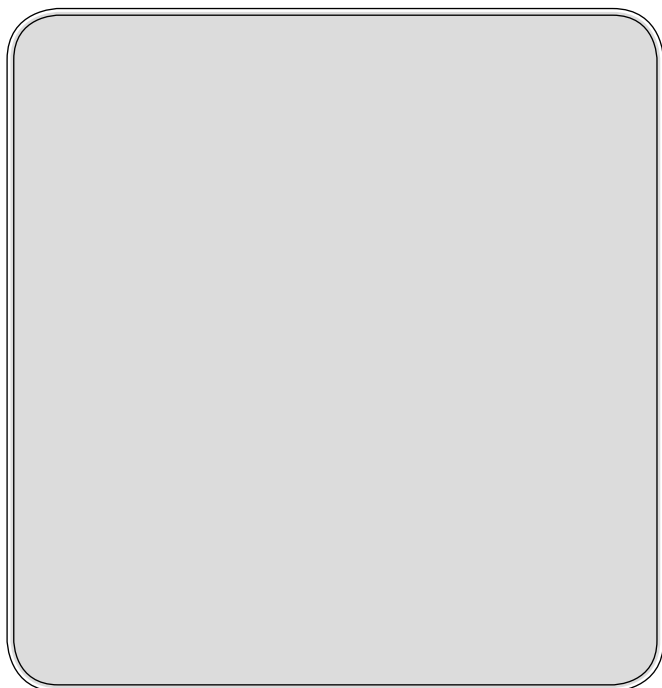
Вологодский филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН  
г. Вологда

natali.avduevskaya@mail.ru

*Аннотация.* Стрептококкозы представляют широко распространённые заболевания, приносящие большое количество затрат в сфере сельского хозяйства, намного уменьшая прибыльность данной отрасли. Но не только снижается прибыльность той или иной отрасли, страдающей от данного патогена, но и снижается качество самой продукции.

Разработка методики получения М-белка стрептококков, принадлежит ученому — Р. Лэнсфилд. Это был трудоемкий и многоступенчатый способ выделения бактериальных белков. На смену типирования патогена по серотипам, приходят способы генодиагностики, метод emm-типирования, ставший «Золотым стандартом» диагностики стрептококковых инфекций

В данном мини-обзоре рассматривается методика применения идентификации *emm*-гена у стрептококков групп C и G, выделенных от крупного рогатого скота, на основе полимеразной цепной реакции (ПЦР), которое является быстрым и точным методом диагностики возбудителя. Методика основывается на уникальности нуклеотидной последовательности возбудителя, что дает высокую степень специфичности. Актуальность разрабатываемого метода обоснована недостатком информации о точ-



**И**ntenсивное развитие сельского хозяйства невозможно без высокого уровня иммунитета и продуктивности животных. Циркулирующие в стадах многочисленные инфекционные агенты [24,25] могут создавать серьезные экономические проблемы. Одной из таких остро стоящих проблем, являются маститы и эндометриты в молочном скотоводстве [6,19]. Среди множества важнейших этиологических агентов возникновения этих заболеваний являются стрептококки. Стрептококки — род шаровидных или овоидных, аспорогенных грамположительных, хемотротрофных, факультативно-анаэробных бактерий из семейства *Streptococcaceae*, являются паразитами животных и человека, обитают в дыхательных путях, пищеварительном и репродуктивном трактах, особенно в полости рта, носа, в толстом кишечнике [1].

По антигенным свойствам полисахаридов стрептококки подразделяются на серогруппы: *A, B, C, D, F, G* и др. В свою очередь, серогруппы состоят из сероваров, различающихся белковыми антигенами (*M*-белок, *T*-белок, *F*-белок) (классификация на основании строения *C*-карбогидрата клеточной стенки [22]). Среди вышеперечисленных групп стрептококков, циркулирующих у крупного рогатого скота, наиболее этиологически значимыми для маститов и эндометритов, являются группы *C* и *G*. Серологические и бактериологические исследования, традиционно применяемые для диагностики стрептококков достаточно длительны и трудоемки, в связи с чем возникает необходимость в более современных подходах, каковыми могут являться молекулярно-генетические методы.

ных свойствах *M*-подобного белка стрептококков, кодируемого *emm*-геном, являющимся клеточным поверхностно-закрепленным белком и, который, предположительно, обуславливает устойчивость к фагоцитозу. Дополнительное использование *16s* рибосомального участка позволит повысить точность диагностики. Для отечественной ветеринарии это является новым подходом, в частности, при работе со стрептококками групп *C* и *G* у крупного рогатого скота.

*Ключевые слова:* стрептококки, молекулярная диагностика, *emm*-ген, КРС, генодиагностика.

### Основной принцип полимеразной цепной реакции (ПЦР)

Механизм реакции основан на репликации молекул ДНК, который в природе осуществляется ферментом ДНК-полимеразой. Он же и используется для проведения реакции *in vitro*.

В ПЦР применяется повторение температурных режимов, представляющих собой цикл амплификации. Цикличность температурных режимов, увеличивает количество, ограниченного олигонуклеотидами (праймерами) фрагмента нуклеиновых кислот (НК), в геометрической прогрессии, поскольку ранее синтезированные ампликоны, короткие участки НК, на каждом цикле выступают матрицей наработки искомого участка. ПЦР позволяет даже с единственной стартовой молекулы НК получить достаточное количество продукта реакции для детекции.

### Преимущества генодиагностики

Как сказано выше, повсеместно распространенным методом распознавания микроорганизмов в биологических образцах, в последнее время, стал анализ структур НК. Преимущество данного подхода состоит в отсутствии необходимости культивирования, в особенности для наиболее прихотливых культур. Тест-системы применяемы при диагностике возбудителя, основанные на амплификации НК, более чувствительны относительно других методик. В короткие сроки возможно обнаружение даже единичных аминокислот па-

тогена, предположительно находящегося в пробе [7,26]. Помимо рутинного обнаружения микроорганизма возможен вариант амплификации межгенного региона рибосомального кластера 16S рРНК и 23S рРНК, что позволяет одновременно определять, идентифицировать и дифференцировать различные таксоны прокариот [2].

Наибольшую визуализацию и удобство имеет ПЦР с гибридационно-флуоресцентной детекцией фрагментов нуклеиновых кислот, крайне специфических для геномов. Гибридизация флуоресцентно-меченых олигонуклеотидных зондов, присутствующих в составе реакционной смеси, с комплементарным участком амплифицируемой ДНК-мишени сопровождаются нарастанием флуоресценции. Измерение интенсивности флуоресцентного сигнала позволяет регистрировать накопление специфического продукта амплификации.

### Преимущество emm-типирования

Система типирования поверхностных полисахаридов стрептококков, созданная Р. Лэнсфилд — типичная серологическая система, основанная на реакциях антиген-антитело, зависит от приготовления типоспецифических антисывороток и антигена [21]. Сыворотки, для проведения реакции получают с помощью цельноклеточных антигенов стрептококка, используемых для иммунизации кроликов. Активные сыворотки содержат специфические антитела в серологических реакциях [23]. Производство таких сывороток остается довольно сложным процессом в крупных масштабах [12].

Самым исследованным видом стрептококков является *S. pyogenes* [10–18,29–33,35] на примере которого было показано, что ген emm *S. pyogenes* кодирует М-белок. М-белок индуцирует способность бактерии сопротивляться фагоцитозу, являясь основным фактором вирулентности. 5'-концы гена emm очень гетерогенны и кодируют специфичность серотипа [21].

Несколько критических замен нуклеотидов в 5'-области emm могут привести к появлению новых доминантных антигенных эпитопов, что приведет к образованию определенного серологического типа. В качестве альтернативы, гены emm могут время от времени подвергаться горизонтальному обмену и переходить на новый генетический фон, что делает типирование по генотипу более информативным, чем по серотипу [36]. В следствие этого, система типирования emm-гена является полезным и надежным эпизоотическим инструментом для подразделения стрептококков.

Поскольку тест-система не зависит от экспрессии гена emm и часто может различать биологически раз-

личные изоляты, которые могут быть лишь слабо антигенными или нетипируемыми, определение последовательности emm-гена может классифицировать изоляты, когда серологические методы не дают результата [12].

Биомолекулярные подходы, основанные на амплификации нуклеиновых кислот, такие как полимеразная цепная реакция (ПЦР), предлагают значительные преимущества по сравнению с обычными методами культуральных исследований с точки зрения точности и времени выполнения [27]. Кроме того, анализы на основе ПЦР способны выявлять бактерии с медленным ростом, что приводит к значительному снижению ложноотрицательных результатов, которые, как сообщается, возникают с вероятностью 27–50% при использовании методов бактериологии [5].

Согласно Бентли и др. [8,9] изменчивость последовательности области V2 16S рРНК позволило дифференцировать 31 вид рода *Streptococcus*, включая виды *S. uberis* и *S. parauberis*, относящихся к “необычным” стрептококкам, которые, не имея серологических и биохимических различий, филогенетически различны и могут быть выделены в самостоятельные виды [37].

Секвенирование и анализ гипервариабельных участков гена 16S рРНК могут обеспечить относительно быстрые и экономичные методы оценки разнообразия и численности бактерий и могут быть полезны для обнаружения и идентификации патогенов [20,28,34,38,39].

### Выводы

Таким образом, ПЦР обладает рядом сильных сторон относительно бактериологического исследования, применяемого в ветеринарии, однако, все же дополняя его. Для ПЦР присущи следующие характеристики:

- ◆ возможность визуальной интерпретации результатов;
- ◆ создание отчета по результатам выполняемого исследования, на основе визуальных данных;
- ◆ возможность сочетать изучение различных по своему функционалу участков нуклеотидных последовательностей;
- ◆ уменьшение риска не верных результатов достигается путем очистки и выделения НК и применения праймеров, специфичных для ДНК микроорганизмов;
- ◆ автоматизация метода ПЦР, тем самым обеспечивается высокая скорость работы;
- ◆ существующие протоколы постановки реакции амплификации, позволяют свести к минимуму ошибки.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев А.А. Атлас по медицинской микробиологии, вирусологии и иммунологии: Учебное пособие для студентов медицинских вузов / А.А. Воробьев, Е.П. Быков, А.В. Пашков, А.В. Караулов, М.Я. Корн, С.А. Быков // Под ред. А.А. Воробьева, А.С. Быкова — М.: Медицинское информационное агентство, 2003. — С. 1–236.
2. Деревщикова, М.И. Использование молекулярно-генетических методов для микробиологического контроля пищевой продукции / М.И. Деревщикова, М.Ю. Сыромятников, В.Н. Попов // Техника и технология пищевых производств. — 2018. — Т. 48, № 4. — С. 87–113. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-87-113>.
3. Практическое руководство по антиинфекционной химиотерапии: Группа пенициллинов/ В.А. Аковбян, И.В. Андреева, А.С. Анкирская и др. — НИИАХ СГМА. — 2000–2007. — 57–135с.
4. Информационный бюллетень ВОЗ: спецвыпуск. Ноябрь 2016. URL: <https://whodc.mednet.ru/ru/component/attachments/download/140.html> (Дата обращения 15.11.21)
5. Ashraf A, Imran M. Diagnosis of bovine mastitis: From laboratory to farm. *Trop. Anim. Health Prod.* 2018;50:1193–1202. doi: 10.1007/s11250-018-1629-0
6. Ballas P, Gabler C, Wagener K, Drillich M, Ehling-Schulz M. Streptococcus uberis strains originating from bovine uteri provoke upregulation of pro-inflammatory factors mRNA expression of endometrial epithelial cells in vitro. *Vet Microbiol.* 2020 Jun;245:108710. doi: 10.1016/j.vetmic.2020.108710. Epub 2020 May 5. PMID: 32456828
7. Balasubramanian S. Solexa Sequencing: Decoding Genomes on a Population Scale / S. Balasubramanian // *Clinical Chemistry.* — 2015. — Vol. 61, № 1. — P. 21–24. DOI: <https://doi.org/10.1373/clinchem.2014.221747>.
8. Bentley RW, Leigh JA, Collins MD. Intrageneric structure of Streptococcus based on comparative analysis of small-subunit rRNA sequences. *Int J Syst Bacteriol.* 1991;41:487–494.
9. Bentley RW, Leigh JA. Development of the PCR-based hybridization protocol for identification of streptococcal species. *J Clin Microbiol.* 1995;33:1296–1301.
10. Boukthir S, Moullec S, Cariou ME, Meygret A, Morcet J, Faili A, Kayal S. A prospective survey of Streptococcus pyogenes infections in French Brittany from 2009 to 2017: Comprehensive dynamic of new emergent emm genotypes. *PLoS One.* 2020 Dec 17;15(12): e0244063. doi: 10.1371/journal.pone.0244063. PMID: 33332468; PMCID: PMC7746304.
11. Ching NS, Crawford N, McMinn A, Baker C, Azzopardi K, Brownlee K, Lee D, Gibson M, Smeesters P, Gonis G, Ojaimi S, Buttery J, Steer AC. Prospective Surveillance of Pediatric Invasive Group A Streptococcus Infection. *J Pediatric Infect Dis Soc.* 2019 Mar 28;8(1):46–52. doi: 10.1093/jpids/pix099. PMID: 29309631.
12. Facklam R, Beall B, Efstratiou A, Fischetti V, Johnson D, Kaplan E, Kriz P, Lovgren M, Martin D, Schwartz B, Totolian A, Bessen D, Hollingshead S, Rubin F, Scott J, Tyrrell G. emm typing and validation of provisional M types for group A streptococci. *Emerg Infect Dis.* 1999 Mar-Apr;5(2):247–53. doi: 10.3201/eid0502.990209. PMID: 10221877; PMCID: PMC2640698.
13. Friães A, Melo-Cristino J, Ramirez M; Portuguese Group for the Study of Streptococcal Infections. Changes in emm types and superantigen gene content of Streptococcus pyogenes causing invasive infections in Portugal. *Sci Rep.* 2019 Dec 2;9(1):18051. doi: 10.1038/s41598-019-54409-2. PMID: 31792274; PMCID: PMC6888849.
14. Frost HR, Davies MR, Delforge V, Lakhloufi D, Sanderson-Smith M, Srinivasan V, Steer AC, Walker MJ, Beall B, Botteaux A, Smeesters PR. Analysis of Global Collection of Group A Streptococcus Genomes Reveals that the Majority Encode a Trio of M and M-Like Proteins. *mSphere.* 2020 Jan 8;5(1): e00806–19. doi: 10.1128/mSphere.00806–19. PMID: 31915226; PMCID: PMC6952200.
15. Frost HR, Davies MR, Velusamy S, Delforge V, Erhart A, Darboe S, Steer A, Walker MJ, Beall B, Botteaux A, Smeesters PR. Updated emm-typing protocol for Streptococcus pyogenes. *Clin Microbiol Infect.* 2020 Jul;26(7):946.e5–946.e8. doi: 10.1016/j.cmi.2020.02.026. Epub 2020 Feb 28. PMID: 32120034.
16. González-Abad MJ, Alonso Sanz M. Infecciones invasoras por Streptococcus pyogenes (2011–2018): serotipos y presentación clínica [Invasive Streptococcus pyogenes infections (2011–2018): EMM-type and clinical presentation]. *An Pediatr (Engl Ed).* 2020 Jun;92(6):351–358. Spanish. doi: 10.1016/j.anpedi.2019.10.014. Epub 2019 Dec 24. PMID: 31879253.
17. Grivea IN, Syrogiannopoulos GA, Michoula AN, Gazeti G, Malli E, Tsilipounidaki K, Fouzas S, Anthracopoulos MB, Petinaki E. emm Types and clusters and macrolide resistance of pediatric group A streptococcal isolates in Central Greece during 2011–2017. *PLoS One.* 2020 May 7;15(5): e0232777. doi: 10.1371/journal.pone.0232777. PMID: 32379802; PMCID: PMC7205280.
18. Hamzah SNA, Mohd Desa MN, Jasni AS, Mohd Taib N, Masri SN, Hamat RA. Distribution of virulence genes and the molecular epidemiology of Streptococcus pyogenes clinical isolates by emm and multilocus sequence typing methods. *Med J Malaysia.* 2021 Mar;76(2):164–170. PMID: 33742623.
19. Kabelitz T, Aubry E, van Vorst K, Amon T, Fulde M. The Role of Streptococcus spp. in Bovine Mastitis. *Microorganisms.* 2021 Jul 13;9(7):1497. doi: 10.3390/microorganisms9071497. PMID: 34361932; PMCID: PMC8305581.
20. Kolbert CP, Persing DH. Ribosomal DNA sequencing as a tool for identification of bacterial pathogens. *Curr Opin Microbiol.* 1999 Jun;2(3):299–305. doi: 10.1016/S1369-5274(99)80052-6. PMID: 10383862.
21. Lancefield RC. The antigenic complex of streptococcus haemolyticus: I. Demonstration of a type-specific substance in extracts of streptococcus haemolyticus. *J Exp Med.* 1928 Jan 1;47(1):91–103. doi: 10.1084/jem.47.1.91. PMID: 19869404; PMCID: PMC2131344.
22. Lancefield RC. A serological differentiation of human and other groups of hemolytic streptococci. *J Exp Med.* 1933 Mar 31;57(4):571–95. doi: 10.1084/jem.57.4.571. PMID: 19870148; PMCID: PMC2132252.
23. Lancefield RC. Differentiation of group A streptococci with a common R antigen into three serological types, with special reference to the bactericidal test. *J Exp Med* 1957;106:525–44. Johnson DR, Sramek J, Kaplan EL, Bicova R, Havlicek J, Havlickova H, et al. Laboratory diagnosis of group A streptococcal infections. Geneva: World Health Organization; 1996.

24. Lewis, G.S., Uterine health and disorders. *J. Dairy Sci.* 1997 May; 80(5): 984–994. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76024-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76024-7);
25. Liang, D., Arnold, L.M., Stowe, C.J., Harmon, R.J., Bewley, J.M., 2017. Estimating US dairy clinical disease costs with a stochastic simulation model. *J. Dairy Sci.* 100, 1472–1486. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11565>
26. Liu L. Comparison of next-generation sequencing systems / L. Liu, Y. Li, S. Li [et al.] // *Journal of Biomedicine and Biotechnology*. — 2012. DOI: <https://doi.org/10.1155/2012/251364>.
27. Park S., Zhang Y., Lin S., Wang T., Yang S. Advances in microfluidic PCR for point-of-care infectious disease diagnostics. *Biotechnol. Adv.* 2011;29:830–839. doi: 10.1016/j.biotechadv.2011.06.017.
28. Schukken, Y.H., Günther, J., Fitzpatrick, J., Fontaine, M.C., Goetze, L., Holst, O., Leigh, J., Petzl, W., Schuberth, H.J., Sipka, A., Smith, D.G.E., Quesnell, R., Watts, J., Yancey, R., Zerbe, H., Gurjar, A., Zadoks, R.N., Seyfert, H.M., 2011. Host-response patterns of intramammary infections in dairy cows. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 144, 270–289.
29. Speers DJ, Levy A, Gichamo A, Eastwood A, Leung MJ. M protein gene (emm type) analysis of group A *Streptococcus* isolates recovered during an acute glomerulonephritis outbreak in northern Western Australia. *Pathology.* 2017 Dec;49(7):765–769. doi: 10.1016/j.pathol.2017.09.001. Epub 2017 Oct 24. PMID: 29079005.
30. Tadros M, Cabrera A, Matukas LM, Muller M. Evaluation of Matrix-Assisted Laser Desorption Ionization Time-of-Flight Mass Spectrometry and ClinPro Tools as a Rapid Tool for Typing *Streptococcus pyogenes*. *Open Forum Infect Dis.* 2019 Oct 11;6(11): ofz441. doi: 10.1093/ofid/ofz441. PMID: 31700941; PMCID: PMC6825801
31. Tyrrell GJ, Bell C, Bill L, Fathima S. Increasing Incidence of Invasive Group A *Streptococcus* Disease in First Nations Population, Alberta, Canada, 2003–2017. *Emerg Infect Dis.* 2021 Feb;27(2):443–451. doi: 10.3201/eid2702.201945. PMID: 33496247; PMCID: PMC7853581.
32. Vela AI, Villalón P, Sáez-Nieto JA, Chacón G, Domínguez L, Fernández-Garayzábal JF. Characterization of *Streptococcus pyogenes* from Animal Clinical Specimens, Spain. *Emerg Infect Dis.* 2017 Dec;23(12):2013–2016. doi: 10.3201/eid2312.151146. PMID: 29148379; PMCID: PMC5708255.
33. Villalón P, Sáez-Nieto JA, Rubio-López V, Medina-Pascual MJ, Garrido N, Carrasco G, Pino-Rosa S, Valdezate S. Invasive *Streptococcus pyogenes* disease in Spain: a microbiological and epidemiological study covering the period 2007–2019. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis.* 2021 Nov;40(11):2295–2303. doi: 10.1007/s10096-021-04279-2. Epub 2021 May 27. PMID: 34046804.
34. Wagener K, Prunner I, Pothmann H, Drillich M, Ehling-Schulz M. Diversity and health status specific fluctuations of intrauterine microbial communities in postpartum dairy cows. *Vet Microbiol.* 2015 Feb 25;175(2–4):286–93. doi: 10.1016/j.vetmic.2014.11.017. Epub 2014 Dec 2. PMID: 25497238.
35. Wang B, Cleary PP. Intracellular Invasion by *Streptococcus pyogenes*: Invasins, Host Receptors, and Relevance to Human Disease. *Microbiol Spectr.* 2019 Jul;7(4). doi: 10.1128/microbiolspec.GPP3-0049-2018. PMID: 31267891.
36. Whatmore AM, Kapur V, Sullivan DJ, Musser JM, Kehoe MA. Non-congruent relationships between variation in emm gene sequences and the population genetic structure of group A streptococci. *Mol Microbiol* 1994;14:619–631.
37. Williams A M, Collins M D. Molecular taxonomic studies on *Streptococcus uberis* types I and II. Description of *Streptococcus parauberis* sp. nov. *J Appl Bacteriol.* 1990;68:485–490.
38. Williams EJ, Fischer DP, Pfeiffer DU, England GC, Noakes DE, Dobson H, Sheldon IM. Clinical evaluation of postpartum vaginal mucus reflects uterine bacterial infection and the immune response in cattle. *Theriogenology.* 2005 Jan 1;63(1):102–17. doi: 10.1016/j.theriogenology.2004.03.017. PMID: 15589277.
39. Zadoks, R.N., Middleton, J.R., McDougall, S., Katholm, J., Schukken, 40. Y.H., 2011. Molecular epidemiology of mastitis pathogens of dairy cattle and comparative relevance to humans. *J. Mammary Gland Biol. Neoplasia* 16, 357–372.

# РОСТ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА МАЛЬВОВЫЕ В УСЛОВИЯХ ОБРАБОТКИ СТИМУЛЯТОРАМИ БИОЛОГИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

## GROWTH OF PLANTS OF THE MALVACEAE FAMILY AT THE STAGES OF TREATMENT WITH STIMULANTS OF BIOLOGICAL ORIGIN

**Yu. Bataeva  
L. Grigoryan  
A. Rusakov  
D. Bratilova  
V. Shlyakhov**

*Summary.* The effect of growth stimulators based on cyanobacteria and actinomycetes in comparison with commercial drugs on the growth and development of cotton plants of the Malvaceae family has been studied. A high phytostimulating effect on yield was shown, exceeding the control by 3700 gr. (311%).

*Keywords:* biological stimulants, actinomycetes, cyanobacteria, cotton.

**Батаева Юлия Викторовна**

К.б.н., доцент

Астраханский государственный университет им.

В.Н. Татищева

aveatab@mail.ru

**Григорян Лилит Норайновна**

К.б.н., доцент

Астраханский государственный университет им.

В.Н. Татищева

lilyagrigroryan90@gmail.com

**Русаков Александр Вячеславович**

Лаборант

Астраханский государственный университет им.

В.Н. Татищева

**Братилова Джамиля Мусаевна**

Магистрант

Астраханский государственный университет им.

В.Н. Татищева

**Шляхов Виктор Александрович**

Д.с.-х.н., профессор

Астраханский государственный университет им.

В.Н. Татищева

shlyahov.v@yandex.ru

*Аннотация.* Изучено влияние стимуляторов роста на основе цианобактерий и актиномицетов в сравнении с коммерческими препаратами на рост и развитие растений Хлопчатника семейства Мальвовые (Malvaceae). Показан высокий фитостимулирующий эффект по урожайности, превышающий контроль на 3700 гр. (311%).

*Ключевые слова:* биологические стимуляторы, актиномицеты, цианобактерии, хлопчатник.

### Введение

Применение в растениеводстве пестицидов и химических удобрений приводит к загрязнению окружающей среды, снижению видового разнообразия в агросистемах и ухудшению плодородия почв (Курдиш, 2001). Поэтому в последние годы уделяется внимание биологизации земледелия, а также разработке, внедрению и применению микробиологических препаратов для стимуляции роста растений, защиты их от фитопатогенов и повышения урожайности (Григорян и др., 2020; Bataeva et al., 2012).

### Цель

Цель состояла в исследовании влияния цианобактерий и актиномицетов на рост растений Хлопчатника в полевом опыте.

### Экспериментальная часть

Материалами для исследований служили семена хлопчатника сорта АС 1 и биологические стимуляторы роста и развития для обработки растений. Микроделаяночный опыт проводили в открытом грунте на террито-

Таблица 1. Количество листьев хлопчатника в разные сроки обследования.

Вариант опыта	Кол-во листьев, шт. (сред.)			
	17.06.21	23.06.21	30.06.2021	07.07.21
Anabaena	3,7	3,8	4,8	17,5
Scenedesmus	3,5	3,9	4,9	16,0
<i>Nocardiopsis</i> № 18	3,2	4,6	5,6	20,0
<i>Streptomyces</i>	3,1	5,0	6,0	31,4
<i>Nocardiopsis</i> № 2	3,3	4,3	6,3	17,5
Фитоспорин +К	3,0	3,1	4,1	30,1
Текамин	2,8	3,9	4,9	15,9
Вода -К	2,6	2,6	3,6	19,0

рии филиала ФГБУ «Россельхозцентр» по Астраханской области.

В процессе проведения опыта хлопчатник обрабатывали следующими лабораторными культурами микроорганизмов (ранжированными по номерам) и коммерческими препаратами (варианты опыта): цианобактерии рода *Anabaena*; зеленые водоросли рода *Scenedesmus*; бактерии рода *Nocardiopsis* № 18; бактерии рода *Streptomyces* № 11; бактерии рода *Nocardiopsis* № 2; контроль положительный (Фитоспорин); биостимулятор Текамин; контроль отрицательный (водопроводная вода).

Обработку экспериментальными образцами биопрепаратов проводили в утренние часы (расход рабочей жидкости — 300 л/га, норма расхода — 4 л/га). План полевого опыта включал шесть обработок: 1) замачивание и высев семян — 31.05.21; 2) учет всхожести и пролив под корень — 10.06.21; 3) учет биометрических показателей — 17.06.21; 4) опрыскивание и учет — 23.06.21; 5) опрыскивание и учет — 30.06.21; 6) пролив под корень и учет — 07.07.21.

Для обработки растений использовали суспензии микроорганизмов. Цианобактерии культивировали на минеральной жидкой среде Громова № 6, актиномицеты родов *Streptomyces* и *Nocardiopsis* выращивали на жидкой картофельной среде. Препарат «Фитоспорин» является коммерческим биофунгицидом на основе бактерий *Bacillus subtilis*, который применяли для сравнения в связи с тем, что лабораторные культуры бактерий и водорослей кроме фитостимулирующего эффекта, обладают еще и фунгицидными свойствами. Биостимулятор Текамин также является коммерческим препаратом. Препараты разводили согласно инструкции.

Закладку опыта осуществили методом организованных повторений с разбросным способом их разме-

щения. Семена высаживали на расстоянии 40 см друг от друга. Один вариант опыта включал 20 семян. Опыт проводили в трех повторностях. Весь период вегетации растения поливали водопроводной водой с помощью капельного орошения.

Биометрические показатели (высоту растения и среднее количество листьев) замеряли на пяти растениях и подсчитывали среднее. Урожайность определяли, взвешивая 5 коробочек с одного растения, выбранных случайным образом. Для репрезентативности все замеры проводили на пяти растениях, затем высчитывали среднее.

#### Обсуждение результатов

На 10е сутки после посадки семян хлопчатника в открытый грунт учитывали всхожесть семян. Минимальная всхожесть обнаружена при обработке семян водопроводной водой — 60%. В остальных вариантах всхожесть составила 100%.

Результаты исследования биометрических показателей 17 июня 2021 г. показали, что наибольшая высота растений 15,9 см обнаружена в варианте опыта № 3 при обработке растений бактериями рода *Nocardiopsis* № 18. Наименьшая высота растений обнаружена в варианте 9 (обработка водой) и составила 7,5 см. Высота растений остальных вариантов колебалась от 10,8 см до 14,1 см. Среднее количество листьев на растении оказалось примерно одинаковым в вариантах опыта 1–7 (таблица 1). Минимальное количество листьев в отрицательном контроле — 2,6 шт. и обработке текамином — 2,8 шт.

Результаты исследования биометрических показателей на 23 июня 2021 г. показали, что наибольшая высота растений обнаружена в варианте опыта № 4 при обработке растений бактериями рода *Streptomyces*.

Таблица 2. Урожайность хлопчатника.

Вариант опыта	Средний вес 5 коробочек, гр.	Средний вес коробочек с одного растения, гр.
Anabaena	100,0	3220,0
Scenedesmus	80,0	2900,0
<i>Nocardopsis</i> № 18	99,0	3550,0
<i>Streptomyces</i>	100,0	3410,0
<i>Nocardopsis</i> № 2	100,0	4600,0
Фитоспорин +К	98,0	810,0
Текамин	98,0	1710,0
Вода -К	80,0	900,0

Результаты исследования биометрических показателей на 30 июня 2021 г. показали максимальную высоту растений в варианте № 4—26,3 см при обработке бактериями рода *Nocardopsis* № 2, минимальную — в отрицательном контроле — 11,7 см. По подсчетам количества листьев, максимальное выявленное среднее число в варианте № 5 (обработка бактериями рода *Nocardopsis* № 2) и составило 6,3 шт.

По результатам, полученным 07.07.2021 установлено, что максимальная высота растений выявлена в варианте 5 (обработка бактериями рода *Nocardopsis* № 2) и составила 43,4 см. По подсчетам среднего количества листьев, максимальное выявленное число в варианте № 4 (обработка бактериями рода *Streptomyces*) и составило 31,4 шт.

Таким образом, по замеру биометрических показателей, наибольший эффект на рост растений вызвала обработка бактериями — актиномицетами в вариантах № 3, 4, 5. Наибольшую урожайность по весу пяти коробочек с растения наблюдали в вариантах № 5 *Nocardopsis* № 2, № 4 (*Streptomyces*), № 1 (*Anabaena*), (таблица 2).

Наиболее показательная урожайность, по нашему мнению, это средний вес всех коробочек с растения. Максимальная урожайность 4600,0 гр. обнаружена при обработке бактериями *Nocardopsis* № 2. По нашему мнению, это связано с синтезом бактериями биологически активных соединений, таких как флавоноиды, терпеноиды и другими, оказывающими фитостимулирующий эффект на растения. Цианобактерии р. *Anabaena* и зеленые водоросли р. *Scenedesmus* оказали стимулирующий эффект, превысив урожайность на 2000,0 гр.— 2410 гр. в вариантах № 6 и № 9 (положительный и отрицательный контроли).

Таким образом, наибольший фитостимулирующий эффект выявлен при обработке растений Хлопчатника актиномицетами, на основе которых в современное время изготавливают не только средства защиты растений, но и биоудобрения.

Работа выполнена в рамках реализации проекта «Разработка экологически безопасного средства защиты растений на основе почвенных актинобактерий для восстановления агроэкосистем» по Программе развития Астраханского государственного университета им. В.Н. Татищева на 2021–2030 годы («Приоритет 2030»).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Курдиш, И.К. Гранулированные микробные препараты для растениеводства: наука и практика / И.К. Курдиш. — К.: КВИЦ, 2001. — 142 с.
2. Григорян, Л.Н. Биологическое обоснование применения суспензии штамма *Streptomyces carpaticus* RCAM 04697 для защиты томата от насекомых — вредителей и фитопатогенов в открытом грунте / Л.Н. Григорян, Ю.В. Батаева, В.А. Шляхов // Естественные и технические науки. — 2020. — № 6 (144). — С. 54–57.
3. Bataeva, Yu. Growth-Promoting and Fungicide Characteristics of Cyanobacterial Communities from Ecosystems of the Astrakhan / Y. Bataeva, I. Dzerzhinskaya, M. Egorov, D. Magzanova, O. Astafyeva // Region Journal of Agriculture and Food Technology (JAFT). — 2012. — 2(12). — P. 184–187.

© Батаева Юлия Викторовна (aveatab@mail.ru), Григорян Лилит Норайновна (lilyagrigoryan90@gmail.com),

Русаков Александр Вячеславович, Братилова Джамиля Мусаевна,

Шляхов Виктор Александрович (shliahov.v@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЕННЫХ АКТИНОБАКТЕРИЙ АРИДНОЙ ЗОНЫ

## BIOLOGICAL PROPERTIES OF SOIL ACTINOBACTERIA IN THE ARID ZONE

**L. Grigoryan  
Yu. Bataeva  
A. Rusakov  
D. Bratilova  
V. Shlyakhov**

**Summary.** The phytotoxicity, antioxidant activity, and optical density of actinobacteria of *Streptomyces carpaticus* RCAM04697, *Nocardioopsis umidischolae* RCAM04882 and *Nocardioopsis umidischolae* RCAM04883 strains were studied. Suspension (88.8%) and water-alcohol extract (76.0%) of *S. carpaticus* RCAM04697 strain showed the highest antioxidant activity. In all the studied samples, a high antioxidant activity was revealed relative to the control. Spectrophotometric analysis of the studied samples made it possible to identify substances with the corresponding wavelengths, which can be attributed to polyene antibiotics.

**Keywords:** actinobacteria, phytotoxicity, antioxidant activity, optical density.

**Григорян Лилит Норайновна**

К.б.н., доцент

Астраханский государственный университет им.

В.Н. Татищева

*lilyagroryan90@gmail.com*

**Батаева Юлия Викторовна**

К.б.н., доцент

Астраханский государственный университет им.

В.Н. Татищева

*aveatab@mail.ru*

**Русаков Александр Вячеславович**

Лаборант

Астраханский государственный университет им.

В.Н. Татищева

**Братилова Джамиля Мусаевна**

Магистрант

Астраханский государственный университет им.

В.Н. Татищева

**Шляхов Виктор Александрович**

Д.с.-х.н., профессор

Астраханский государственный университет им.

В.Н. Татищева

*shliahov.v@yandex.ru*

**Аннотация.** Исследована фитотоксичность, антиоксидантная активность и оптическая плотность актинобактерий штаммов *Streptomyces carpaticus* RCAM04697, *Nocardioopsis umidischolae* RCAM04882, *Nocardioopsis umidischolae* RCAM04883. Наибольшую антиоксидантную активность проявили суспензия (88,8%) и водно-спиртовой экстракт (76,0%) штамма *S. carpaticus* RCAM04697. Во всех исследуемых образцах выявлена высокая антиоксидантная активность относительно контроля. Спектрофотометрический анализ изучаемых образцов выявил вещества с соответствующими длинами волн, которые можно отнести к полиеновым антибиотикам.

**Ключевые слова:** актинобактерии, фитотоксичность, антиоксидантная активность, оптическая плотность.

### Введение

**А**ктинобактерии выделяются среди других бактерий наиболее сложной организацией генома и фенотипа на прокариотном уровне, превосходят все другие группы микроорганизмов по способности синтезировать антибиотики и другие физиологически активные соединения. Именно почвенные актинобактерии экстремальных мест обитания способны продуцировать редкие метаболиты со специфическими свойствами (Батаева и др., 2021). Цель настоящих

исследований — определить фитотоксичность, антиоксидантную активность и оптическую плотность суспензии и экстрактов штаммов *Streptomyces carpaticus* RCAM04697, *Nocardioopsis umidischolae* RCAM04882, *Nocardioopsis umidischolae* RCAM04883.

### Экспериментальная часть

В опытах использовались суспензии отселектированных штаммов *N. umidischolae* RCAM04882, *N. umidischolae* RCAM04883, *S. carpaticus* RCAM04697,

Таблица 1. Влияние исследуемых актинобактерий на всхожесть семян редиса.

№ п/п	Вариант	Среднее количество проросших семян, %					
		N. umidischolae RCAM04882		S. carpaticus RCAM04697		N. umidischolae RCAM04883	
		0,5 мг/мл	1 мг/мл	0,5 мг/мл	1 мг/мл	0,5 мг/мл	1 мг/мл
1	Гексановый экстракт	77,3	74,1	90,1	87,5	69,0	64,5
2	Метанольный экстракт	59,8	55,9	59,2	57,0	66,4	65,0
3	Водно-спиртовой экстракт (20:80)	67,2	65,2	75,7	70,8	68,3	65,2
4	Водно-спиртовой экстракт (50:50)	72,2	60,1	74,1	73,8	70,2	63,3
5	Водно-спиртовой экстракт (80:20)	75,5	60,3	86,6	84,1	77,5	69,1
6	Суспензия	69,4		75,5		57,9	
7	Контроль № 1	42,1					
8	Контроль № 2	44,4					

*N. dassonvillei* RCAM04698; 5 вариантов экстрактов (водно-спиртовой в трех модификациях: 80:20; 50:50; 20:80, метанольный и гексановый) штаммов *S. carpaticus* RCAM04697, *N. umidischolae* RCAM04882, *N. umidischolae* RCAM04883. Штаммы депонированы в Ведомственной коллекции полезных микроорганизмов сельскохозяйственного назначения ФГБНУ ВНИИСХМ (г. Пушкин) (Батаева и др., 2021).

Фитотоксичность суспензии и экстрактов штаммов исследовали в двух концентрациях: 0,5 мг/мл и 1 мг/мл. Фитотоксические свойства суспензии и экстрактов исследуемых штаммов бактерий изучали методом ингибирования роста корня редиса (*Rarhanus sativus*) (Селивановская и др., 2011).

Спектрофотометрическое исследование проводили с целью выявления групп доминирующих веществ метаболитов исследуемых штаммов. Анализ проводили при длинах волн от 330 до 1000 нм, с шагом через 10 нм. В кювету наливали по 2 мл жидкости. В результате спектрофотометрического анализа всех исследуемых образцов проанализированы показатели оптической плотности (А) и светопропускания (Т) (Астафьева и др., 2015). Для математического анализа полученных материалов использовали пакеты программ Excel и BioStat 2008. Статистический анализ проводили на основе расчета средних арифметических (M) и их ошибок (m).

### Обсуждение результатов

Наличие ингибирующего эффекта определяли, сравнивая всхожесть семян и длину корня в контрольном и опытных вариантах. Наибольшая всхожесть выявлена при обработке гексановыми экстрактами исследуемых актинобактерий и составила от 64,5% до 90,1% (табл. 1).

Максимальная всхожесть обнаружена в варианте при обработке гексановым экстрактом штамма *S. carpaticus* RCAM04697 в концентрации 0,5 мг/мл — 90,1%, которая выше контроля на 45,7–48,0%. Проявление высокой фитостимулирующей активности у гексановых экстрактов может быть связано с присутствием соединений стероидной природы, которые, обладают высокой биологической активностью.

Исследования по определению антиоксидантной активности свидетельствуют о том, что все изучаемые пробы обладают показателями антиоксидантной активности, которые варьируют от 35,2% (водно-спиртовой экстракт 80:20) до 88,8% (суспензия штамма *S. carpaticus* RCAM04697).

Следует отметить, что при сравнении антиоксидантной активности в пределах суспензии и экстрактов одного изолята актинобактерий не наблюдается четкой закономерности, так как данный показатель у штамма *S. carpaticus* RCAM04697 достаточно высок в суспензии (88,8%), у штамма *N. umidischolae* RCAM04882 — в водно-спиртовом экстракте 80:20 (71,4%), а у штамма *N. umidischolae* RCAM04883 — в гексановом и водно-спиртовом экстрактах 80:20 (61,0%). В связи с чем, можно предположить, что антиоксидантная активность проявляется дифференцированно в различных вариантах изолятов актинобактерий.

В результате спектрофотометрического анализа всех исследуемых образцов, установлено, что показатели оптической плотности убывают от длин волн 350 до 1000 нм, но при этом наблюдается резкий скачок показателя при длине волны 340 нм. Также проанализированы показатели светопропускания, которые возрастают от длин волн 330 до 1000 нм, но при длине волны

340 нм у всех исследуемых проб наблюдается резкое уменьшение данных значений. Исключение составляет ряд экстрактов штамма *S. carpaticus* RCAM04697, в которых наблюдается 2–3 пика возрастания значений оптической плотности: метанольный, водно-спиртовый 50:50, водно-спиртовый 20:80.

Полученные в результате спектрального анализа УФ — спектры водно-спиртового экстракта 20:80 штамма *S. carpaticus* RCAM04697, по нашему мнению, показывают возможное наличие полиенового антибиотика из группы пентаенов, максимум поглощения которых составляет от 323 до 356 нм. Полиеновые антибиотики отвечают за высокую фунгицидную и антибактериальную активности штаммов стрептомицетов (Поляк и др., 2017).

Таким образом, анализ полученных данных показал, что варианты суспензий и экстрактов трех штаммов

нетоксичны, а концентрация 0,5 мг/мл эффективнее, чем концентрация 1 мг/мл, которая проявляет ингибирующие свойства. Установлено, что наибольшую антиоксидантную активность проявили суспензия (88,8%) и водно-спиртовый экстракт (76,0%) штамма *S. carpaticus* RCAM04697. Отметим, что во всех исследуемых образцах выявлена высокая антиоксидантная активность относительно контроля. Спектрофотометрический анализ изучаемых образцов выявил вещества с соответствующими длинами волн, которые можно отнести к полиеновым антибиотикам.

Работа выполнена в рамках реализации проекта «Разработка экологически безопасного средства защиты растений на основе почвенных актинобактерий для восстановления агроэкосистем» по Программе развития Астраханского государственного университета им. В.Н. Татищева на 2021–2030 годы («Приоритет 2030»).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Астафьева, О.В. Практические занятия блока «Технология получения биологических активных веществ» дисциплины «Технология белка и БАВ» / О.В. Астафьева, А.С. Баймухамбетова — А.: Астраханский государственный университет. — 2015. — 51 с.
2. Батаева, Ю.В. Изучение метаболитов *Streptomyces carpaticus* RCAM04697 для создания экологически безопасных средств защиты растений / Ю.В. Батаева, Л.Н. Григорян, Е.А. Курашов, Ю.В. Крылова, Е.В. Федорова, Е.Я. Явид, В.В. Ходонович, Л.В. Яковлева // Теоретическая и прикладная экология. — 2021. — № 3. — С. 172–178. DOI: 10.25750/1995–4301–2021–3–172–178.
3. Поляк, Ю.М. Выделение почвенных стрептомицетов — продуцентов комплексных антибиотиков / Ю.М. Поляк, В.И. Сухаревич // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю.А. Овчинникова, 2017. Т. 13. № 1. С. 18–24.
4. Селивановская, С.Ю. Биологические методы в оценке токсичности отходов и почв / С.Ю. Селивановская, П.Ю. Галицкая. — Казань: Казанский университет. — 2011. — 96 с.

© Григорян Лилит Норайновна (lilyagrigoryan90@gmail.com), Батаева Юлия Викторовна (aveatab@mail.ru),

Русаков Александр Вячеславович, Братилова Джамиля Мусаевна,

Шляхов Виктор Александрович (shliahov.v@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



# ВЛИЯНИЕ ПОЧВЕННЫХ СТРЕПТОМИЦЕТОВ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОМАТОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В ОТКРЫТОМ ГРУНТЕ

## INFLUENCE OF SOIL STREPTOMYCETES ON THE QUALITATIVE CHARACTERISTICS OF TOMATOES WHEN GROWN IN OPEN GROUND

**L. Grigoryan  
Yu. Bataeva  
A. Rusakov  
D. Bratilova  
V. Shlyakhov**

*Summary.* The influence of the suspension and extracts of the *Streptomyces carpaticus* RCAM04697 strain on the quality characteristics of the fruits of the tomato cv. Lojejn was studied. Analysis of the obtained data showed that the *S. carpaticus* RCAM04697 strain, in particular, its suspension, has properties that contribute to obtaining a high-quality tomato crop in open ground.

*Keywords:* tomatoes, streptomycetes, qualitative characteristics, open ground.

**Григорян Лилит Норайновна**

К.б.н., доцент

Астраханский государственный университет им.

В.Н. Татищева

*lilyagrigroryan90@gmail.com*

**Батаева Юлия Викторовна**

К.б.н., доцент

Астраханский государственный университет им.

В.Н. Татищева

*aveatab@mail.ru*

**Русakov Александр Вячеславович**

Лаборант

Астраханский государственный университет им.

В.Н. Татищева

**Братилова Джамия Мусаевна**

Магистрант

Астраханский государственный университет им.

В.Н. Татищева

**Шляхов Виктор Александрович**

Д.с.-х.н., профессор

Астраханский государственный университет им.

В.Н. Татищева

*shliahov.v@yandex.ru*

*Аннотация.* Изучено влияние суспензии и экстрактов штамма *Streptomyces carpaticus* RCAM04697 на качественные характеристики плодов томата сорта Лоджейн. Анализ полученных данных показал, что штамм *S. carpaticus* RCAM04697, в частности, его суспензия обладает свойствами, способствующими получению высококачественного урожая томатов в открытом грунте.

*Ключевые слова:* томаты, стрептомицеты, качественные характеристики, открытый грунт.

### Введение

**Д**ля получения высококачественной экологически чистой продукции необходимо расширение ассортимента биологических средств защиты растений. Исследование влияния сельскохозяйственно ценного штамма *Streptomyces carpaticus* RCAM04697, выделенного из засоленных почв Астраханской области, на качество томата (*Lycopersicon esculentum* Mill.) является, на наш взгляд, перспективным направлением в сфере растениеводства (Григорян и др., 2021).

### Цель

Цель настоящих исследований — изучить влияние суспензии и экстрактов штамма *S. carpaticus* RCAM04697 на качественные характеристики томатов при выращивании в открытом грунте.

### Экспериментальная часть

В связи с тем, что полевой опыт по обработке томатов включал 5 вариантов, экспертиза состояла, соот-

Таблица 1. Результаты определения нитратов в плодах томата (МУ 5048–89).

№ п/п	Варианты опыта	Нормируемое значение, мг/кг	Фактическое значение, мг/кг
1	Лепидоцид СК (эталон)	150	64
2	Гексановый экстракт		51
3	Метанольный экстракт		56
4	Водно-спиртовой экстракт 50:50		55
5	Суспензия		45

ветственно, из 5 проб с двумя повторностями на каждый вариант: контроль — с обработкой коммерческим биопрепаратом Лепидоцид СК (эталон), 3 варианта с обработкой экстрактами (гексановый, метанольный, водно-спиртовой 50:50) и вариант с обработкой суспензией (Григорян и др., 2021).

Подготовку проб для определения содержания токсичных элементов проводили по ГОСТ 26929–94, для остальных лабораторных анализов по ГОСТ 26671–2014. Определение ртути проводили согласно ГОСТ 26927–86 на анализаторе ртути Юлия-5K (№ 353, ООО «НПО Метрополия+», г. Казань, Россия).

Определение количества мышьяка устанавливали на спектрофотометре ПЭ-5400В (№ VEK 1310014) по ГОСТ 26930–86. Содержание нитратов измеряли согласно Методическим указаниям по определению нитратов и нитритов в продукции растениеводства на иономере Эксперт-001 (№ 7794, ООО «Эконикс-Эксперт», г. Москва, Россия). Выявление остаточных количеств хлорорганических пестицидов ГХЦГ и ДДТ проводили согласно ГОСТ 30349–96 методом ТСХ на пластинах хроматографических ПТСХ-АФ-А-УФ (10–15 см) марки «Сорбфил» (ТУ 4215–002–43636866–2007, ОКП 421549, Группа Л57, ООО «ИМИД», г. Краснодар, Россия).

Количественное определение микотоксина патулина изучали на жидкостном хроматографе «Хромос ЖХ-301» (№ 145, ООО «Хромос», г. Дзержинск, Россия) по ГОСТ 28038–2013. Определение содержания кадмия и свинца инверсионно-вольтамперометрическим методом исследовали на анализаторе вольтамперометрическом ТА-2 (№ 342, НПП «Техноаналит», г. Томск, Россия).

### Обсуждение результатов

Изучение влияния штамма *S. carpaticus* RCAM04697 на содержание ртути в плодах томатов показало, что при обработке суспензией значение ртути составило менее 0,001 мг/кг. Влияние штамма *S. carpaticus* RCAM04697 на фактическое значение мышьяка в плодах томатов показало, что максимальное количество

данного показателя выявлено при обработке эталонным препаратом Лепидоцид СК (0,023 мг/кг).

Содержание мышьяка в плодах томата при обработках гексановым, метанольным и водно-спиртовым 50:50 экстрактами составило 0,002 мг/кг; 0,005 мг/кг; 0,004 мг/кг, соответственно. В варианте с обработкой суспензией штамма зафиксировано самое низкое содержание мышьяка (0,001 мг/кг).

Результаты исследования влияния штамма *S. carpaticus* RCAM04697 на содержание нитратов в плодах томата свидетельствует о том, что в наибольшем количестве данный показатель представлен в варианте с обработкой препаратом Лепидоцид СК (эталон) и составил 64 мг/кг (табл. 1).

Самое низкое содержание нитратов выявлено в суспензии и составило 45 мг/кг. Фактическое содержание нитратов в остальных вариантах варьировало от 51 мг/кг до 56 мг/кг.

Значения хлорорганических пестицидов при обработке плодов томатов препаратом Лепидоцид СК преобладали над данными показателями в других вариантах опыта: ГХЦГ составил 0,004 мг/кг, ДДТ — 0,006 мг/кг. Аналогично предыдущим исследованиям изучение по определению количеств пестицидов ГХЦГ и ДДТ оказалось наименьшим (менее 0,001 мг/кг) при обработке суспензией штамма *S. carpaticus* RCAM04697. Фактическое значение ГХЦГ в остальных вариантах опыта колебалось от 0,001 мг/кг до 0,003 мг/кг. Количество пестицида ДДТ в плодах томата при обработке экстрактами исследуемого штамма варьировало от 0,003 мг/кг до 0,005 мг/кг.

Количественное определение микотоксина патулина свидетельствует об отсутствии данного показателя в исследуемых образцах.

Максимальное значение показателей содержания кадмия и свинца выявлено в образце с обработкой препаратом Лепидоцид СК (эталон): свинец составил

0,018 мг/кг; кадмий — 0,012 мг/кг. Фактическое значение свинца и кадмия выявлено в минимальном количестве в варианте с обработкой суспензией штамма *S. carpaticus* RCAM04697 и в обоих случаях составило 0,001 мг/кг. Содержание свинца и кадмия при обработке метанольным экстрактом составило 0,004 мг/кг и 0,003 мг/кг, соответственно.

Анализ данных, полученный в результате исследований по определению качественных характеристик томата Лоджейн при обработке суспензией и экстрактами стрептомицета, свидетельствует о том, что штамм

*S. carpaticus* RCAM04697 обладает свойствами, способствующими получению качественного урожая. Следует отметить, что высокие показатели качества плодов томата установлены при обработке суспензией штамма *S. carpaticus* RCAM04697.

Работа выполнена в рамках реализации проекта «Разработка экологически безопасного средства защиты растений на основе почвенных актинобактерий для восстановления агроэкосистем» по Программе развития Астраханского государственного университета им. В.Н. Татищева на 2021–2030 годы («Приоритет 2030»).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Григорян, Л.Н. Оценка эффективности применения почвенных актинобактерий на томатах в аридной зоне / Л.Н. Григорян, Ю.В. Батаева Проблемы агрохимии и экологии. — 2021. — № 1. — С. 27–31. doi: 10.26178/4524.2021.72.35.005.
2. Григорян, Л.Н. Влияние суспензии и экстрактов штамма *Streptomyces carpaticus* RCAM04697 на жизнеспособность насекомых-вредителей / Л.Н. Григорян, Ю.В. Батаева, Е.Д. Андреева, З.О. Тураева, Д.Х. Закарьяева, Л.В. Яковлева // Теоретические и прикладные проблемы АПК. — 2021. — № 1. — С. 16–22. doi: 10.32935/2221–7312–2021–47–1–16–22.
3. ГОСТ 26927–86 Сырье и продукты пищевые. Метод определения ртути (с Изменением № 1). — М.: ИПК Издательство стандартов, введен 25.06.86. — 2002. — 18 с.
4. ГОСТ 26930–86 Сырье и продукты пищевые. Метод определения мышьяка. — М.: ИПК Издательство стандартов, введен 01.01.1987–2002. — 8 с.
5. Методические указания по определению нитратов и нитритов в продукции растениеводства. М.: Госагропром СССР, введен 1990–01–01. — 1989. — 33 с.
6. ГОСТ 26929–94 Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов. — М.: ИПК Издательство стандартов, введен 01.01.1996–2002. — 13 с.
7. ГОСТ 30349–96 Плоды, овощи и продукты их переработки. Методы определения остаточных количеств хлорорганических пестицидов. — М.: Стандартиформ, введен 01.01.1998. — 2008. — 13 с.
8. Методические указания по обнаружению и определению содержания общей ртути в пищевых продуктах методом беспламенной атомной абсорбции. — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, введен 27.06.1990. — 2010. — 25 с.
9. ГОСТ 28038–2013 Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения микотоксина патулина (с Поправкой). — М.: Стандартиформ, введен 01.07.2014. — 2014. — 23 с.

© Григорян Лилит Норайновна (lilyagrigoryan90@gmail.com), Батаева Юлия Викторовна (aveatab@mail.ru),

Русаков Александр Вячеславович, Братилова Джамиля Мусаевна,

Шляхов Виктор Александрович (shliahov.v@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ФАУНЫ ПАНЦИРНЫХ КЛЕЩЕЙ ОКРЕСТНОСТЕЙ Г. МАХАЧКАЛА РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН

## TAXONOMIC ANALYSIS OF THE FAUNA OF ARMORED MITES IN THE VICINITY OF MAKHACHKALA, REPUBLIC OF DAGESTAN

*E. Davudova*

*Summary.* The article presents a taxonomic analysis of the fauna of armored mites in the vicinity of Makhachkala, Republic of Dagestan. Extraction of oribatids from the soil substrate was carried out by the Berlese-Tulgren method. Olympus CH-20 and MBI-6 microscopes were used to identify species and sample oribatids. The faunal composition of the armored mites of the vicinity of Makhachkala of the Republic of Dagestan has been revealed. As a result of the conducted research and processing of literary sources, a total of 131 species of shell mites belonging to 86 genera and 49 families were found.

*Keywords:* taxonomic analysis, shell mites, faunal composition, endemics of the Caucasus, abundance of species.

*Давудова Элла Заметдиновна*

*Дагестанский государственный университет  
dezella@mail.ru*

*Аннотация.* В статье проведен таксономический анализ фауны панцирных клещей окрестностей г. Махачкала Республики Дагестан. Извлечение орибатид из почвенного субстрата осуществлялось методом Берлезе — Тульгрена. Для выявления видов и выборки панцирных клещей использовались микроскопы Olympus CH-20, МБИ-6. Выявлен фаунистический состав панцирных клещей окрестностей г. Махачкала Республики Дагестан. В результате проведенных исследований и обработки литературных источников было обнаружено всего 131 вид панцирных клещей, относящиеся к 86 родам и 49 семействам.

*Ключевые слова:* таксономический анализ, панцирные клещи, фаунистический состав, эндемики Кавказа, обилие видов.

Среди всего многообразия форм жизни, отряд панцирных клещей (Acariformes, Oribatida) является одной из наиболее широко распространенных групп клещей, описанных в мировой фауне и насчитывающих около 13499 видов [10]. Это древнейшая массовая группа почвенной микрофауны, известная еще с девона, найденная в ливанском янтаре и заселяющая все типы почв нашей планеты, местами образуя «горячие пятна». Их биомасса практически во всех природных зонах превосходит биомассу в целом птиц и млекопитающих на единицу площади. Многократно прошедшая процесс интенсивной адаптации в своей истории, эта группа успела дать много морфологически дифференцированных ветвей [6]. Благодаря имеющемуся твердому панцирю эта группа хорошо сохраняется в погребенном состоянии, в отложениях, и, весьма широко могут использоваться для выявления палеогеографических условий [4]. В последние годы орибатиды привлекают внимание как удобный объект биоиндикации антропогенных воздействий [5]. В частности, их используют для биоиндикации степени загрязнения урбанизированных территорий, в том числе при воздействии выбросов нефтеперерабатывающих и калийных комбинатов, мелиоративной деятельности, радиоактивных загрязнений [2]. В условиях развития антропогенных ландшафтов орибатиды зачастую являются представителями одной из наи-

более разнообразных групп свободно обитающих клещей. Средой их обитания является почва и подстилка, где они и представлены, что говорит о консервативности рассматриваемой группы. С этой позиции можно говорить о том, что мы имеем дело с самыми настоящими «живыми ископаемыми». Панцирные клещи малоизучены, поскольку имеют ничтожно малые размеры. Численность орибатид в лесах с мощной подстилкой достигает несколько сотен тысячи особей на 1 м<sup>2</sup> (рис. 1). Тем не менее подавляющее их большинство остаются известными только по единичным находкам систематиков, которые сделали описание. Роль тех или иных видов в природе и конкретные примеры участия их в биологических процессах ученым еще только предстоит выяснить.

Таким образом, изучение биологического разнообразия орибатид является приоритетным в современной науке, так как колоссальна их роль в почвообразовательных процессах. Орибатология намного уступает энтомологии, поскольку во многом проходит еще описательный период. Панцирные клещи отличаются от других форм клещей тем, что имеют прочный, тяжелый и устойчивый панцирь, способствующий длительному существованию в различных условиях своего обитания и тем самым способны сохраняться в торфяных отложениях, погребенных почвах, ископаемых смо-

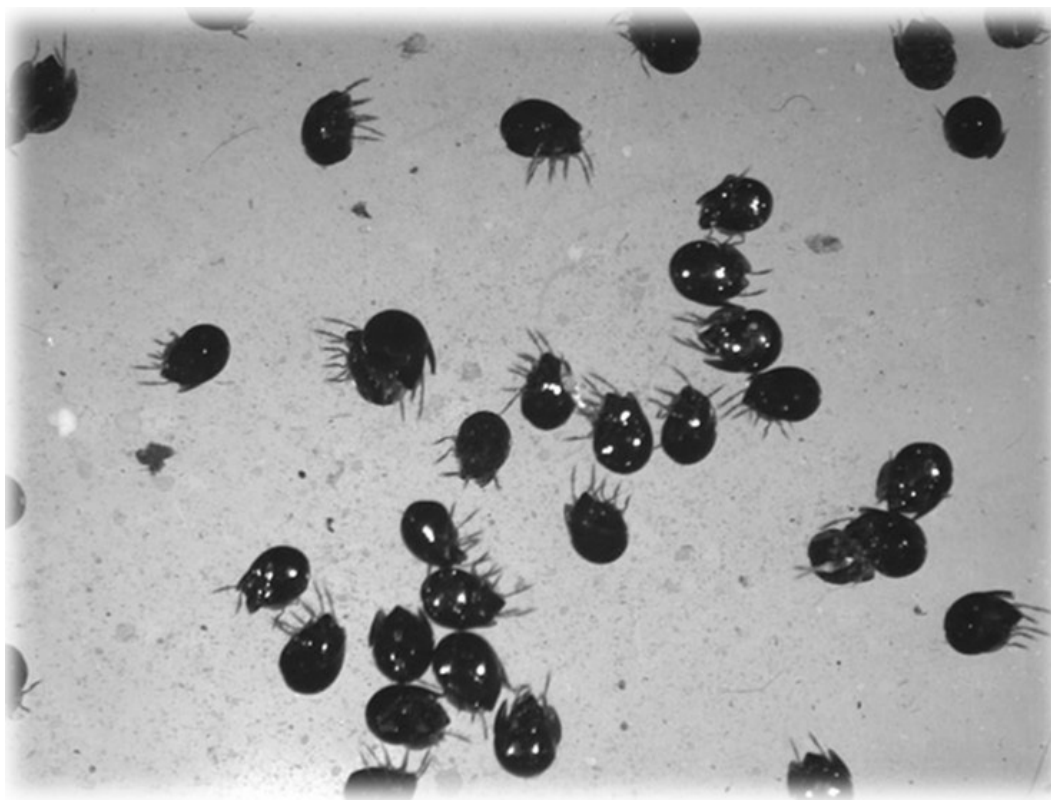


Рис. 1. Многообразие форм панцирных клещей [12]



Рис. 2. Эклектор Берелезе-Тульгрена

Таблица 1. Эндемичные виды панцирных клещей Кавказа

№	Виды	Мировое распространение	Распространение на Кавказе
	<i>Phthiracarus (A.) crassus</i> Niedbala, 1983	Кавказ	Махачкала, Цумада, Ауадхара Новый Афон, Рица, Сакен, Гоготури
	<i>Phthiracarus (A.) dissonus</i> Niedbala, 1983	Кавказ	Тагардон, Чегет, Башиль, Кули, Махачкала, Самур, Цовкра, Цумада, Цумилух, Чираг, Закаталы, Исмаиллы
	<i>Phthiracarus (A.) scitus</i> Niedbala, 1983	Кавказ	Эльхотово, Махачкала, Тбилиси
	<i>Metabelbella zachvatkini</i> Bulanova-Zachvatkina, 1967	Кавказ	Дагестан, Северная Осетия, Ахты, Махачкала, Межгюль, Нюгди, Самур, Цумада, Цумилух, Гянджа, Ленкорань, Кяляба, Сальяны, Куба, Хачмас, Апшерон, Талыш, Закаталы, Исмаиллы, Батуми, Дманиси, Восточная Грузия, Лагодехи, Сагурамо
	<i>Caucasiozetes lamellatus</i> Shtanchaeva, 1984	Кавказ	Дагестан, Теберда, Махачкала
	<i>Spinozetes pectinatus</i> Kulijev, 1967	Кавказ	Новороссийск, Горное, Махачкала, Астара, Талыш, Бакуриани, Боржом
	<i>Rhinoppia plumata</i> Gordeeva et Karppinen, 1988	Кавказ	Махачкала, Рица, Сакен, Скурча, Аджария
	<i>Quadroppia (C.) nana</i> Gordeeva, 1983	Кавказ	Чегет, Дагестан, Ахты, Махачкала, Межгюль, Цумада, Цумилух, Чираг, Закаталы, Исмаиллы, Гирканский заповедник, Талыш, Севан, Бзыбь, Батуми, Батуми, Хашури
	<i>Pilogalumna tenuiclava</i> Grandjean, 1956	Кавказ	Махачкала, Цумилух

лах и т.п. [1]. Являясь почвенными микроартроподами, и претерпевая антропогенный пресс, панцирные клещи в последнее время привлекают исследователей в использовании их в биомониторинге и в экологическом контроле почвы. Есть виды, которые в этих условиях получают преимущество, а другие — элиминируют, что позволяет оценивать качество местообитания. Таким образом значимость роли панцирных клещей в природе высока. Панцирные клещи в своем большинстве являются сапрофагами. Питаясь отмершей органикой либо теми организмами, которые развиваются на отмершей органике, разлагая ее и перемещаясь в толще почвы, способствует ее аэрации и гумификации, отвечая за плодородие почвы. Роль орибатид может быть и незаметна, но если представить объемы листового опада, которые поступают в подстилку, то надо с уважением относиться, конечно, к тем организмам, которые принимают участие в его деградации. Взаимодействие клещей с микроорганизмами опосредованно, так как в кишечнике самих клещей, когда они потребляют этот субстрат, развиваются сложные микробиомы, которые, собственно, и участвуют в переработке сложных органических веществ, содержащихся в листовом опаде. Но роль клещей может быть сведена не только к таким живым ферментерам, внутри которых происходят эти процессы, но также и к механической фрагментации растительного опада, что открывает возможность для его более быстрого заселения микробиотой, которая находится в почве. Весьма значима данная группа и в области ветеринарии. В 1930-е годы стала извест-

на роль панцирных клещей как промежуточных хозяев гельминтов — анолоцефалат. Это ленточные черви, которые представляют опасность для скотоводства.

Целью нашей работы является проведение таксономического анализа панцирных клещей (*Acariformes*, *Oribatida*) окрестностей г. Махачкала Республики Дагестан.

Основой для нашего исследования послужил зоологический сбор отряда панцирных клещей, собранный автором в период с 2020 по 2021 гг. в окрестностях г. Махачкала, а именно — ботсад ДГУ, аллея по ул. Гамидова, сквер им. Фазу А. Экстракция орибатид из почвенного субстрата осуществлялось методом Берлезе — Тульгер-на (рис. 2). Для выявления видов и выборки орибатид использовались микроскопы Olympus CH-20, МБИ-6.

Первый опубликованный список панцирных клещей Кавказа состоял из 624 видов [8]. В последующие годы появились дополнительные сведения о распространении орибатид и описания новых для науки видов. Результатом обобщения этих данных стал каталог панцирных клещей Кавказа [11], состоящий из 886 наименований, в который были включены все зарегистрированные на Кавказе виды без специального таксономического анализа.

За последние несколько лет Штанчаевой У.Я. были обработаны новые Кавказские сборы, была дополнена база данных о распространении панцирных клещей,

Таблица 2. Объем семейства Oppiidae Sellnick, 1937

№	Роды	№	Виды
1	Род <i>Oppia</i> Koch, 1836	1	<i>Oppia denticulata</i> (G. et R. Canestrini, 1882)
2	Род <i>Multioppia</i> (M.) Hammer, 1961	1	<i>Multioppia</i> (M.) <i>wilsoni</i> Ianiseta Moritz, 1966
3	Род <i>Ramusella</i> (R.) Hammer, 1962	1	<i>Ramusella</i> (R.) <i>clavipectinata</i> (Michael, 1885)
4	Род <i>Ramusella</i> (L.) Subías, 1980	1	<i>Ramusella</i> (L.) <i>anuncata</i> Subías et Rodríguez, 1986
		2	<i>Ramusella</i> (L.) <i>insculpta</i> (Paoli, 1908)
5	Род <i>Ramusella</i> (R.) Subías, 1980	1	<i>Ramusella</i> (R.) <i>fasciata</i> (Paoli, 1908)
		2	<i>Ramusella</i> (R.) <i>mihelcici</i> (Pérez-Íñigo, 1965)
		3	<i>Ramusella</i> (R.) <i>strinatii curtiramosa</i> (Subías et Rodríguez, 1987)
6	Род <i>Rhinoppia</i> Balogh, 1983	1	<i>Rhinoppia bulanovae bulanovae</i> (Kulijev, 1962)
		2	<i>Rhinoppia hygrophila</i> (Mahunka, 1987)
		3	<i>Rhinoppia obsoleta obsoleta</i> (Paoli, 1908)
		4	<i>Rhinoppia plumata</i> (Gordeeva et Karppinen, 1988)
		5	<i>Rhinoppia subpectinata</i> (Oudemans, 1900)
7	Род <i>Dissorhina</i> Hull, 1916	1	<i>Dissorhina ornata</i> (Oudemans, 1900)
8	Род <i>Oppiella</i> (O.) Jacot, 1937	1	<i>Oppiella</i> (O.) <i>nova</i> (Oudemans, 1902)

проведено сравнение коллекций орибатид ПИБР ДНЦ РАН (г. Махачкала), ЗИН РАН (г. Санкт-Петербург), Лаборатории биоиндикации ИПЭЭ РАН (г. Москва), Университета Комплутенсе Мадрида, Национального музея естественных наук Испании, проведены ревизии некоторых семейств панцирных клещей региона.

Система орибатид и типология их распространения приведены согласно принятой у орибатологов классификации Л.С. Субиаса [9] с некоторыми изменениями. С учетом новых первоописаний панцирных клещей региона, фаунистических публикаций и данных проведенных исследований составлен настоящий каталог орибатид Кавказа, включающий 1027 видов и подвидов из 296 родов и подродов и 97 семейств, отмеченных из 267 географических точек и более, чем 500 биотопов.

Касательно обсуждаемой территории, фаунистический состав орибатид окрестностей г. Махачкала Республики Дагестан составил всего 131 вид орибатид относящиеся к 86 родам и 49 семействам [7].

В результате проведенной нами таксономической диагностики были выявлены 9 эндемиков Кавказа (табл. 1).

Подавляющее большинство родов приходится на семейства Oppiidae Sellnick, 1937; Brachychthoniidae Thor, 1934; Phthiracaridae Perty, 1841; Damaeidae Berlese, 1896; Ceratozetidae Jacot, 1925; Hemileiidae J. et P. Balogh, 1984; Haplozetidae Grandjean, 1936; Galumnidae Jacot, 1925.

Видовое разнообразие орибатид приходится на семейство Oppiidae Sellnick, 1937. Он включает в себя 15 видов, относящиеся к 8 родам (табл. 2).

В результате проведенных исследований и обработки литературных данных выявлено таксономическое разнообразие фауны панцирных клещей окрестностей г. Махачкала Республики Дагестан. Данные приведены и составлены с учетом современного уровня таксономической изученности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Абдурахманов Г.М. Состав и особенности географического распространения фауны панцирных клещей (Acariformes, Oribatida) Тетийской пустынно-степной области / Г.М. Абдурахманов, А.Г. Абдурахманов, Э.З. Давудова, Ю.Ю. Иванушенко // Юг России: экология, развитие. — М.: ООО Издательский дом «Камертон», 2016. — 4. — С. 183–193.
2. Кривоуцкий Д.А., Фауна панцирных клещей (Acariformes, Oribatei) Московской и сопредельных областей / Д.А. Кривоуцкий, М.Н. Чугунова, Е.В. Гордеева, З.М. Тарба // Почвенные беспозвоночные Московской области. — М.: [Наука], 1982. — С. 55–72.
3. Кривоуцкий Д.А. Почвенная фауна в кадастре животного мира / Д.А. Кривоуцкий А.Д. Покаржевский, М.Г. Сизова. Ростов-на-Дону: изд-во Ростовского университета, 1985. 96 с.
4. Ископаемые панцирные клещи: учебн. пособие / Д.А. Кривоуцкий [и др.]. — Вильнюс. Москлас. 1990. — 109с
5. Кривоуцкий, Д.А. Почвенная фауна в экологическом контроле / Д.А. Кривоуцкий. — М.: Наука, 1994. — 272 с.

6. Криволуцкий, Д.А. Каталог панцирных клещей России / Д.А. Криволуцкий, Л.Д. Голосова, И.А. Нетужилин // Панцирные клещи. Морфология, развитие, филогения, экология, методы исследования, характеристика модельного вида *Nothrus palustris* C.L. Koch, 1839. — М.: [Наука], 1995. — С. 174–206.
7. Штанчаева У.Я., Субиас Л.С. Каталог панцирных клещей Кавказа. Махачкала: ДНЦ РАН, 2010. 276 с.
8. Karppinen, E. List of oribatid mites (Acarina, Oribatei) of northern palaeartic region. IV. Caucasus and Crimea / E. Karppinen, D.A. Krivolulsky, Z.M. Tarba, U. Ya. Shtanchaeva, E.W. Gordeeva // *AnnalesEntomologiciFennici*. — 1987. — V. 41. — P. 1–18
9. Subías L.S., 2004. Listado sistemático, sinónimo y biogeográfico de los ácaros oribátidos (Acariformes, Oribatida) del mundo (1758–2002) // *Graellsia*. № 60. Numero extraordinario. P. 3–305. — Listado sistemático, sinónimo y biogeográfico de los ácaros oribátidos (Acariformes, Oribatida) del mundo (excepto fósiles). Actualizado en junio de 2006, y en julio de 2010 // <http://www.ucm.es/info/zoo/Artropodos/Catalogo.pdf>
10. Subías L.S. (Publicado originalmente en *Graellsia*, 60 (número extraordinario): 3–305 (2004). Actualizado en junio de 2006, y en enero de 2020).
11. Shtanchaeva, U. Ya. Catalog of oribatid mites of the Caucasus (Acari, Oribatida) / U. Ya. Shtanchaeva // *Acarina*. — 2001. — T.9. — 2. — P. 177–221.
12. <https://profil.mos.ru/med/proekty/rasprostranenie-chislennost-i-rol-pantsirnykh-kleshchej.html>

© Давудова Элла Заметдиновна (dezella@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Дагестанский государственный университет



# ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА ПРИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

## EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF FRACTAL ANALYSIS METHODS IN ENVIRONMENTAL STUDIES

**K. Shakhovskaya  
N. Lagutina  
D. Martynov  
E. Sudarikova  
A. Novichenko  
A. Yevgrafov  
A. Brovkin**

*Summary.* The article examines the possibilities of using fractal geometry methods in assessing the development of multicellular and unicellular plants. In this regard, the possibility of using fractal analysis methods in assessing the growth and development of multicellular herbaceous plants of oats and watercress grown on model soil, on slightly polluted soils of the Losiny Ostrov National Park and on technogenically polluted soils located near highways on the territory of Ryazan Avenue and Festival Street in Moscow has been studied. Also, the possibility of using fractal analysis methods in assessing the growth and development of unicellular microalgae of the *Chlorella vulgaris* BIN strain, under changing conditions of the artificial environment, has been studied. The experimental study was conducted for three years, in 2020–2022, the processing of the experimental data obtained was carried out in the “Gwyddion” program.

*Keywords:* fractal geometry, oats, watercress, microalgae, plant development, growth dynamics, technogenic pollution.

**Шаховская Кира Дмитриевна**

Магистр

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

sh.kira2014@yandex.ru

**Лагутина Наталия Владимировна**

Доцент

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

lagnv@rambler.ru

**Мартынов Дмитрий Юрьевич**

Доцент

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

dtrwmc@rgau-msha.ru

**Сударикова Елена Валерьевна**

Ведущий научный сотрудник

РЭУ имени Г.В. Плеханова

sударикова.ev@rea.ru

**Новиченко Антон Игоревич**

Доцент

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

novichenko@rgau-msha.ru

**Евграфов Алексей Викторович**

Доцент

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

evgrafov-aleksey@mail.ru

**Бровкин Алексей Геннадьевич**

Аспирант

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

cool1602@yandex.ru

*Аннотация.* В статье изучены возможности применения методов фрактальной геометрии при оценке развития многоклеточных и одноклеточных растений. В этой связи изучена возможность применения фрактальных методов анализа при оценке роста и развития многоклеточных травянистых растений овса и кресс-салата, выращенных на, модельном грунте, на слабо-загрязненных почвах Национального парка «Лосиный остров» и на техногенно-загрязненных почвах расположенных возле автомобильных дорог на территории Рязанского проспекта и Фестивальной улицы города Москвы. Также, изучена возможность применения фрактальных методов анализа при оценке роста и развития одноклеточных микроводорослей штамма *Chlorella vulgaris* BIN, в изменяющихся условиях искусственной среды. Экспериментальное исследование проведено в течении трех лет, в 2020–2022 годах, обработка полученных экспериментальных данных проводилась в программе “Gwyddion”.

*Ключевые слова:* фрактальная геометрия, овес, кресс-салат, микроводоросли, развитие растений, динамика роста, техногенное загрязнение.

**Ц**елью настоящего исследования является сопоставление эффективности использования фрактальных методов наряду с традиционными при исследовании влияния многофакторных экологических условий окружающей среды на рост и развитие одноклеточных и многоклеточных растений.

Одним из методов, позволяющим оценивать развитость структуры объекта в изменяющихся условиях среды существования является фрактальная геометрия [1–4]. В аспекте оценки фракталы оказались чрезвычайно удобным математическим инструментом описания динамики развития природного объекта в изменяющихся условиях среды, в которых природный объект сохраняет свое самоподобие, т.е. ведет себя как одно целое [3, 4].

Было проведено изучение роста и развития из семян травянистых растений, овса и кресс-салата, на почвах Национального парка «Лосиный остров» города Москвы и на техногенно-загрязненных почвах, расположенных возле автомобильных дорог на территории Рязанского проспекта и Фестивальной улицы города Москвы. Техногенное загрязнение почв города Москвы в том числе определяется значительной концентрацией нефтепродуктов, содержащихся в пробах, отобранных на территории Рязанского проспекта (2300 мг/кг ± 810 мг/кг) и Фестивальной улицы (3000 мг/кг ± 1000 мг/кг) по результатам химического анализа аккредитованной лаборатории ООО «МГУ-ЛАБ», что согласно показателям уровня загрязнения земель, химическими веществами является средним и высоким уровнем загрязнения почвы нефтепродуктами [5]. Превышений концентрации нефтепродуктов в пробах почвы, отобранных на территории Национального парка «Лосиный остров» лаборатория ООО «МГУЛАБ» не выявила со следующим выводом — По исследованным показателям проба соответствует установленным в нормативном документе требованиям к безопасности почв разного характера землепользования и может использоваться по назначению без ограничений. На стадии прорастания семян и развития растений при естественном солнечном освещении, осуществлялся их полив в 7 и 19 часов каждый день. Весь процесс развития высших растений в каждом варианте ежедневно фотографировался полученные данные вносились в программу «Gwyddion». В каждом варианте общее число фотографий составило 100 снимков, а всего было проанализировано 1000 снимков (рисунок 1).

В рамках нашего эксперимента динамика роста природного объекта, отображаемая фрактальной размерностью, закономерно изменялась в пределах избыточности и дефицита факторов развития.

Методика расчета и обработки полученных статистических данных. Динамика развития растения будет отличаться значениями фрактальной размерности  $D \in (1; 2)$ , которые для удобства можно нормировать к показателю Херста  $H = 2 - D$ , отражающему динамику системного метаболизма [1, 4]. В основе метода расчета фрактальной размерности, используемого в программе «Gwyddion», лежит следующий алгоритм: квадратная решетка с постоянной ( $\delta$ ) накладывается на поверхность изображения. Изначально ( $\delta$ ) задается равной  $X/2$  (где  $X$  это длина края поверхности). Тогда  $N(\delta)$  — это число всех квадратов, содержащих хотя бы один пиксель изображения. Постоянная решетки ( $\delta$ ) на каждом шаге уменьшается в два раза, и процесс повторяется до тех пор, пока ( $\epsilon$ ) не станет равной расстоянию между двумя соседними пикселями. Наклон аппроксимирующей прямой, рисунок 2, выделяющий область скейлинга (масштабной инвариантности) позволяет определить фрактальную размерность  $D$  [1–4].

Применительно к изображениям этот метод основан на подсчете квадратов, покрывающих объект на изображении:

$$\text{Log}N(\delta) = -D\text{Log}(\delta) \quad (1)$$

где:  $D$  — фрактальная размерность;  $N(\delta)$  — число квадратов, покрывающих изображение; ( $\delta$ ) — варьируемый масштаб решетки покрытия. Очевидно, что аппроксимация полученной статистики фрактальных размерностей дает тренд смещения развития овса от экологического оптимума, вызванного нарушением процессов техно-природного обмена, которое тем больше, чем выше загрязнение почвы. При этом корреляция факторов, определяющая адаптацию овса, задается соотношением:

$$C_H = 2^{H-1} - 1 \quad (2)$$

Корреляция факторов (2) происходит в пределах устойчивости развития проростков овса, которая нарушается в точках  $H_k=0,7$ ;  $H_d=0,3$  когда они переходят в неустойчивое равновесие со средой, а их рост сменяется деградацией [4].

Для нашего случая уравнение самоорганизации (адаптации) овса, определяемое корреляцией процессов действующих факторов (2) задается уравнением аппроксимирующего тренда,

$$H(t) = \alpha t - \beta \quad (3)$$

Где  $\alpha$ ;  $\beta$  — весовые коэффициенты действующих факторов (техногенных и биотических), как это представлено на Рисунке 3.

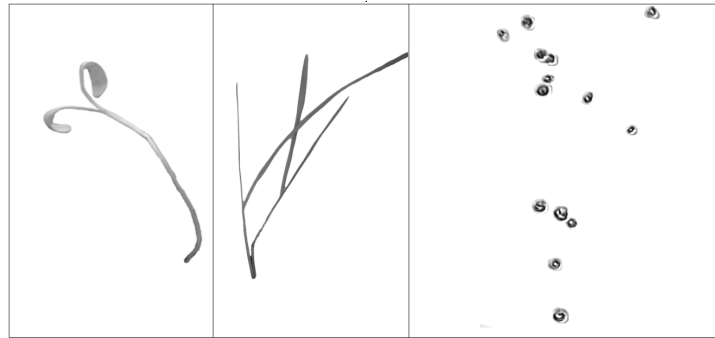


Рис. 1. Обработанные фото для вычисления фрактальной размерности в программе «Gwyddion»

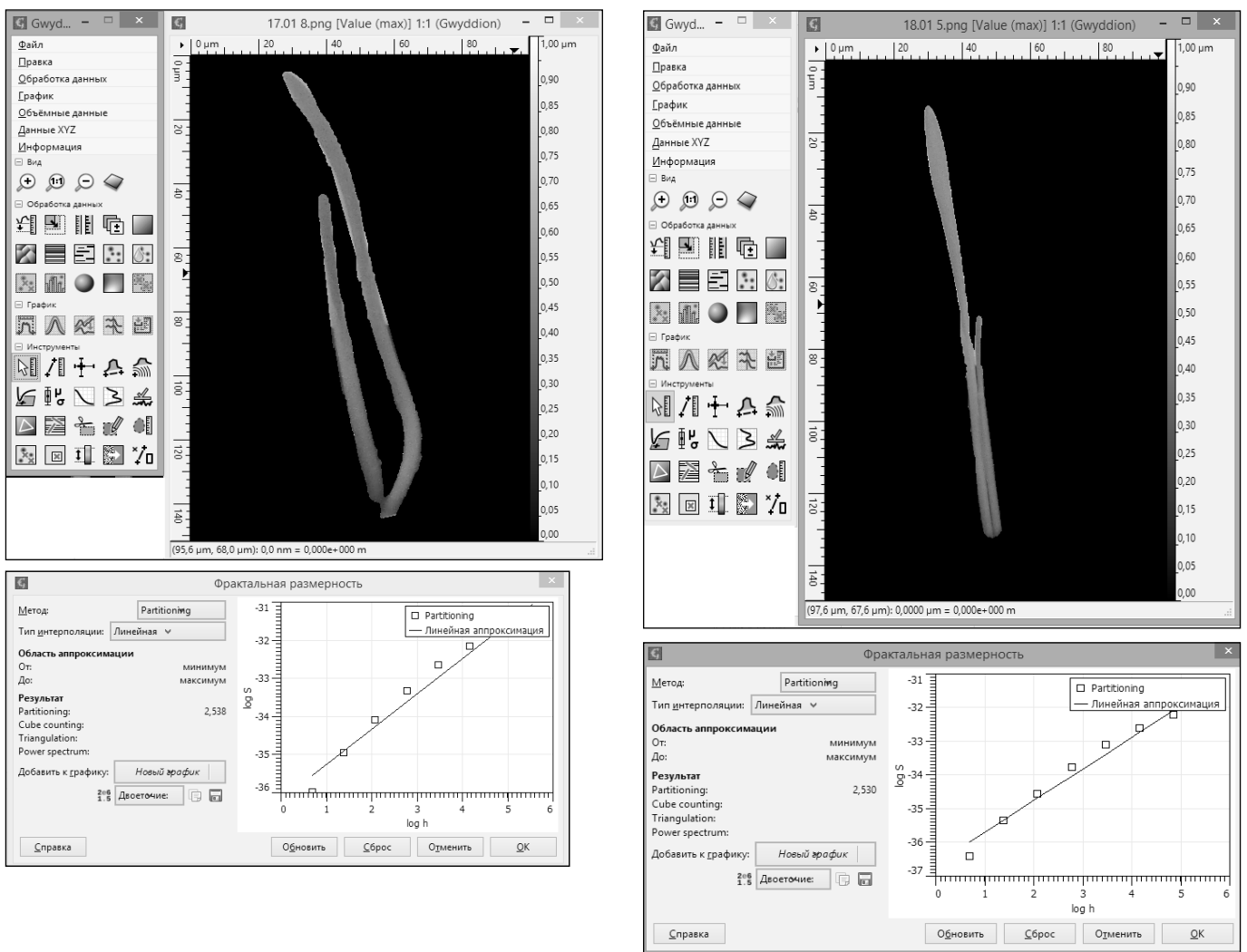


Рис. 2. Оценка фрактальной размерности проростков овса в программе «Gwyddion»

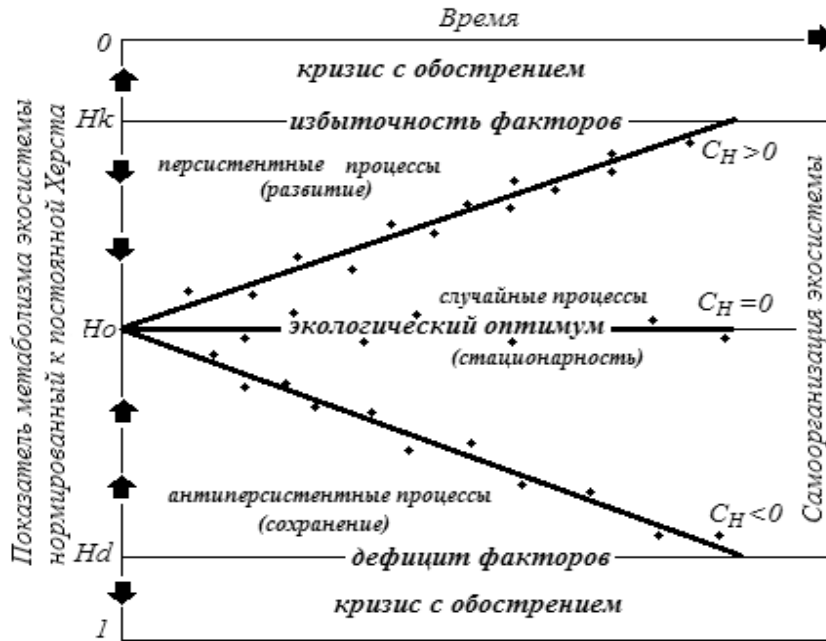
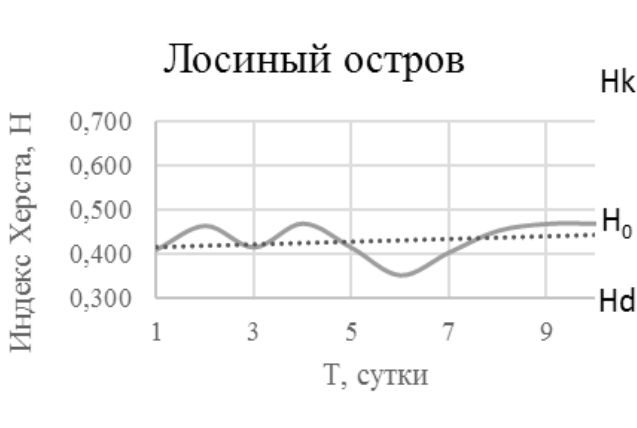
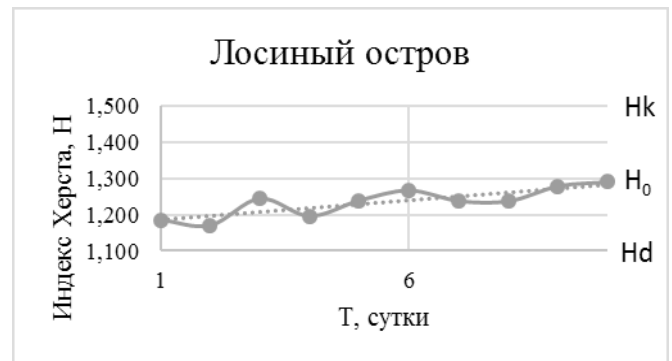


Рис. 3. Аппроксимирующие тренды метаболизма экосистемы, нормированные к постоянной Херста (Н). Стрелками на оси ординат обозначена направленность техно-природных процессов.



Для пробы уравнение самоорганизации овса имеет вид:  $H(t) = 0,003t + 1,41$



Для пробы уравнение самоорганизации кресс-салата имеет вид:  $H(t) = 0,01t + 1,17$

Рис. 4. Динамика и аппроксимирующий тренд метаболизма овса и кресс-салата для почвы НП «Лосинный остров»

Обсуждение результатов расчетов

Анализ использования фрактального анализа при экологических исследованиях показал эффективность с точки зрения быстроты определения, достоверности и дешевизны использования. На основании аппроксимирующих трендов метаболизма двух

тест-объектов были сделаны выводы о самом благоприятном состоянии почв в НП «Лосинный остров», что подтверждается его статусом ООПТ и химическим анализом, приложенным к результатам исследования (рисунок 4, и неблагоприятном для растений составе почв на территории Фестивальной улицы и Рязанского проспекта, что также соответствует результатам химического анализа.

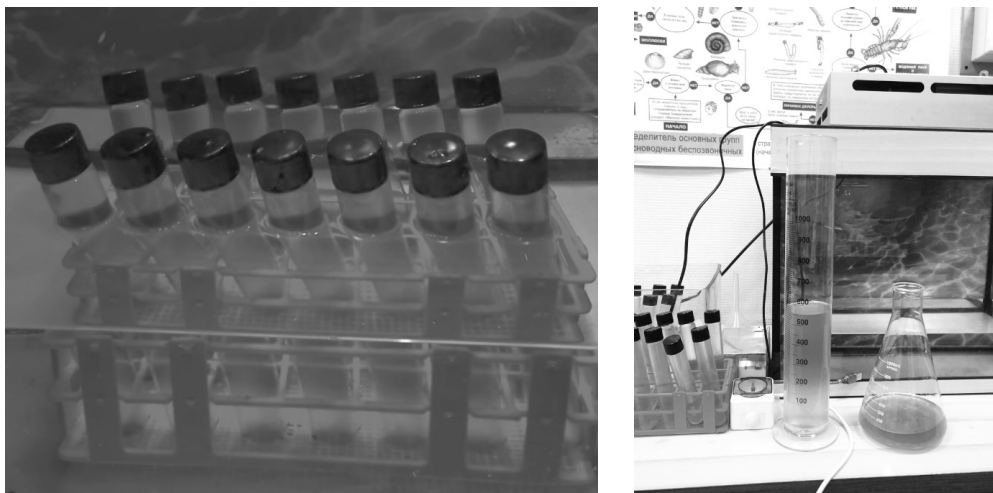


Рис. 5. Процесс работы с суспензией из хлореллы

Анализ развития суспензии хлореллы под влиянием различных внешних факторов, включая влияние температуры, освещенности и различных видов удобрений в воде, проводился с учетом ранее выполненных работ в этой сфере исследований [6–8].

Разбавление удобрений происходило следующим образом:

В подготовленную суспензию объемом 1 литр и содержанием клеток  $3105961 \pm 17895$  мл. вливали очищенную воду с известным составом: кальций 0,5–40 мг/л, магний 60–85 мг/л, натрий 0,2–200 мг/л, калий 0,1–20 мг/л, гидрокарбонаты 5–300 мг/л, хлориды 0,5–250 мг/л, сульфаты 0,5–250 мг/л, Общая жесткость < 7 мг экв/л. объемом 200 мл. на 100 мл. суспензии хлореллы. Далее раствор переливали в пробирки и помещали в подготовленную среду, добавляя в 2 выборки удобрение «Эпин Экстра», разведенный в подготовленной воде с общей жесткостью < 7 мг экв/л.

Наблюдения, систематизация и обработка результатов выполнялась в течении 7 дней. Исследования проводились в обогреваемом контейнере и при том же освещении при комнатной температуре. В оборудованном контейнере в автоматическом режиме на основе аппаратно-программного комплекса Arduino поддерживалась оптимальная для роста микроводорослей штамма *Chlorella vulgaris* BIN температура в диапазоне от 27 °C до 30°C. Фитолампа Smart Led Grow Light, мощностью 160В, в исследовании генерировала искусственное освещение (с промежутками 16 часов включенный свет и 8 часов выключенный свет), Рисунок 5.

Количество клеток было подсчитано традиционным образом на основе следующих расчетных методик:

Использовалась формула:

$$A = H \cdot M \cdot 12499 \quad (4)$$

где:  $A$  — количество клеток в 1 мл;  $H$  — число разведений суспензии перед расчётом;  $M$  — количество клеток штамма *Chlorella vulgaris* BIN полученное при подсчете в двадцати больших квадратах камеры Горяева [6, 9].

Доверительные границы  $\hat{a}$ , случайной погрешности оценки измеряемой величины при подсчете клеток в камере Горяева рассчитывались согласно ГОСТ Р 8.736–2011, для доверительной вероятности  $P=0,95$  по формуле [10]:

$$\hat{a} = t \cdot s_{\bar{x}} = t \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} \quad (14)$$

где:  $n$  — число больших Квадратов камере Горяева в которых проходил подсчет клеток, с учетом подсчета в двадцати больших квадратах камеры Горяева ( $n = 20$ );  $x_i$  — число клеток в каждом из больших квадратов камеры Горяева где  $i$  имеет значения  $i = 1, 2, 3, 4, \dots, 20$ ;  $t$  — коэффициент Стьюдента, для доверительной вероятности  $P = 0,95$  и  $n = 20$  равный 2,093;  $\bar{x}$  — среднее арифметическое значение результата измерений.

В результате анализа проб из пробирки, после учета и вычета микронных фоновых органических и неорганических загрязнений было определено общее содержание клеток штамма *Chlorella vulgaris* BIN у разбавленной суспензии, данные о количестве клеток в суспензии в конце опыта представлены в Таблице 1.

Таблица 1. Расчет количества клеток штамма *Chlorella vulgaris* BIN в 1 мл.

Среднее значение с удобрением вне контейнера	Среднее значение вне контейнера и удобрений	Среднее значение в контейнере с удобрением	Среднее значение в контейнере без удобрений
3985632±22963	3069983±17687	4032662±23234	39982363±230352

Таблица 2. Расчет фрактальной размерности, D

Среднее значение с удобрением вне контейнера	Среднее значение вне контейнера и удобрений	Среднее значение в контейнере с удобрением	Среднее значение в контейнере без удобрений
1,486	1,286	1,586	1,51

В качестве экспериментальных данных брались фрактальные размерности концентрации жизнеспособных клеток хлореллы, расположенных на одном квадрате камеры Горяева.

Обоснование использования фракталов основывается на том, что это инструмент, наглядно показывающий нам воспроизводство иерархично организованной сложной системы и, тем самым, ее сохранение при вариациях внешней нагрузки. Чем выше нагрузка, тем хуже воспроизводится ресурс системы, что и демонстрирует фрактал. Когда ресурс исчерпан, система стагнирует. Данные о расчете фрактальной размерности в конце опыта представлены в таблице 2

В таблице 2 представлены средние расчеты фрактальной размерности за каждый день измерения в разных условиях.

Шкала исследования — фрактальная, индикаторная с предельно допустимой экологической нагрузкой (ПДЭН) —

- ◆ D=1,7 (стагнация) при которой ресурс полностью истощается;
- ◆ D=1,2 (сборка системы);
- ◆ D=1,5 это оптимум, относительно которого оценивается уклонение развития.

То есть можно сказать, что хлорелла жива в диапазоне  $1,2 < D < 1,7$ .

При D=1,2 она начинает формировать систему с физраствором, при D=1,7 она останавливает свое деление и умирает.

Используя фотографии хлореллы под микроскопом при разных условиях, были рассчитаны фрактальные размерности в программе Gwyddion и оценен режим развития (воспроизводство клеток) хлореллы при смене условий существования и произведено сравнение с традиционным методом подсчета клеток в камере Горяева.

В соответствии с вышеизложенным по Таблице 3 можно сделать вывод, что режим развития лучше всего выражен в условиях контейнера с применением удобрения, что подтверждается данными, полученными при подсчете клеток число больших Квадратов камере Горяева.

## ВЫВОДЫ

Были проанализированы современные методы оценки влияния экологических условий окружающей среды на одноклеточные и многоклеточные растения, приведены сведения о влиянии городских почв на прорастание растений, исследована информация о плодородии почв, экологическом значении важнейших макроэлементов и микроэлементов для растений, проведен анализ полученных данных, с применением расчетных методов фрактальной геометрии. По итогам проведенной научно-исследовательской работы можно сделать вывод, что при проведении экологических исследований и оценке воздействия внешних факторов и условий на биологические объекты, вместе с традиционными методами возможно применение методов фрактальной геометрии, обладающих большей информативностью и простотой обработки при работе с массивами данных.

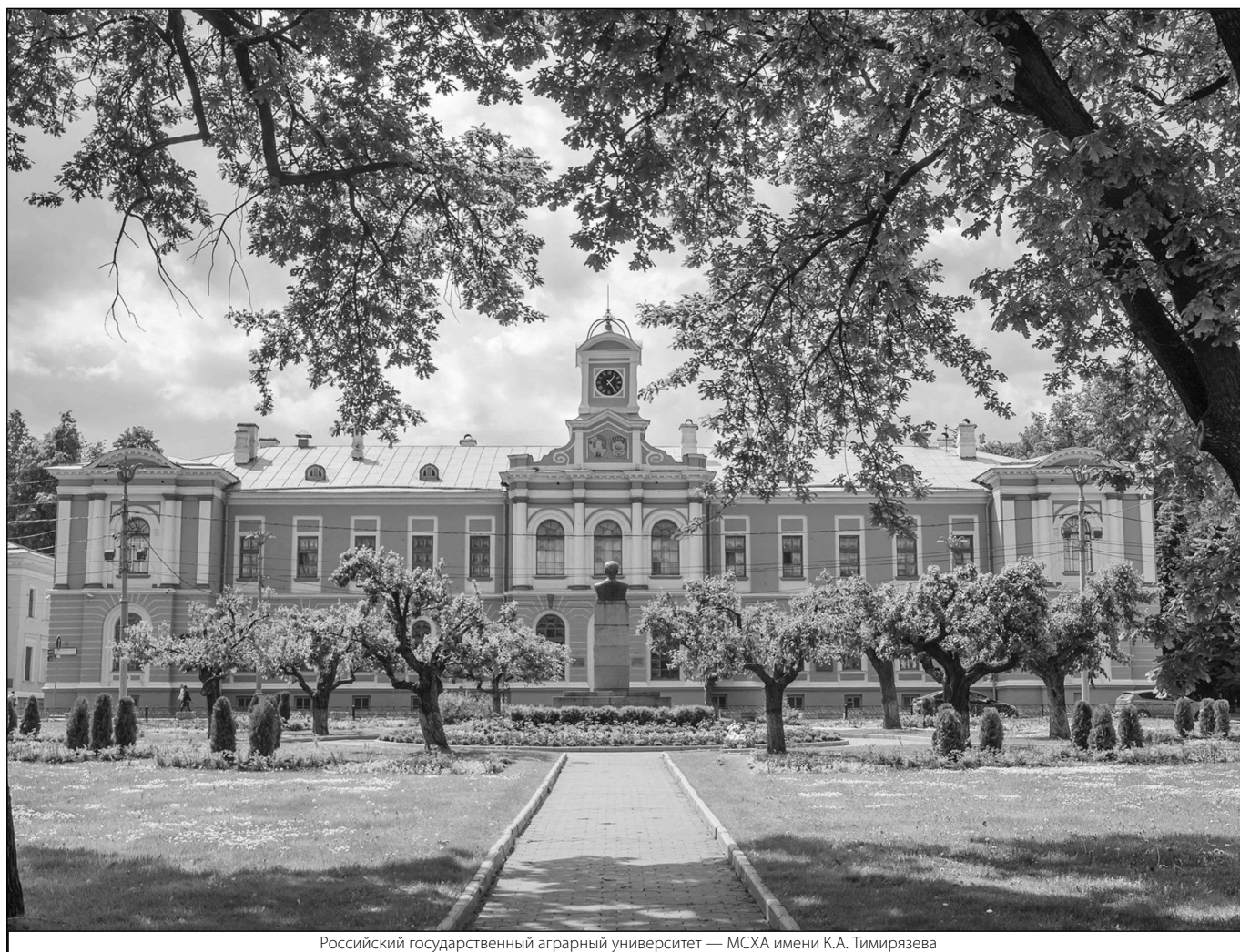
## ЛИТЕРАТУРА

1. Иудин Д.И., Копосов Е.В. Фракталы: от простого к сложному. / Н. Новгород: ННГАСУ, 2012. — 200с.
2. Молчатский С.Л., Казанцев И.В., Матвеева Т.Б. Применение метода фрактального анализа для биоиндикационной оценки состояния окружающей среды. Самара: Самарский научный вестник, 2016. № 4 (17). С. 28–31

3. Терехов С.В. Фракталы и физика подобия. / Донецк: «Цифровая типография», 2011—255 с.
4. Кульнев В.В, Насонов А.Н., Цветков И.В. применение методов мультифрактальной динамики при проведении экологического мониторинга водоемов // Глобальные экологические проблемы: локальное решение. М.: «Перо», 2019. С. 69—80
5. О порядке определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами: Письмо Минприроды России от 27.12.1993 N04—25/61—5678
6. Barsukova M.V., Martynov D. Yu., Novichenko A.I., Lagutina N.V., Evgrafov A.V. Development and symbiosis of chlorella strain in natural and extreme conditions of the aquatic environment / Nashville: Journal of Complementary Medicine Research. 2021. Т. 12. № 2. С. 14—20.
7. Мартынов Д.Ю., Новиченко А.И., Лагутина Н.В. Использование передовых аппаратурных комплексов при культивировании и переработке микроводорослей / М: Сборник статей: Доклады ТСХА, 2019. — С. 409—412.
8. Lagutina N.V., Pukhovskiy A.V., Martynov D. Yu., Neupokoev L.P., Korol T.S., Barsukova M.V., Novikov A.V., Sumarukova O.V. Hydrobiological Studies of the Kosinskies Lakes. В сборнике: Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology Proceedings of the International Symposium “Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research” dedicated to the 85th anniversary of H.I. Ibragimov (ISEES2019). 2019. С. 609—615.
9. ОФС.1.7.2.0008.15. Определение концентрации микробных клеток.
10. ГОСТ Р 8.736—2011. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения.

© Шаховская Кира Дмитриевна ( sh.kira2014@yandex.ru ), Лагутина Наталия Владимировна ( lagnv@rambler.ru ),  
Мартынов Дмитрий Юрьевич ( dmrwmc@rgau-msha.ru ), Сударикова Елена Валерьевна ( sudarikova.ev@rea.ru ),  
Новиченко Антон Игоревич ( novichenko@rgau-msha.ru ), Евграфов Алексей Викторович ( cool1602@yandex.ru ),  
Бровкин Алексей Геннадьевич ( cool1602@yandex.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева

## МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УПРАВЛЯЮЩЕЙ КОМПАНИИ

### MODEL OF THE SYSTEM OF COMPLEX AUTOMATION OF THE MANAGEMENT COMPANY

**A. Andrianov  
V. Svyaty  
A. Mamleeva**

*Summary.* Service companies serving residential apartment buildings regularly face the problems of effective management of assets, resources and requests of residents in their activities. The solution to this situation is the creation of a software package to ensure the automation of the organization's activities. From the subject area, the main segments are identified that require distribution into separate modules. Functional distinctions and business processes connecting them are described.

*Keywords:* asset, resource, request management, physical asset management system, customer relationship management, supply chain management

**Андреанов Антон Александрович**

ООО «Прогресс ТИМ»

**Святой Владимир Олегович**

ООО «Прогресс ТИМ»

**Мамлеева Аделя Рифкатовна**

ООО «Прогресс ТИМ»

andrianov66@gmail.com

*Аннотация.* Сервисные компании, обслуживающие жилые многоквартирные дома, в своей деятельности регулярно сталкиваются с проблемами эффективного управления активами, ресурсами и запросами жильцов. Решением сложившейся ситуации представляется создание программного комплекса по обеспечению автоматизации деятельности организации. Из предметной области выделены основные сегменты, требующие распределения на отдельные модули. Описаны функциональные разграничения и связующие их бизнес-процессы.

*Ключевые слова:* управление активами, ресурсами, запросами, система управления физическими активами, управление взаимоотношениями с клиентами, управление цепями поставок.

Современные тенденции развития информационных технологий неуклонно влечет за собой автоматизацию различных сфер жизни человека, таких как образование, медицина, получение государственных услуг. Наиболее уязвленной отраслью обслуживания граждан является управление жилищно-коммунальным хозяйством. Под жилищно-коммунальным хозяйством (ЖКХ) понимается комплекс отраслей экономики, обеспечивающий функционирование инженерной инфраструктуры различных зданий в населенных пунктах, создающий удобства и комфортабельность проживания и нахождения в них людей путем предоставления им широкого спектра услуг. Включает в себя также объекты социальной инфраструктуры для обслуживания жителей [1].

Жилищно-коммунальное хозяйство (далее ЖКХ) имеет весомую социально-экономическую значимость, т.к. напрямую связано с обеспечением условий жизнедеятельности человека, создания комфортных для него условий проживания.

Жилищно-коммунальное хозяйство охватывает следующие сферы сопровождения и обслуживания:

- ◆ обеспечение поставки электричества, газа, горячей воды и тепловой энергии, обеспечение работы котельного оборудования и ТЭЦ, а также обеспечение энергосбережения на всех участках тепловых сетей;
- ◆ обеспечение поставки воды в многоквартирные дома, жилые помещения, помещения и здания производственных отраслей, обеспечение водоотведения до очистных сооружений;
- ◆ техническое обслуживание приточно-вытяжной вентиляции;
- ◆ обслуживание лифтового оборудования;
- ◆ обеспечение и обслуживание систем коммуникаций и контроля;
- ◆ организация сбора и вывоза бытовых отходов и мусора
- ◆ исполнение основных требований и правил противопожарной безопасности многоквартирных домов и производственных помещений.
- ◆ реализация капитального ремонта общего имущества многоквартирных домов;
- ◆ ремонт внутренних общедомовых инженерных коммуникаций и систем (здания);
- ◆ периодическая уборка мест общего пользования;



- ♦ содержание и благоустройство придомовых территорий.

Таким образом, управление многоквартирным домом должно обеспечивать благоприятные и безопасные условия проживания граждан, надлежащее содержание общего имущества в многоквартирном доме, решение вопросов пользования указанным имуществом, а также предоставление коммунальных услуг гражданам, проживающим в таком доме, или постоянную готовность инженерных коммуникаций и другого оборудования, входящих в состав общего имущества собственников помещений в многоквартирном доме, к предоставлению коммунальных услуг.

Компании, занимающиеся управлением активами многоквартирных домов или жилищных комплексов, решают задачу исполнения обязательств, утвержденных постановлением правительства № 491 [3], а именно:

- ♦ учет как жилого, так и нежилого фонда, а также собственников имущества;
- ♦ проведение различного рода начислений и расчетов;
- ♦ осуществление деятельности с лицевыми счетами собственников;
- ♦ построение взаимоотношений с поставщиками коммунальных услуг;
- ♦ ведение отчетности;
- ♦ взаимодействие с собственниками жилья;
- ♦ учет расходов по каждому взятому в управление дому;
- ♦ планирование бюджета;
- ♦ ведение кадрового учета;
- ♦ своевременная выплата заработной платы;
- ♦ планирование деятельности;
- ♦ материально-технический резерв;
- ♦ своевременное осуществление поставок коммунальных услуг и т.д. [4].

Однако, такие компании в своей деятельности регулярно сталкиваются с проблемами эффективного управления активами, ресурсами, запросами жильцов и взаимодействия с внешними обслуживающими сервисами.

В рамках данной предметной области под активами понимаются физические объекты, требующие сервисного обслуживания и поддержания в качественно исправном состоянии в соответствии с требованиями законодательных актов. Таким образом, управлением активами предполагает систематическую и скоординированную деятельность предприятия, направленную на оптимальное управление физическими активами с целью достижения и исполнения стратегических планов компании. [5]

Управление ресурсами представляет собой направление менеджмента, основной целью которого является повышение эффективности деятельности компании посредством качественной организации трудовой деятельности персонала. Здесь ключевым фактором оптимального решения поставленных задач является использование инструментов управления рабочим временем сотрудников.

Отсутствие эффективных механизмов управления инфраструктурой и ресурсами влечет за собой несоблюдение технических сроков обслуживания оборудования, нарушение нормативно-правовых актов, регламентирующих деятельность организации, неоптимальное управление человеческими ресурсами, что в общем итоге сказывается на качестве оказываемых услуг и финансовых показателей.

Таким образом, для решения описанных проблем предлагается разработать систему комплексной автоматизации процессов управления жильцами и оборудованием в жилом комплексе.

На текущем этапе проектирования системы разработана модель структурных компонентов (доменов) системы (см. рис. 1), решающих различного рода задачи, и взаимосвязи между ними для ведения эффективной работы управляющих компаний.

Проектируемая программная среда будет включать в себя следующие модули:

- ♦ подсистема управления физическими активами;
- ♦ подсистема управления взаимоотношениями с клиентами;
- ♦ подсистема управления рабочим графиком персонала;
- ♦ подсистема управления цепями поставок;
- ♦ подсистема моделирования бизнес-процессов;
- ♦ подсистема по работе с внешними сервисами.

Подсистема управления физическими активами относится к классу EAM-систем, предназначенных для автоматизации бизнес-процессов учета, технического обслуживания и ремонта основных фондов. Под активами будем понимать здания, жилые и нежилые помещения, оборудования поставки и учета теплового топлива (газ), водоснабжения и водоотведения, приборы освещения мест общественного назначения, а также имущество, находящееся на территории жилого комплекса для поддержания чистоты и порядка и средств предоставления досуга жильцов. Реализация хранения всего перечня имеющихся в зоне ответственности управляющей компании активов будет располагаться в «Реестре активов». Далее, активы должны быть сгруппированы таким образом, чтобы для одних была воз-

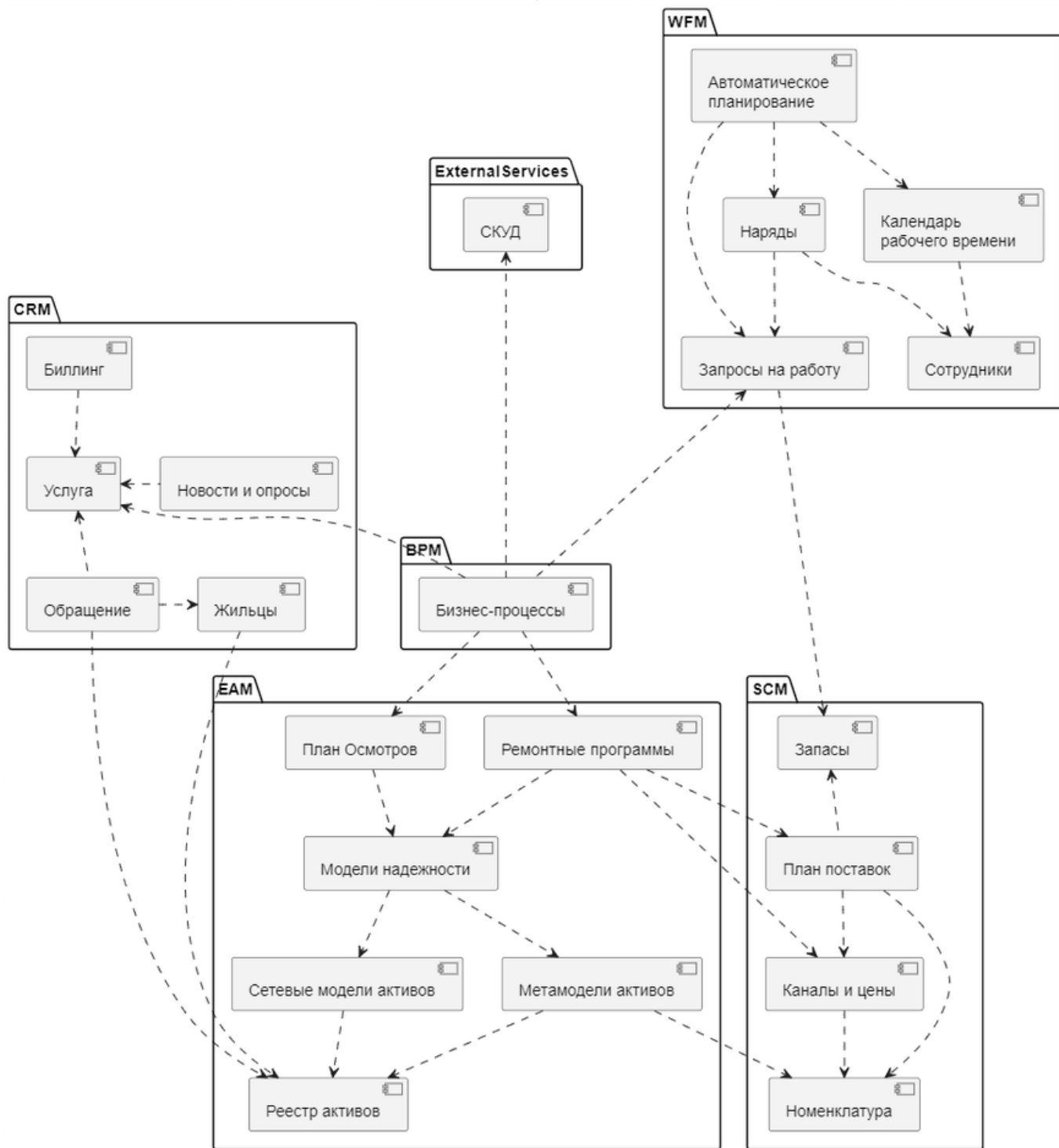


Рис. 1. Диаграмма структурных компонентов проектируемой системы

возможность построить метамодель, а для других — сетевую модель.

Метамодель активов представляет собой описание каждой единицы объекта, его численные характеристики, технические данные и их изменение, режимы работы, допустимые нагрузки, результаты осмотров и ремонтов для объектов оборудования, а также возможных ключевых временных сроков обслуживания.

Сетевая модель описывает связи активов между собой, которые могут иметь влияние друг на друга и порождать тем самым инциденты.

Сетевые модели активов и метамодели являются основополагающими компонентами **модели надежности**. Модель надежности выделяет факторы, влияющие на целостность и работоспособность всех активов, и порождает **план осмотров** и **ремонтные программы**.

Осмотр активов проводится в объёмах, определяемых документацией по техническому диагностированию, и его основной задачей является определение технического состояния объекта для планирования сроков технического обслуживания, ремонтов и поиска неисправностей. Выполняется специалистами ремонтных служб управляющей компании или специализированных предприятий во время ревизий и наладок оборудования. [6] Таким образом, **план осмотров** позволяет получить график планово-предупредительных работ для оборудования жильцов и сервисной компании. Как результат, предотвратить излишние затраты организации на экстренный ремонт оборудования и потерю лояльности клиентов, что является показателем эффективности работы сервисной компании.

План ремонтов производится на основе данных технологических карт и непосредственного осмотра оборудования — с учетом периодичности ремонтов, времени на их производство и, при необходимости, закупка и замена составляющих. Планирование включает в себя составление календарных планов ремонтов, планирование объема и себестоимости ремонтов, ведение запасов сменных частей. [7]

Таким образом, подсистема управления физическими активами позволит структурировать и описать информацию по имеющимся активам жильцов и управляющей компании, построить планы осмотров и ремонтов оборудования, требующего проведения сервисных работ, что существенно сократит количество аварийных случаев при эксплуатации, прогнозировать появление новых инцидентов, поддерживать лояльность клиентов на высоком уровне.

**Подсистема управления взаимоотношениями с клиентами** является представителем класса CRM-систем, которые собирают информацию о клиентах, обеспечивая к ней легкий доступ, позволяют управлять каналами коммуникации, отслеживать их потребности и запросы, оперативно реагировать на обращения жильцов и поддерживать их лояльность, создавать отчеты с подробными данными об эффективности взаимодействия компании с клиентами. Данный блок состоит из следующих компонентов: Биллинг, Услуга, Обращение, Новости и опросы, Жильцы.

Жильцы имеют право владения активами, находящимися в управлении сервисной компании. В процессе пользования услугами компании, жильцы могут создавать **обращения** на экстренные или сервисные работы имеющего оборудования или других объектов, влияющих на комфортное проживание на обслуживаемой территории.

**Обращения** представляют собой заявку, предоставляемую жильцом или клиентом в письменном или устном виде путем обращения в диспетчерскую. Каждое обращение может иметь индивидуальную специфику исполнения, а именно: узкая специализация работника, исполняющего обращение, необходимость замены деталей устройства, строго регламентируемые сроки устранения неполадки. Таким образом, обращение может порождать **Услугу**, которую предоставляет компания в рамках перечня, указанного при заключении договора с жильцом или дополнительную, оплачиваемую вне договорных условий.

Стоимость **Услуги** рассчитывается **Биллинговой подсистемой**, которая автоматизирует процесс учета предоставляемых услуг, их тарификации, сбора информации об объемах оказанных услуг, выставления счетов клиентам, отслеживание и корректное распределение приходящих платежей.

На основе реестра зафиксированных обращений и оказанных услуг, модуль «Новости и опросы» проводит анализ наиболее частых запросов клиентов и создает план продающего коммерческого предложения. Далее, это план используется в виде рекламного контента при работе с клиентами. Так же, данный модуль реализует функцию получения обратной связи от жильцов о качестве оказанной услуги и общей удовлетворенности клиента.

Подсистема управления цепями поставок решает задачи класса SCM — систем. SCM — системы направлены на автоматизация процессов управления всеми этапами цепочки поставок материалов и контроля всего оборота объектов учета в процессе деятельности пред-

приятия. Для бизнес-процессов управляющей компании данная подсистема будет включать в себя следующие модули: **запасы, план поставок, каналы и цены, номенклатура.**

Модуль **Номенклатура** решает задачу ведения перечня всех возможных объектов, входящих в структуру **Метамоделей активов**. Сюда можно отнести детали имеющегося оборудования, требующие периодической замены, составные части механизмов, которые с течением времени выходят из строя и значительно влияют на сроки устранения неполадок и исполнения созданного инцидента. Для каждой единицы из перечня номенклатуры требуется определить поставщика, стоимость и срок обеспечения. За этот процесс будет отвечать компонент **Каналы и цены**. Здесь, на основе имеющейся номенклатуры, должен быть заранее заготовлен перечень компаний, занимающихся поставкой деталей, оборудования и других видов материалов, используемых при исполнении основных функций управляющей компанией. Поставщики предоставляют свой прайс на возможные к поставке компоненты, которые который хранится в системе и может быть использован при устранении инцидента.

В результате анализа **планов осмотров и ремонтов** составляется перечень материалов, необходимых для устранения прогнозируемых или уже созданных **инцидентов**. Согласно некоторым правилам, этот перечень сортируется по важности наличия в запасах в некотором количестве или другим критериям, определенными сервисными сотрудниками. Наличие или отсутствие конкретной единицы материалов в запасах может значительно увеличивать срок устранения неполадок, влиять на качество оказываемых услуг, тем самым снижая лояльность клиентов.

Для управления **запасами** должен быть организован отдельный модуль, который будет решать следующие задачи: расчет размера необходимого для предприятия запаса, организация системы контроля за реальным размером запаса, его пополнением согласно установленной норме, а также определения мо-

мента пополнения запаса при достижении определенного уровня размера запасов [8].

Модуль **План поставок** составляется на основании созданных ранее планов проведения ремонтных работ, имеющихся запасов или, в случае их отсутствия, приобретения материалов у поставщиков, указанных в перечне каналов поставок. В **плане поставок** для каждой потребности определен приоритет исполнения, оценка финансовой готовности компании к приобретению, влияние исполнения поставки на обобщенную потребность цепи поставки.

Построенная модель системы обеспечивает закрытие всех основных функциональных задач, стоящих перед управляющей компанией в рамках ее основной деятельности. Полнота модели была проверена в рамках интервью с руководителями 5 управляющих компаний разного масштаба.

С точки зрения полноты и качества построенной модели с точки зрения архитектуры программных систем был произведен анализ на соответствие принципам GRASP и SOLID. Представленная архитектура показывает соответствие этим принципам. В частности, это легко увидеть на визуализации схемы, которая представляет собой ациклический граф, вершины которого имеют небольшое число стоков.

Таким образом, в статье представлена полная и корректная с архитектурной точки зрения модель системы комплексной автоматизации деятельности управляющей компании, разбивающая предметную область на небольшие, слабосвязанные компоненты (поддомены). Результаты проведенного системного анализа будут положены в основу проектирования комплексной системы автоматизации основной деятельности управляющей компании. В качестве пилотной площадки при апробации разработанной системы среди предложенных вариантов была выбрана компания УК Среда, обслуживающая несколько крупных современных жилищных комплексов в городе Астрахани.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Управление недвижимым имуществом: Учебник: [по специальности 080502(060800) «Экономика и упр. на предприятии отрасли (операции с недвижимым имуществом)»] / И.А. Бузова, Н.В. Васильева, С.Н. Максимов [и др.]; Под ред. С.Н. Максимова; Федер. агентство по образованию, С.-Петербург. гос. инженер.-экон. ун-т. СПб.: СПбГИЭУ, 2005. 469 с.
2. Система муниципального управления: Учебник для студентов высших учеб. заведений, обучающихся по специальности «Государственное и муниципальное управление» / [Зотов В.Б., Бабун Р.В., Кириллова А.Н. и др.]; Под ред. В.Б. Зотова. 5е изд., испр. и доп. РостовнаДону: Феникс, 2010. 718 с.
3. Постановление Правительства РФ от 13.08.2006 N491 (ред. от 29.06.2020) «Об утверждении Правил содержания общего имущества в многоквартирном доме и правил изменения размера платы за содержание жилого помещения в случае оказания услуг и выполнения работ по управлению, содержанию и ремонту общего имущества в многоквартирном доме ненадлежащего качества и (или) с перерывами, превышающими установленную продолжительность»

4. <https://www.law.ru/article/24759-deyatelnost-upravlyayushchih-kompaniy>
5. ISO 55001:2014. Управление активами. Системы менеджмента. Требования.
6. Сидоров В.А., Зданевич В. Осмотр механического оборудования 29.07.2022 URL: <https://eam.su/osmotr-mexanicheskogo-oborudovaniya.html>
7. Организация, планирование и управление химическим предприятием: Учебник для вузов / А.П. Леошкин, С.К. Давидович, М.П. Сеницын и др. —Л.: Химия, 1982. — 368 с., ил.
8. Бестужев Н.А. Оптимальный размер запасов. 2.08.2022. URL: <https://www.fd.ru/articles/37065-raschet-zapasov-metody-i-normy-rascheta-koeffitsienta-zapasov>

---

© Андрианов Антон Александрович, Святой Владимир Олегович,  
Мамлеева Аделя Рифкатовна ( [andrianov66@gmail.com](mailto:andrianov66@gmail.com) ).  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБЛАЧНОЙ И ТРАДИЦИОННОЙ БАЗ ДАННЫХ ПО КРИТЕРИЮ ВРЕМЕНИ ОТКЛИКА

## COMPARATIVE EVALUATION OF THE PERFORMANCE OF CLOUD AND TRADITIONAL DATABASES BY THE RESPONSE TIME CRITERION

V. Voronin  
O. Romashkova

*Summary.* This paper attempts to evaluate and compare the performance of traditional and cloud databases. The size of databases has increased exponentially in recent years, and the same growth is expected in the future. The cost of data storage has declined rapidly, and this has been followed by a rapid increase in storage capacity. The recent emergence of cloud databases has brought about many changes. Database performance plays an important role in computing.

*Keywords:* database, cloud computing, performance.

**Воронин Владимир Алексеевич**

Аспирант  
Московский городской педагогический  
Университет (МГПУ)  
г. Москва  
mgvoron@gmail.com

**Ромашкова Оксана Николаевна**

Доктор технических наук, профессор  
Российская академия народного хозяйства  
и государственной службы при Президенте РФ  
г. Москва  
ox-rom@yandex.ru

*Аннотация.* В этой статье был проведён эксперимент по оценке и сравнению производительности традиционных и облачных баз данных. Размер баз данных в последние годы вырос экспоненциально, и, как ожидается, будет расти и в будущем. Стоимость хранения данных значительно снизилась, а ёмкость хранилищ быстро увеличивается. Появление облачных баз данных в последнее время принесло много изменений в технологии хранения информации. Производительность базы данных играет жизненно важную роль в вычислениях, и следовательно, существенным образом влияет на выбор в прикладных решениях.

*Ключевые слова:* база данных, облачные вычисления, производительность.

## Введение

Облако можно определить как параллельную и распределённую информационную систему, в которую входят несколько виртуализированных и взаимосвязанных компьютеров. Облака представляются в виде отдельных или различных объединённых вычислительных ресурсов. Облачные технологии могут использоваться в виде трёх различных архитектур: инфраструктура как услуга (Infrastructure as a Service, IaaS), платформа как услуга (Platform as a Service, PaaS) и программное обеспечение как услуга (Software as a Service, SaaS). Эти архитектуры включают распределённые операционные системы, распределённые базы данных и другие сервисы [1, 2].

Облачные базы данных позволяют производить различные вычисления быстро, а также они экономят время на настройку маршрутизации. Облачная база данных представляет собой совокупность нескольких сайтов. Сайты также называются узлами, и они соединя-

ются с помощью телекоммуникационной сети. Отдельные узлы являются классами базы данных.

База данных — место для хранения набора записей данных, файлов и других объектов. Система управления базами данных (СУБД) — программное обеспечение, с помощью которого можно создавать, изменять, получать информацию из баз данных. Такое программное обеспечение позволяет разрабатывать базы данных для различных целей. СУБД позволяет различным пользовательским приложениям одновременно обращаться к одной и той же базе данных. СУБД может легко описывать и поддерживать приложения, использующие различные модели баз данных, такие как реляционная модель или объектная модель. Термин «база данных» применяется к данным и структурам данных, которые их поддерживают. Сочетание базы данных и СУБД называется системой баз данных [1, 3].

База данных — это совокупность данных, которая облегчает доступ, обновление и управление данными.

Облачная база данных — это база данных, которая работает на платформе облачных вычислений, таких как Windows Azure или Amazon EC2. Две распространённые модели развёртывания — это запуск пользователями собственных баз данных в облаке с помощью образов виртуальных машин, или приобретение доступа к услугам баз данных, поддерживаемым поставщиками облачных баз данных. Облачные базы данных в основном основаны либо на SQL-модели, либо на NoSQL-модели данных.

### Системы управления базами данных

Как упоминалось выше, система управления базами данных — это компьютерное программное обеспечение, с помощью которого пользователи создают и используют базы данных. Используя базы данных, можно эффективно хранить и извлекать необходимые данные. Цель пользовательского интерфейса — создание новых баз данных в системе или обновление существующих. Согласно глоссарию IBM Computing Dictionary, словарь данных — это централизованное хранилище информации о данных, включая собственно значение, связь с другими данными, источник, использование и формат данных. Данный документ определяет структуру и описывает базы данных. СУБД может облегчить доступ к нескольким базам данных одновременно через пользовательский интерфейс.

Система управления базами данных служит платформой для администрирования баз данных. Администраторы могут запускать определенные приложения в СУБД для доступа, изменения и обновления данных.

Существуют различные типы баз данных: сетевые, иерархические и реляционные. Реляционные базы данных являются лучшим выбором для хранения данных по сравнению с другими моделями [1, 3].

### Оптимизация баз данных

В современном мире компании сосредоточены на использовании большого количества данных. Эти данные, хранятся в базе данных и эффективно управляются. Поскольку компании постоянно анализируют эти базы данных и принимают обоснованные решения на основе анализа, поэтому производительность базы данных играет решающую важную роль в общей функциональности корпоративных и управленческих информационных систем. В годы создания базы данных размер метаданных, связанных с ней, был небольшим. Однако с увеличением размера базы данных производительность постепенно снижается. В ответ на такое снижение производительности исследователи ищут

способы повышения производительности путём оптимизации структуры базы данных. Сегодня наиболее распространённым способом оптимизации базы данных является индексирование [4]. Индексы внутренне организованы в виде древовидной структуры. Индексирование базы данных позволяет СУБД поддерживать отдельный объект базы данных для хранения метаданных, связанных с базой данных.

Несмотря на эти преимущества, индексирование баз данных имеет и определённые недостатки. Индексирование ускоряет запросы и поиск данных, но каждый раз, когда индекс добавляется в индексную таблицу, это ещё больше замедляет работу. Поскольку каждый запрос обрабатывается только после обновления всех соответствующих индексов, для синхронизации индексов и таблиц требуются дополнительные циклы центрального процессора (ЦП) и время. Это также потребует дополнительного места в базе данных [3].

### Облачные вычисления

Трудно определить, что такое облачные вычисления, поскольку определения облачных вычислений у разных авторов различные. Облачные вычисления — это модель, которая обеспечивает повсеместный, удобный, сетевой доступ по требованию к общему пулу конфигурируемых вычислительных ресурсов (сети, серверы, хранилища, приложения и др.), с минимальными административными усилиями или взаимодействием с поставщиками услуг.

Облачные вычисления имеют пять основных характеристик:

1. Самообслуживание по запросу.
2. Широкий доступ к сети.
3. Объединение ресурсов.
4. Быстрая эластичность.
5. Измеряемое обслуживание.

Также есть три модели обслуживания облачных вычислений:

1. Программное обеспечение как услуга (SaaS).
2. Платформа как услуга (PaaS).
3. Инфраструктура как услуга (IaaS).

Для облачных вычислений используются четыре модели развёртывания:

1. Частное облако.
2. Облако сообщества.
3. Общедоступное облако.
4. Гибридное облако.

Производительность традиционных и облачных баз данных

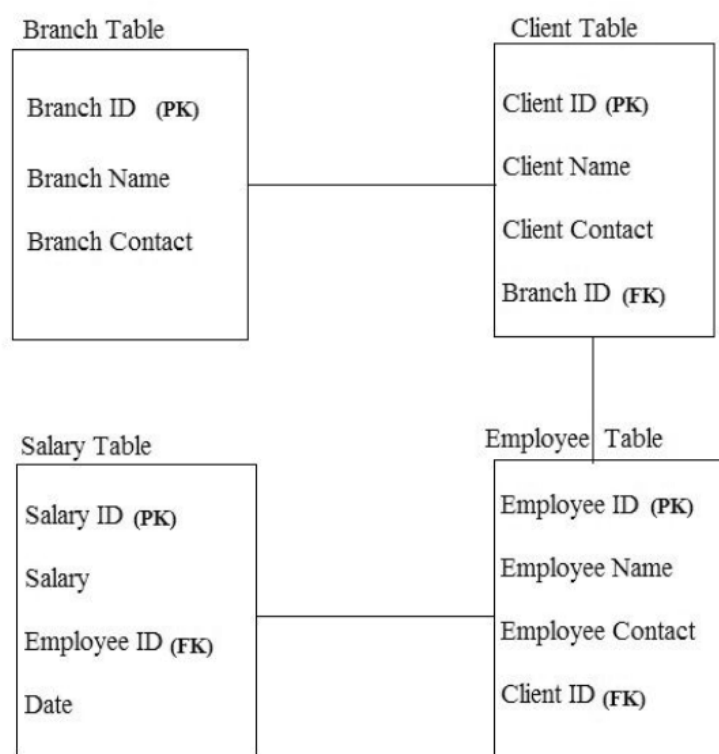


Рис. 1. Диаграмма отношений сущностей базы данных

Производительность баз данных может быть оценена как за счёт времени отклика, так и за счёт пропускной способности, стоимости транзакций и использования ресурсов. Длительное время выполнения запросов негативно влияет на время отклика и в конечном итоге приводит к низкой производительности баз данных. Из этого следует что время отклика на запрос является параметром для измерения производительности баз данных. Оптимальное время отклика системы не должно превышать предела заданного времени отклика.

Для эксперимента в качестве традиционной базы данных выбрана база Microsoft SQL 2016 SP2. Данные формируются с помощью онлайн генератора данных. Для занесения данных в реляционную базу данных используется оператор "Insert" (Вставить). В качестве построения облачной базы данных на основе SQL-модели была выбрана облачная система Microsoft Azure.

Эксперимент посвящен проверке изменения производительности традиционной и облачной баз данных при увеличении количества записей данных. Сначала были внесены первые 30 000 записей, и с этими первыми записями выполнялись стандартные запросы. Далее были добавлены ещё 30 000 записей. И такие шаги выполнялись вплоть до момента, когда количество записей достигло количества 240 000. На рисунке 1 изо-

бражена диаграмма отношений сущностей для базы данных.

Представленная диаграмма отношений сущностей оптимально подходит для тестирования производительности. Истёкшее время отклика использовалось в качестве критерия оценки производительности как в традиционной, так и в облачной базах данных с помощью оператора SQL языка "SELECT".

Действия, которые воспроизводились во время эксперимента, следующие:

1. Были выбраны несколько строк из множества строк в таблице с использованием простых и сложных операций как в традиционной базе данных, так и в облачной базе.
2. Первое действие было повторено 30 раз, и было определено среднее значение времени отклика.

### Эксперимент

Как говорилось ранее, для проверки времени отклика традиционной и облачной баз данных использовались запросы SELECT с различными условиями. Каждая выборка повторялась 30 раз, и для каждой попытки отмечалось время ответа и определялось среднее значение времени отклика.



Таблица 1. Среднее время выполнения запроса 1

Количество строк	Полученные результаты	Время отклика традиционной БД, мс	Время отклика облачной БД, мс
30000	15	6	11
60000	15	7	9
120000	38	16	40
240000	89	20	74
480000	184	62	178

Таблица 2. Значение А для запроса 1

Количество записей	30000	60000	120000	240000	480000
А	22500	45000	110000	220000	440000

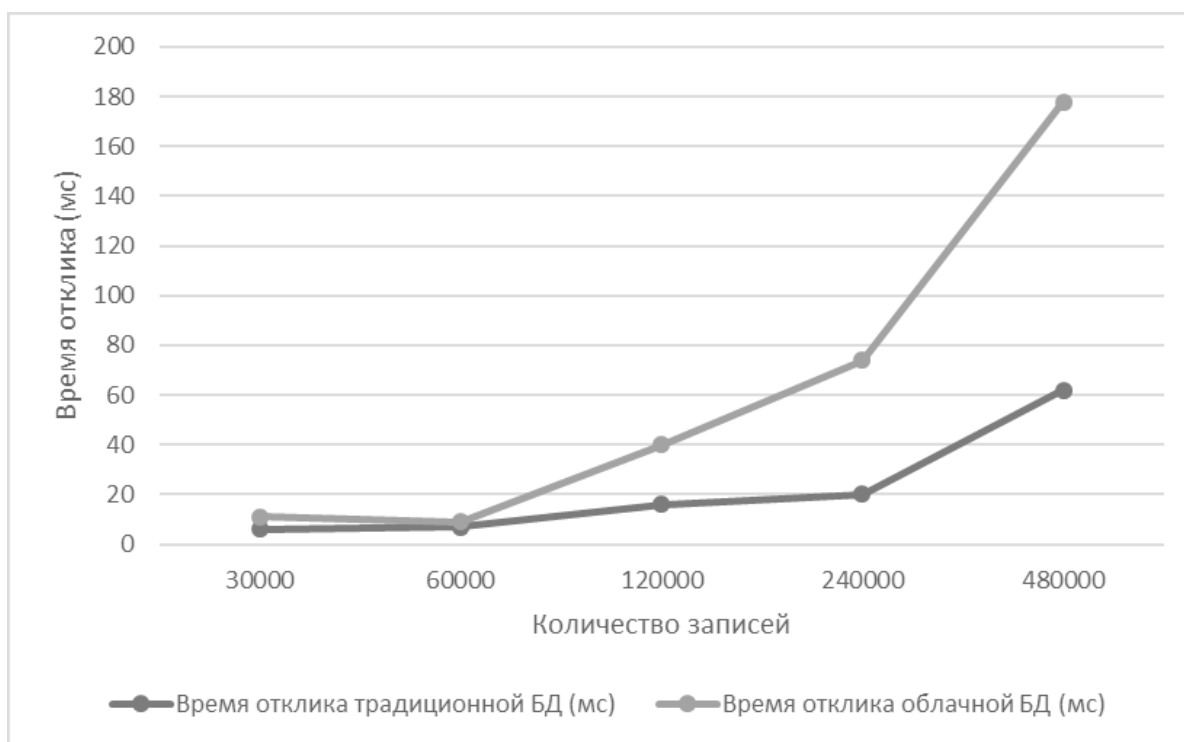


Рис. 2. Результат первого запроса

Также был построен график кривой “замедления” для полученных данных. Указанный график построен путем деления всех времён отклика для всех размеров данных на первоначальное значение времени отклика.

**Запрос 1** “SELECT EmployeeID, Date, Salary from Salary where Date = ‘01/02/2019’ and EmployeeID>0 and EmployeeID<A;”

Этот запрос позволяет просканировать всю таблицу, чтобы узнать, сколько времени потребуется для извлечения небольшого количества строк из таблицы.

Этот запрос извлекает данные из таблицы Salary столбцов EmployeeID, Date и Salary для даты “01.02.2019” с диапазоном EmployeeID “<0” и значением А. В таблице 1 и на рисунке 2 показано среднее время выполнения

Таблица 3. Среднее время выполнения запроса 2

Количество строк	Полученные результат	Время отклика традиционной БД, мс	Время отклика облачной БД, мс
30000	24,499	324	1373
60000	48,999	465	1928
120000	97,999	885	4359
240000	195,999	1690	7777
480000	391,999	3235	15587

Таблица 4. Значение А для запроса 2

Количество записей	30000	60000	120000	240000	480000
А	25000	50000	100000	20000	40000

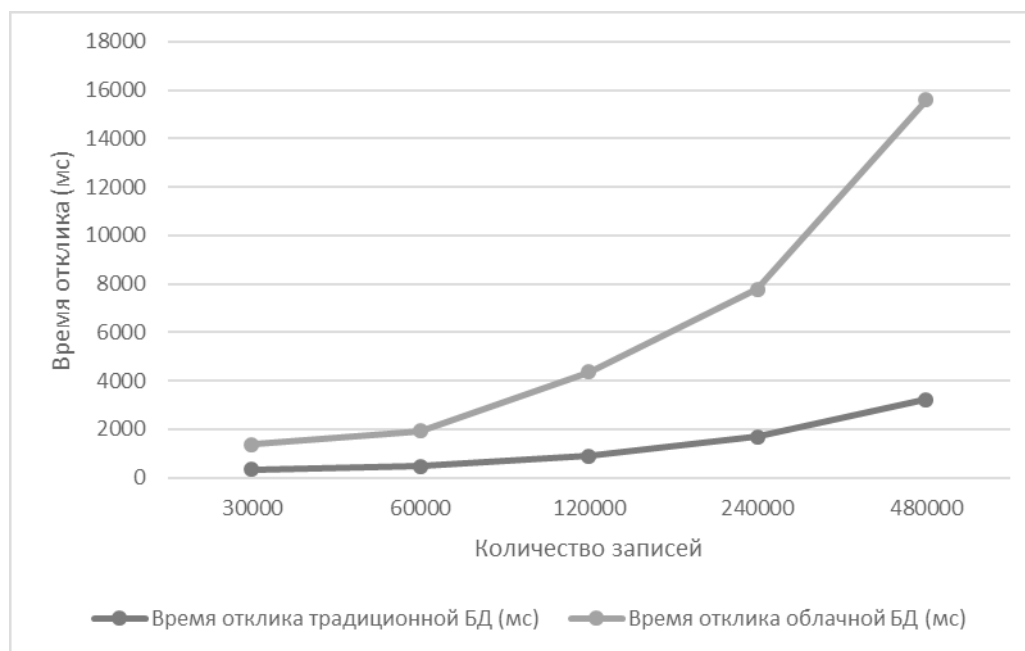


Рис. 3. Результаты запроса 2

запроса для традиционной и облачной баз данных. В таблице 2 представлены значения А для Запроса 1.

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод о том, что традиционная база данных справляется с этим запросом лучше, чем облачная база данных. При количестве записей 30000 время отклика облачной БД превышает почти в 2 раза время отклика в традиционной базе данных. При количестве записей 60000 время отклика одинаковое. При количестве записей 120000 записей время отклика в облаке выше в 2,5 раза. При количестве записей 240 000 время отклика в облачной базе данных выше в 3,5 раза, а при количестве записей 480

000 время отклика облачной базы данных выше в 2,9 раза по сравнению с традиционной базой данных.

### Запрос 2

Данный запрос проводится на основе таблиц “Сотрудник” (Employee) и “Salary” (Зарплата). Используя простой запрос SELECT и запрос на соединение JOIN, были выведены данные EmployeeName, EmployeeID и Date.

```
“Set statistics time on select e.EmployeeID, e.EmployeeName, s.Salary, S. Date from Employee e inner
```

join Salary s on e.EmployeeID = S.EmployeeID where EmployeeName > 'a%' and s.SalaryID > 0 and S.SalaryID < A;”

Данный запрос извлекает идентификатор сотрудника, имя сотрудника, зарплату и дату в пределах диапазона SalaryID “0” и значением А. В таблице 3 и на рисунке 3 показано среднее время выполнения запроса для традиционной базы данных и для облачной. В таблице 4 представлены значения А для Запроса 2.

Получив результаты, можно сделать вывод о том, что ситуация повторяется, как и для результатов первого запроса.

Традиционная база данных справляется быстрее, чем облачная база данных.

При количестве записей 30 000 время отклика облачной БД превышает почти в 3 раза время отклика в традиционной базе. При количестве записей 60 000 время отклика у облачной базы данных выше в 4 раза. При количестве записей 120 000 время отклика в облаке выше в 5 раз. При количестве записей 240 000 вре-

мя отклика в облачной базе данных превышает в 4,6 раза. А при количестве записей 480 000 время отклика облачной базы данных выше в 4,8 раза по сравнению с традиционной базой данных.

## Заключение

Проведя эксперимент с двумя запросами, используемыми как в традиционной, так и в облачной базах данных, и проанализировав графики зависимостей средних показателей времени отклика, можно сделать вывод о том, что производительность облачной базы данных значительно ниже, чем традиционной базы данных.

Особенно существенное падение производительности облачной базы данных по сравнению с традиционной базой данных можно отметить при увеличении количества записей.

Выполненные исследования позволяют дать конкретные рекомендации для формирования и эксплуатации баз данных в информационных системах различных сфер применения [5, 6, 7].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Агальцов В.П. Базы данных. В 2-х кн. Книга 2. Распределённые и удалённые базы данных: учебник. — М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2018. 272 с.
2. Ромашкова О.Н., Ломовцев Р.С., Пономарева Л.А. Компьютерная поддержка принятия управленческих решений для образовательной системы регионального уровня // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2019. № 67. С. 50–58.
3. Кэмпбелл Л., Мейджорс Ч. Базы данных. Инжиниринг надёжности. — М.: Издательство Питер, 2020. — 304с.
4. Ромашкова О.Н., Пономарева Л.А., Василюк И.П. Применение инфокоммуникационных технологий для анализа показателей рейтинговой оценки вуза // В книге: Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем. Материалы Всероссийской конференции с международным участием. 2018. С. 65–68.
5. Заболотникова В.С., Ромашкова О.Н. Информационная управленческая система для налоговой службы // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2017. № 6. С. 27–32.
6. Gaidamaka, Y.V., Romashkova, O.N., Ponomareva, L.A., Vasilyuk, I.P. Application of information technology for the analysis of the rating of university // В сборнике: CEUR Workshop Proceedings 8. Сер. “ITMM 2018 — Proceedings of the Selected Papers of the 8th International Conference “Information and Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-Tech Systems”” 2018. С. 46–53.
7. Ромашкова О.Н., Фролов П.А. Технология расчета показателей прибыли и рентабельности в коммерческой организации // Фундаментальные исследования. 2016. № 4–1. С. 102–106.

## РАЗРАБОТКА КАЛЬКУЛЯТОРА ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ИНТЕГРАЛОВ ЧИСЛЕННЫМ МЕТОДОМ ПО ФОРМУЛАМ НЬЮТОНА-КОТЕСА

### DEVELOPMENT OF A CALCULATOR FOR CALCULATING INTEGRALS BY A NUMERICAL METHOD USING THE NEWTON-COTES FORMULAS

**M. Georgieva  
A. Ezaova  
S. Arvanova  
A. Chochieva  
K. Losanov  
D. Tlepshieva**

*Summary.* Numerical analysis is applied in all areas of science and some areas of technology and is actually used in solving all kinds of problems that require calculations to obtain a highly accurate solution. The purpose of numerical analysis is to quickly analyze the methods used to obtain approximate numerical solutions in situations where the actual solution is likely to be extremely slow to find, and to try to improve these methods to reduce the number of errors generated in computer calculations.

For problems that require exact numbers, it is important to get a very good approximation with few errors. When using the results of one calculation in succession in another, the error will accumulate and, as a result, a very unreliable number will be obtained.

That is why the development of a program that performs the calculation of integrals by a numerical method is an important step in solving this problem. The use of this program in solving problems will not only increase the accuracy of calculations, but also significantly reduce their time.

*Keywords:* calculator, integrals, numerical methods.

**Георгиева Марьяна Альбековна**

Ст. преподаватель  
Кабардино-Балкарский государственный  
университет имени Х.М. Бербекова  
г. Нальчик  
maryana.g@list.ru

**Езаова Алёна Георгиевна**

Доцент, Кабардино-Балкарский государственный  
университет имени Х.М. Бербекова  
г. Нальчик  
alena\_ezaova@mail.ru

**Арванова Санянт Мухамедовна**

Ст. преподаватель  
Кабардино-Балкарский государственный  
университет имени Х.М. Бербекова  
г. Нальчик  
sani\_07@mail.ru

**Чочиева Асият Мухарбиевна**

Ассистент  
Кабардино-Балкарский государственный  
университет имени Х.М. Бербекова  
г. Нальчик  
aska\_89-07@mail.ru

**Лосанов Хамидби Хабасович**

Ст. преподаватель  
Кабардино-Балкарский государственный  
университет имени Х.М. Бербекова  
г. Нальчик  
losanovh@mail.ru

**Тлепшева Диана Ануаровна**

Кабардино-Балкарский государственный  
университет имени Х.М. Бербекова  
г. Нальчик  
tlepshieva@list.ru

*Аннотация.* Численный анализ применяется во всех областях науки и некоторых областях техники и фактически используется при решении всех видов задач, требующих вычислений для получения высокоточного решения. Цель численного анализа состоит в том, чтобы быстро проанализировать методы, используемые для получения приближенных численных решений в ситуациях, когда фактическое решение, вероятно, будет найдено крайне медленно, и попытаться улучшить эти методы, для уменьшения количества ошибок, генерируемых при компьютерных вычислениях.

Для задач, требующих точных чисел, важно получить очень хорошее приближение с небольшим количеством ошибок. При последовательном использовании результатов одних вычислений в других ошибка будет накапливаться и в итоге получится очень ненадежное число.



**Ц**елью данной работы являлась разработка прикладной программы, обеспечивающей вычисления интегралов численным методом по формулам Ньютона-Котеса.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи [1–5]:

- ◆ изучить математическую составляющую вопроса, проанализировать формулы и законы, рассмотреть частные случаи;
- ◆ разработать оптимальную схему взаимодействия «пользователь — система»;
- ◆ построить примерную блок-схему программы;
- ◆ реализовать программное обеспечение приложения;
- ◆ получить и проанализировать результаты проделанной работы.

Главное меню программы (рис. 1) содержит 3 активные кнопки:

- ◆ Начать — запускается основная часть программы;
- ◆ О программе — открывает раздел с описанием данной программы;
- ◆ Выход — завершает работу программы.

В разделе «О программе» имеется информация об авторе проекта, а также описание самой программы (рис. 2).

Вычисление определенных интегралов осуществляется методом прямоугольников, трапеций или парабол (метод Симпсона).

Методы численного интегрирования для вычисления значения определенного интеграла используются, когда первообразная подынтегральной функции не выражается в виде аналитической функции, следовательно, по формуле Ньютона-Лейбница невозможно вычислить значение. В этом случае можно воспользоваться численным интегрированием.

При таком подходе все расчеты сводятся к вычислению площади криволинейной трапеции, ограниченной графиком заданной функции, осью X и сегментами, ограниченными вертикальной линией слева и справа.

Именно поэтому разработка программы, выполняющей вычисления интегралов численным методом, является важным шагом для решения данной проблемы. Применение данной программы при решении задач не только повысит точность вычислений, но и значительно сократит их время.

*Ключевые слова:* калькулятор, интегралы, численные методы.

Подынтегральная функция заменяется более простой, которая обеспечивает заданную точность, и вычисление интеграла не составляет труда.

Программа использует формулы Ньютона-Котеса для вычисления значения одномерного определенного интеграла на заданном отрезке. Рассматриваются частные случаи:

1. Метод Прямоугольника
2. Трапециевидный способ
3. Метод параболы (Симпсона)

На рисунке 3 представлен основной экран программы. На нем расположены:

- ◆ поля для ввода данных, необходимых при вычислении;
- ◆ кнопки для выбора метода вычисления, очистки полей ввода, возвращения на экран главного меню;
- ◆ поле для вывода результата вычислений с двумя активными кнопками (копировать и сохранить);
- ◆ значок для отображения подсказки;

На рисунке 4 изображена вкладка с подсказкой:

Наиболее простой из методов численного интегрирования — **метод прямоугольников**. На частичном отрезке  $[x_{j-1}, x_j]$  подынтегральная функция заменяется полиномом Лагранжа нулевого порядка, построенным в одной точке. На этом этапе в качестве точки можно выбрать середину частичного отрезка  $x_{j-0.5} = x_j - 0.5h$ . Следовательно, значение интеграла на частичном отрезке принимает следующий вид:

$$\int_{x_{j-1}}^{x_j} f(x) * dx \approx f(x_{j-0.5}) * h$$

Исходя из этого, составная формула **средних прямоугольников** имеет следующий вид:

$$\int_a^b f(x) * dx \approx \sum_{j=1}^N f(x_{j-0.5}) * h$$

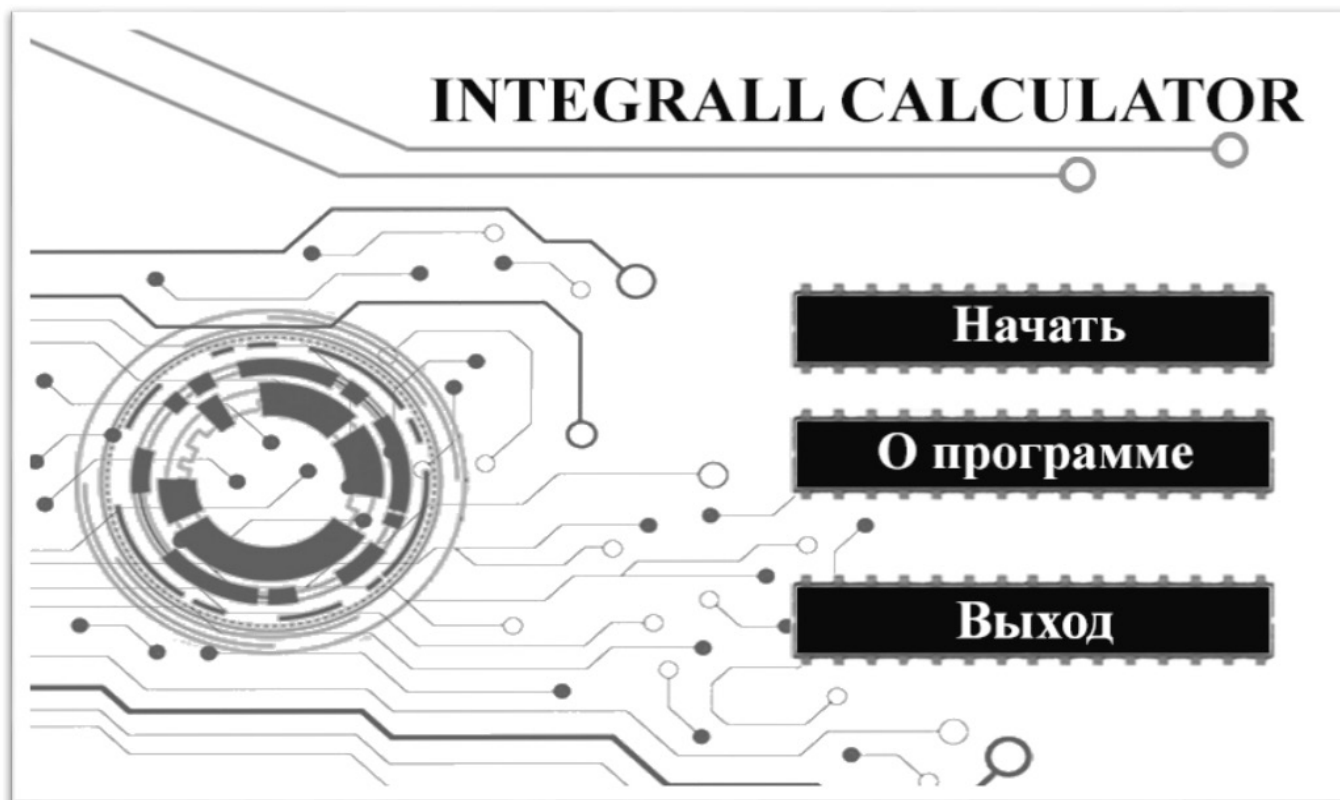


Рис. 1. Главное меню

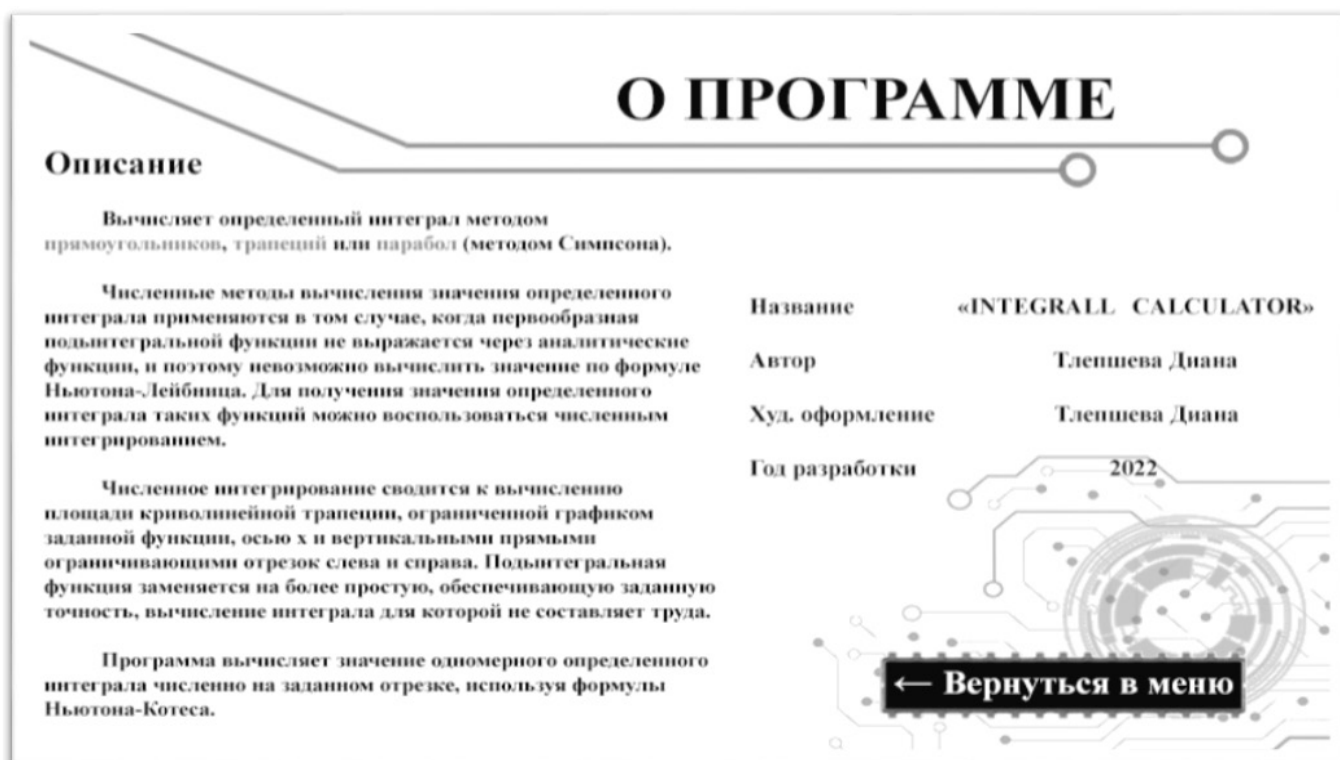


Рис. 2. О программе

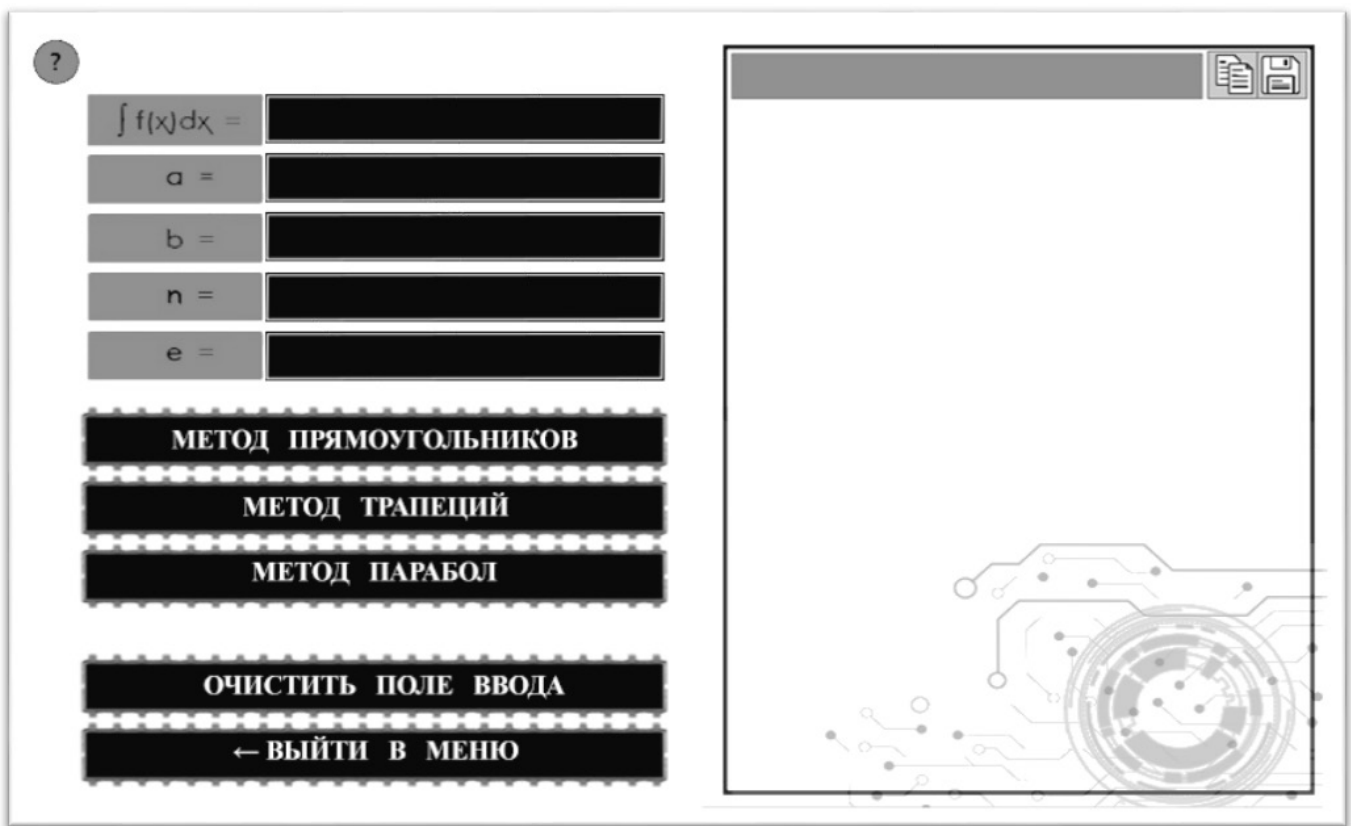


Рис. 3. Основной экран

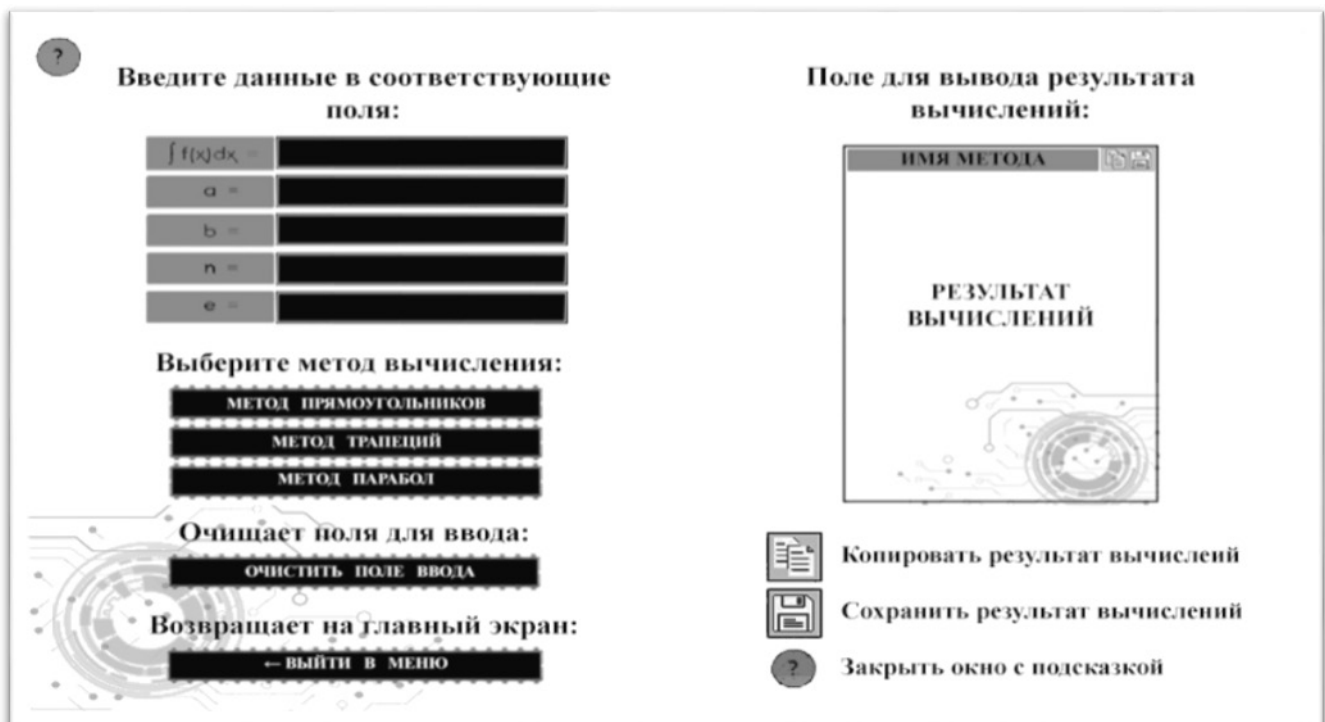


Рис. 4. Подсказка

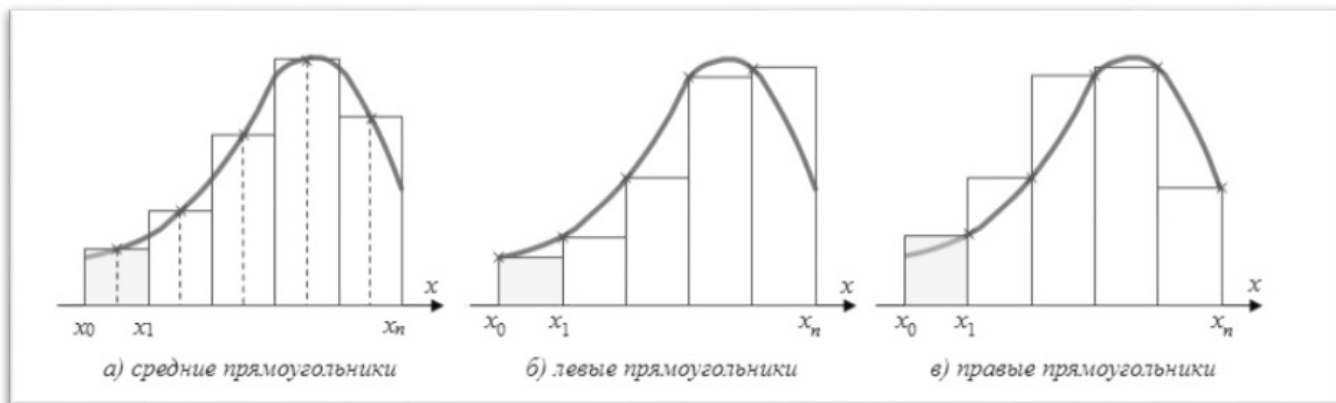


Рис. 5. Интегрирование методом прямоугольников

**?**

$\int f(x)dx =$  **SQRT ( 2 \* x ^ 2 + 1 )**

**a =** **0**

**b =** **1**

**n =** **10**

**e =** **0.1**

**МЕТОД ПРЯМОУГОЛЬНИКОВ**

**МЕТОД ТРАПЕЦИЙ**

**МЕТОД ПАРАБОЛ**

**ОЧИСТИТЬ ПОЛЕ ВВОДА**

**← ВЫЙТИ В МЕНЮ**

**THE RECTANGLE METHOD**

n	i	h	xi	fx
10	0	0.10000	0.00000	1.00000
10	1	0.10000	0.10000	1.00995
10	2	0.10000	0.20000	1.03923
10	3	0.10000	0.30000	1.08628
10	4	0.10000	0.40000	1.14891
10	5	0.10000	0.50000	1.22474
10	6	0.10000	0.60000	1.31149
10	7	0.10000	0.70000	1.40712
10	8	0.10000	0.80000	1.50997
10	9	0.10000	0.90000	1.61864

$S_n = 0.00000$   
 $S_{2n} = 1.23563$   
 $\text{delta } 2n = 1.23563$

Рис. 6. Результат вычислений методом треугольников



?

$\int f(x)dx =$  **SQRT (2 \* x ^ 2 + 1)**

a = **0**

b = **1**

n = **10**

e = **0.1**

**МЕТОД ПРЯМОУГОЛЬНИКОВ**

**МЕТОД ТРАПЕЦИЙ**

**МЕТОД ПАРАБОЛ**

**ОЧИСТИТЬ ПОЛЕ ВВОДА**

**← ВЫЙТИ В МЕНЮ**

**THE RECTANGLE METHOD**

n	i	h	xi	fx
20	0	0.05000	0.00000	1.00000
20	1	0.05000	0.05000	1.00250
20	2	0.05000	0.10000	1.00995
20	3	0.05000	0.15000	1.02225
20	4	0.05000	0.20000	1.03923
20	5	0.05000	0.25000	1.06066
20	6	0.05000	0.30000	1.08628
20	7	0.05000	0.35000	1.11580
20	8	0.05000	0.40000	1.14891
20	9	0.05000	0.45000	1.18533
20	10	0.05000	0.50000	1.22474
20	11	0.05000	0.55000	1.26689

Рис. 7. Результат вычислений методом треугольников

?

$\int f(x)dx =$  **SQRT (2 \* x ^ 2 + 1)**

a = **0**

b = **1**

n = **10**

e = **0.1**

**МЕТОД ПРЯМОУГОЛЬНИКОВ**

**МЕТОД ТРАПЕЦИЙ**

**МЕТОД ПАРАБОЛ**

**ОЧИСТИТЬ ПОЛЕ ВВОДА**

**← ВЫЙТИ В МЕНЮ**

**THE RECTANGLE METHOD**

20	12	0.05000	0.60000	1.31149
20	13	0.05000	0.65000	1.35831
20	14	0.05000	0.70000	1.40712
20	15	0.05000	0.75000	1.45774
20	16	0.05000	0.80000	1.50997
20	17	0.05000	0.85000	1.56365
20	18	0.05000	0.90000	1.61864
20	19	0.05000	0.95000	1.67481

Sn = 1.23563  
 S2n = 1.25321  
 delta 2n = 0.01758

S = 1.25321

Рис. 8. Результат вычислений методом треугольников

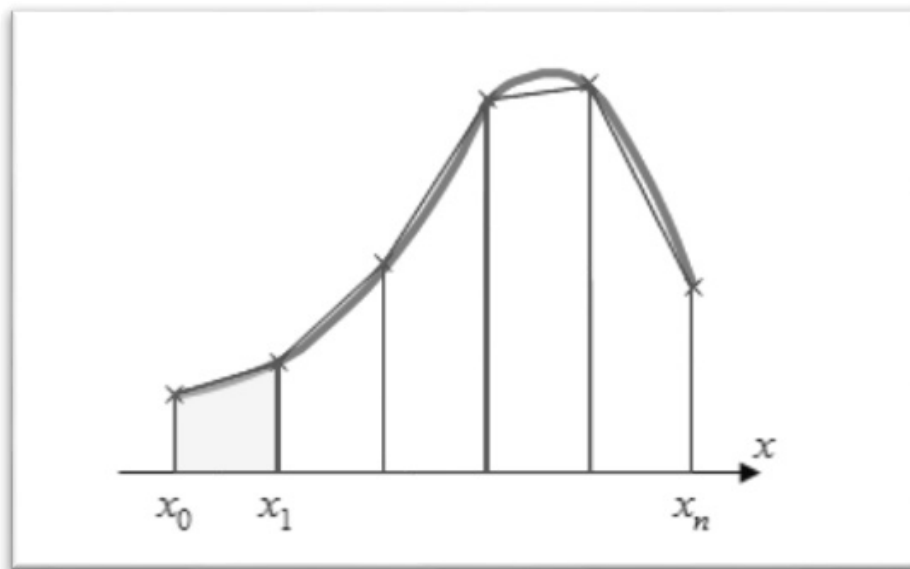


Рис. 9. Интегрирование методом трапеций

?

$\int f(x)dx =$  **SQRT ( 2 \* x ^ 2 + 1 )**

a = **0**

b = **1**

n = **10**

e = **0.1**

**МЕТОД ПРЯМОУГОЛЬНИКОВ**

**МЕТОД ТРАПЕЦИЙ**

**МЕТОД ПАРАБОЛ**

**ОЧИСТИТЬ ПОЛЕ ВВОДА**

**← ВЫЙТИ В МЕНЮ**

**THE TRAPEZOID METHOD**

n	i	h	xi	fx
10	1	0.10000	0.10000	1.00995
10	2	0.10000	0.20000	1.03923
10	3	0.10000	0.30000	1.08628
10	4	0.10000	0.40000	1.14891
10	5	0.10000	0.50000	1.22474
10	6	0.10000	0.60000	1.31149
10	7	0.10000	0.70000	1.40712
10	8	0.10000	0.80000	1.50997
10	9	0.10000	0.90000	1.61864

Sn = 0.00000  
 S2n = 1.27224  
 delta 2n = 0.42408

Рис. 10. Результат вычислений методом трапеций

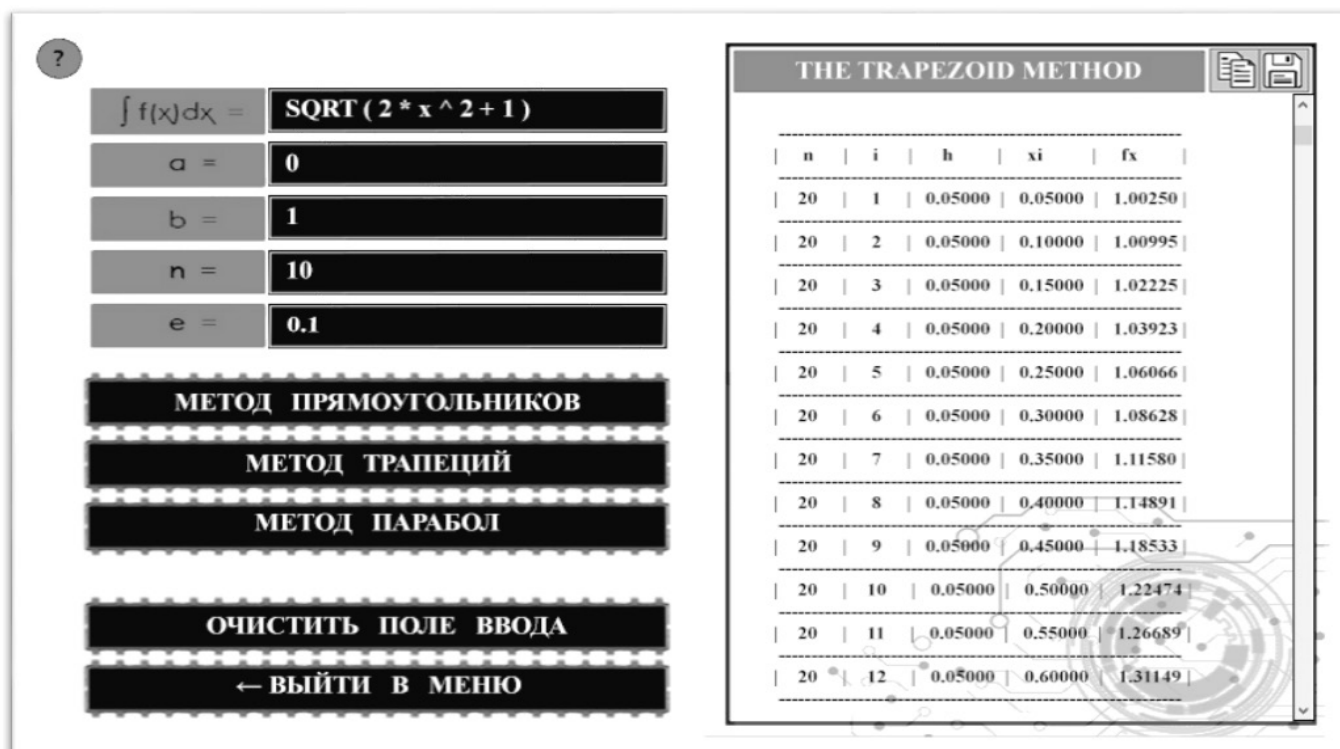


Рис. 11. Результат вычислений методом трапеций

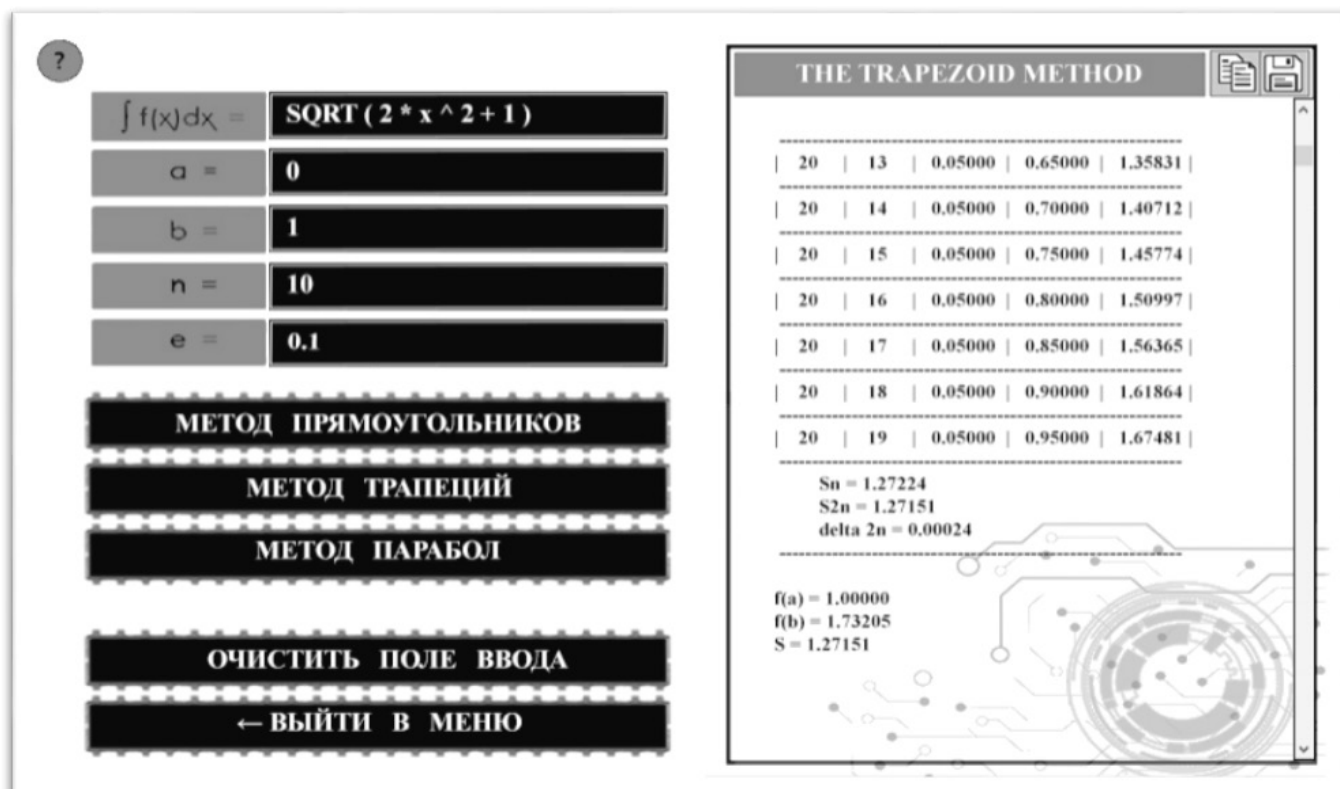


Рис. 12. Результат вычислений методом трапеций

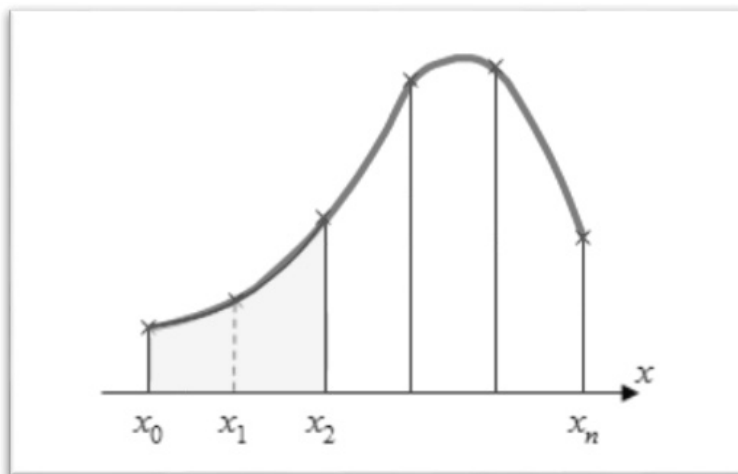


Рис. 13. Интегрирование методом Симпсона

?

$\int f(x)dx =$  **SQRT ( 2 \* x ^ 2 + 1 )**

a = **0**

b = **1**

n = **10**

e = **0.1**

**МЕТОД ПРЯМОУГОЛЬНИКОВ**

**МЕТОД ТРАПЕЦИЙ**

**МЕТОД ПАРАБОЛ**

**ОЧИСТИТЬ ПОЛЕ ВВОДА**

**← ВЫЙТИ В МЕНЮ**

**THE PARABOLA METHOD**

n	i	h	xi	fx	k = fx
10	1	0.10000	0.10000	1.00995	4.03980
10	2	0.10000	0.20000	1.03923	2.07846
10	3	0.10000	0.30000	1.08628	4.34511
10	4	0.10000	0.40000	1.14891	2.29783
10	5	0.10000	0.50000	1.22474	4.89898
10	6	0.10000	0.60000	1.31149	2.62298
10	7	0.10000	0.70000	1.40712	5.62850
10	8	0.10000	0.80000	1.50997	3.01993
10	9	0.10000	0.90000	1.61864	6.47457

S<sub>n</sub> = 0.00000  
 S<sub>2n</sub> = 1.27127  
 delta 2n = 0.08475

f(a) = 1.00000  
 f(b) = 1.73205  
 S = 1.27127

Рис. 14. Результат вычислений методом парабол

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	-----								
2	THE PARABOLA METHOD								
3	-----								
4									
5	n	i	h	xi	fx	k * fx			
6	10	1	0,10000	0,10000	1,00995	4,03980			
7	10	2	0,10000	0,20000	1,03923	2,07846			
8	10	3	0,10000	0,30000	1,08628	4,34511			
9	10	4	0,10000	0,40000	1,14891	2,29783			
10	10	5	0,10000	0,50000	1,22474	4,89898			
11	10	6	0,10000	0,60000	1,31149	2,62298			
12	10	7	0,10000	0,70000	1,40712	5,62850			
13	10	8	0,10000	0,80000	1,50997	3,01993			
14	10	9	0,10000	0,90000	1,61864	6,47457			
15									
16		Sn	0,00000						
17		S2n	1,27127						
18		delta 2n	0,08475						
19									
20		f(a)	1,00000						
21		f(b)	1,73205						
22		S	1,27127						

Рис. 15. Сохранение в файл

На рисунке 5 изображено графическое представление метода прямоугольников. Площадь криволинейной трапеции, которую можно увидеть на этом рисунке, приближенно заменяется площадью многоугольника, состоящего из  $N$  прямоугольников. Следовательно, вычисление определенного интеграла сводится к нахождению суммы  $N$  элементарных прямоугольников. На основе формулы средних прямоугольников работает метод вычисления в описываемой программе.

На рисунках 6–8 показан результат работы программы при выборе метода прямоугольников:

В **методе трапеций** подынтегральную функцию на частичном отрезке  $[x_{j-1}, x_j]$  заменяют полиномом Лагранжа первой степени:

$$f(x) = L_{1,j}(x) = \frac{1}{h} [(x - x_{j-1})f(x_j) - (x - x_j)f(x_{j-1})]$$

Искомый интеграл на данном участке принимает следующий вид:

$$\begin{aligned} \int_{x_{j-1}}^{x_j} f(x) dx &\approx \frac{1}{h} \left[ f(x_j) \int_{x_{j-1}}^{x_j} (x - x_{j-1}) dx - \right. \\ &\quad \left. - f(x_{j-1}) \int_{x_{j-1}}^{x_j} (x - x_j) dx \right] = \\ &= \frac{f(x_{j-1}) + f(x_j)}{2} h \end{aligned}$$

Тогда формула трапеций на всем отрезке интегрирования выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} \int_a^b f(x) dx &\approx \sum_{j=1}^N \frac{f(x_j) + f(x_{j-1})}{2} h = \\ &= h \left[ \frac{1}{2} (f_1 + f_N) + f_2 + \dots + f_{N-1} \right] \end{aligned}$$

На рисунке 9 изображено графическое представление метода трапеций. Площадь криволинейной трапеции приближенно заменяется площадью многоугольника, состоящего из N трапеций. А кривая в свою очередь заменяется вписанной в нее ломаной.

На рисунках 10–12 показан результат работы программы при выборе метода трапеций:

В **методе Симпсона** подынтегральная функция на частичном отрезке  $[x_{j-1}, x_j]$  аппроксимируется параболой, проходящей через три точки  $x_{j-1}, x_{j-0.5}, x_j$ , то есть интерполяционным многочленом Лагранжа второй степени:

$$f(x) = L_{2,j}(x) = \frac{2}{h^2} [(x - x_{j-0.5})(x - x_j)f(x_{j-1}) - 2 * (x - x_{j-1})(x - x_j)f(x_{j-0.5}) + (x - x_{j-1})(x - x_{j-0.5})f(x_j)]$$

После интегрирования формула принимает вид:

$$\int_{x_{j-1}}^{x_j} f(x)dx \approx \frac{h}{6} (f_{j-1} + 4f_{j-0.5} + f_j)$$

На отрезке  $[a, b]$  формула Симпсона выглядит следующим образом:

$$\int_a^b f(x)dx \approx \frac{h}{6} [f_0 + f_N + 2(f_1 + f_2 + \dots + f_{N-1}) + 4(f_{0.5} + f_{1.5} + f_{2.5} + \dots + f_{N-0.5})] = \frac{h}{6} \left[ f_0 + f_N + 2 \sum_{j=1}^{N-1} f_j + 4 * \sum_{j=0.5}^{N-0.5} f_j \right]$$

Графическое представление метода Симпсона показано на рисунке 13. На каждом из сдвоенных частичных отрезков заменяем дугу данной кривой параболой.

На рисунке 14 показан результат работы программы при выборе метода Симпсона:

На рисунке 15 показан результат сохранения в файл вычислений методом парабол:

Подводя итоги, можно сказать, что была разработана и реализована программа, написанная на языке программирования Python, представляющая собой калькулятор для вычисления интегралов численным методом по формулам Ньютона-Котеса. Таким образом, все поставленные задачи решены, и цель работы достигнута.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эрик Мэтиз. Изучаем Python. Программирование игр, визуализация данных, веб-приложения. Электронное издание.
2. Марк Лутц. Изучаем Python. Электронное издание.
3. Бибиков Ю.Н. Курс обыкновенных дифференциальных уравнений. Электронное издание.
4. Д.Ф. Кузнецов. Численное моделирование стохастических дифференциальных уравнений и стохастических интегралов. Электронное издание.

© Георгиева Марьяна Альбековна ( maryana.g@list.ru ), Езаова Алёна Георгиевна ( alena\_ezaova@mail.ru ), Арванова Саният Мухамедовна ( sani\_07@mail.ru ), Чочиева Асият Мухарбиевна ( aska\_89-07@mail.ru ), Лосанов Хамидби Хабасович ( losanovh@mail.ru ), Тлепшева Диана Ануаровна ( tliepshieva@list.ru ).  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ В ДЕЙСТВИЯХ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПО ТУШЕНИЮ ПОЖАРОВ В ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЯХ

**Королев Павел Сергеевич**

Адъюнкт

Академия государственной противопожарной

службы МЧС России

Москва

pavelpavel2415@mail.ru

## IDENTIFICATION OF BOUNDARY CONDITIONS IN THE ACTIONS OF FIRE AND RESCUE SUB-DIVISIONS TO EXTINGUISH FIRES IN UNDERGROUND STRUCTURES

**P. Korolev**

*Summary.* A comprehensive analysis of the conditions and parameters of firefighting control in underground structures, the organization of interaction and communication during the management of fire and rescue units, an analysis of statistical information and parameters of fire hazard of underground structures and parameters of fire in underground structures was carried out. Based on the results of the analysis, the boundary conditions were identified when making decisions by the fire-extinguishing manager when conducting hostilities to extinguish a fire at underground facilities. Consideration of the quantitative and qualitative parameters of the current situation, and the results of the comprehensive analysis carried out within the framework of this study, made it possible to form an approach to the analysis of boundary conditions and the development of management alternatives based on the analysis of the situation carried out by the fire-extinguishing manager. The use of boundary conditions when extinguishing fires in underground structures during the analysis of the situation will expand the set of management alternatives aimed at increasing the efficiency of decisions made and the safety of fire extinguishing participants. This work is intended for persons who make managerial decisions and manage forces and means when extinguishing fires in underground structures. The results of the study will be used to develop a model and algorithm for solving control problems when extinguishing fires in underground formations.

*Keywords:* fire, fire-extinguishing management, manager, decision for control dachas, fire and rescue units, underground structures, subways.

*Аннотация.* Проведен комплексный анализ условий и параметров управления пожаротушением в подземных сооружениях, организации взаимодействия и связи при управлении пожарно-спасательными подразделениями, анализ статистических сведений и параметров пожарной опасности подземных сооружений и параметров пожара в подземных сооружениях. По результатам анализа проведена идентификация граничных условий при принятии решений руководителем тушения пожара при ведении боевых действий по тушению пожара на подземных объектах. Рассмотрение количественных и качественных параметров сложившейся обстановки, и результатов комплексного анализа, проведенного в рамках данного исследования, позволило сформировать подход к анализу граничных условий и выработки управленческих альтернатив на основе проводимого руководителем тушения пожара анализа обстановки. Использование граничных условий при осуществлении управленческой деятельности руководителем тушения пожара на пожаре, при проведении анализа обстановки, позволит расширить набор управленческих альтернатив, направленных на повышение эффективности принимаемых решений и безопасность участников тушения пожара. Данная работа предназначена для лиц, принимающих управленческие решения и осуществляющих управление подразделениями и организацией взаимодействия со службами эксплуатации рассматриваемых сооружений и города при тушении пожаров в подземных сооружениях. Результаты исследования будут использоваться для разработки модели и алгоритма решения задач управления пожарно-спасательными подразделениями при ведении боевых действий по тушению пожаров в подземных сооружениях.

*Ключевые слова:* пожар, управление тушением пожара, руководитель, решение задач управления, пожарно-спасательные подразделения, подземные сооружения, метрополитены.

## Введение

**П**ринятие решений руководителем тушения пожара (далее — РТП), решение задач управления силами и средствами на пожаре является ответственным и напряженным видом деятельности в сложных (граничных) условиях, для которого необходим набор знаний, умений и навыков.

Исходя из анализа [1], наблюдается тенденция концентрации финансового капитала и повышение уровня потребления в крупных городах и урбанистических системах (систем взаимосвязанных городских поселений). Результатами роста экономической роли крупных городских поселений являются рост населения городов и колоссальное повышение стоимости земельных участков в городах, особенно в их центрах [2, с. 209], ко-

торые приводят к развитию транспортной инфраструктуры и увеличение количества таких сложных структур, как подземные сооружения. Соответственно необходимо создавать условия выполнения требований пожарной безопасности для рассматриваемых объектов, в числе прочего и в части, касающейся тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ.

Так, в Российской Федерации определены правовые, экономические и социальные основы и требования обеспечения пожарной безопасности [3], регулирующие отношения между органами государственной власти, органами местного самоуправления, общественными объединениями, юридическими лицами, должностными лицами, гражданами (физическими лицами), в том числе индивидуальными предпринимателями.

Актуальность исследуемого вопроса заключается в необходимости идентификации граничных условий и применении метода оценки опасности при тушении пожаров на данных объектах. Задача и цель состоят в идентификации и анализе опасностей, которые могут присутствовать во время тушения пожара и выборе необходимых альтернатив и применяемых мер для разработки оперативных мероприятий, направленных на обеспечение безопасности [4] при ведении действий пожарно-спасательными подразделениями на пожаре в подземных сооружениях.

В соответствии [5] при организации тушения пожаров с использованием средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения (далее — СИЗОД) в сложных условиях [6] (к которым относятся рассматриваемые объекты подземных сооружений) организуется наличие и работа повышенного количества сил и средств (организация разведки пожара с направлением для её проведения не менее двух звеньев газодымозащитной службы (далее — ГДЗС), создание поста безопасности (далее — ПБ), резервных звеньев ГДЗС эффективность и безопасность работы которых напрямую зависит от принятых РТП решений).

Представленный анализ (подход), с учетом специфики вида деятельности, позволит идентифицировать и выстроить образ ситуации, с принятием оптимального решения [7] адекватно текущим событиям. Таким образом, применение алгоритмов принятия решений в граничных условиях, позволит уравнивать альтернативы выбора для оптимального решения по тушению пожаров в крупных городах. Тушение пожаров в данной организационной системе позволит реализовать успешное достижение основной боевой задачи пожарно-спасательных подразделений [8] при тушении сложных пожаров [9].

## КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ

Комплексный анализ условий и параметров управления пожаротушением в подземных сооружениях, анализ статистических сведений и параметров пожарной опасности подземных сооружений предлагается рассмотреть на подземных сооружениях метрополитенов, как объединяющих в себе наибольшее количество типов подземных сооружений [10, с. 6–10].

Аналитический обзор данных об авариях и пожарах в железнодорожных (далее — ЖД) тоннелях и тоннелях метрополитенов, демонстрирует, что 49% всех аварий и инцидентов сопряжено с пожарами. Пожары занимают 45% от всего числа аварий, 27% — аварийное столкновение поездов, 9% рассматриваемых событий сопряжено с выходом из строя оборудования, 3% — столкновения с последующей реализацией сценария возникновения и развития пожара, 3% — аварии со взрывами, 1% — аварии, сопровождаемые возгоранием без дальнейшего распространения горения [11–13].

Анализ периода с 2007 по 2017 годы, акцентирует внимание на местах возникновения пожаров в транспортных подземных сооружениях. Такими явились: в 52% случаях — подземные сооружения и сопутствующее оборудование, в 48% — непосредственно подвижные составы.

Исходя из проведенного комплексного анализа данных об авариях выявлено, что большая часть пожаров происходит непосредственно в подземных помещениях: порядка 59% пожаров случаются в тоннелях, служебных и технических помещениях подземных сооружений. Пожары в тоннелях, характеризуются быстрым развитием критических значений опасных факторов пожара [14]. При этом осложняется спасение людей из тоннелей и движение звеньев ГДЗС в непригодной для дыхания среде (далее — НДС) [15, 16]. Также невозможно оперативное снятие напряжения вследствие особенностей эксплуатации электроустановок метрополитена и энергосистемы города. Сравнительно скоро может быть прекращена подача питания на контактный рельс (2–3 мин) [17].

В результате проведения крупномасштабного огневого эксперимента в тоннеле с вагонами типа «Х1» были получены термодинамические характеристики пожара, возникающего в тоннелях метрополитена [18]. Согласно проведенному комплексному анализу, предел огнестойкости конструкций [19] в случае может привести к изменению прочностных характеристик туннелей (Рис. 1), что является граничным условием.



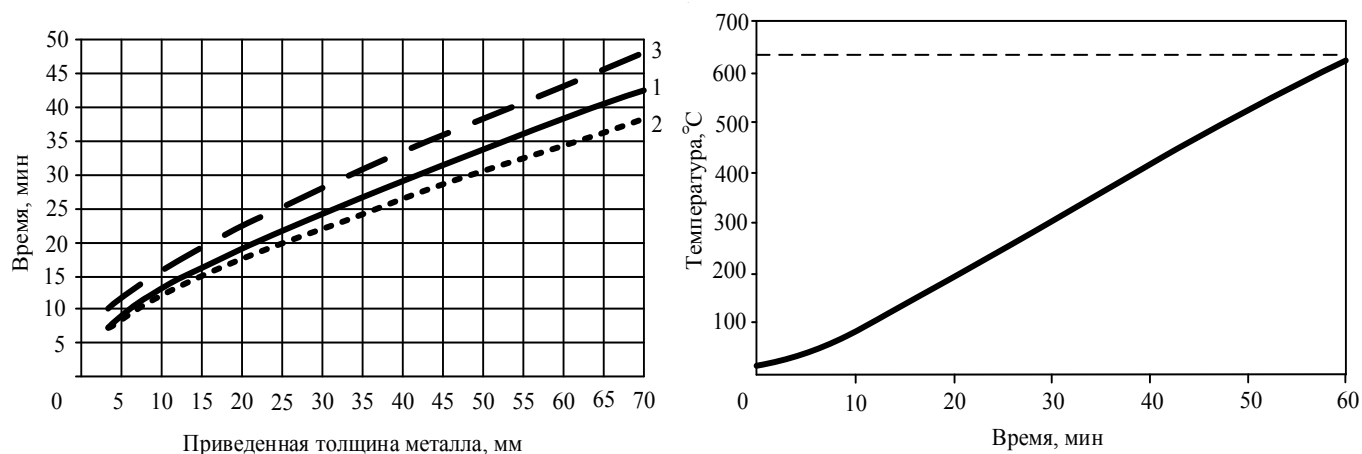


Рис. 1. Зависимость времени достижения критической температуры от приведенной толщины металла конструкции, где 1 — сталь при 500 °С, 2 — чугун при 500 °С, 3 — чугун при 636 °С и средней температуры тубинга от времени воздействия стандартного теплового режима пожара.

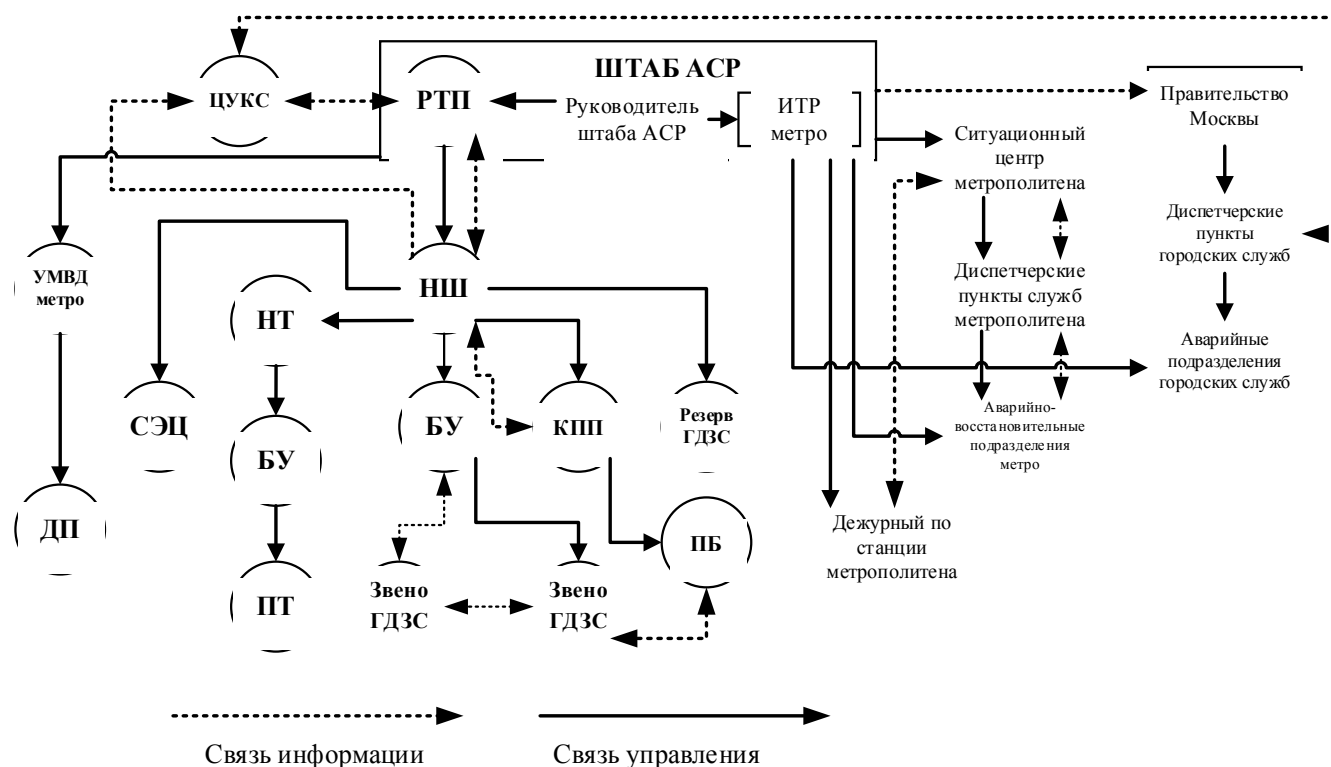


Рис. 2. Схема организации управления силами и средствами при тушении пожара с формированием штаба АСР, где НШ — начальник штаба пожаротушения, НТ — начальник тыла на пожаре, ИТР — инженерно-технические работники, БУ — боевые участки, КПП — контрольно-пропускной пункт ГДЗС, ПТ — пожарная техника и вооружение, ДП — дежурный полицейский, ЦУКС — центр управления в кризисных ситуациях МЧС России, АСР — аварийно-спасательные работы, СЭЦ — судебно-экспертный центр МЧС России.

На сегодняшний день, в современную структуру пожаротушения внедряются передовые технологии управления пожарно-спасательными подразделениями, в том числе и управление безопасностью участников тушения пожара [20]. Так, согласно исследованиям [21, 22], при тушении пожаров с использованием СИЗОД в сложных условиях, применимы вероятностные подходы, базирующиеся на теории принятия решений в условиях неопределенности и риска. Поэтому для организации качественного управления безопасными действиями газодымозащитников предложено осуществление постоянного мониторинга [23].

В работе [24] предложено получать плановые параметры безопасности работы звеньев ГДЗС, сравнивать с реальными значениями, полученными посредством мониторинга, что позволит лицу, принимавшему решение перебирать альтернативы в соответствии с заданными граничными условиями.

В работе [25] представлена модель постановки задачи информационной поддержки оперативных групп пожарно-спасательных гарнизонов при выполнении боевых задач на основе поиска обратных связей, что позволяет выработать рекомендации к разработке и применению документов предварительного планирования действий по тушению пожаров.

Выявленные аспекты подготовки газодымозащитников, в работах [26–28], позволяют принимать во внимание первоочередные навыки, необходимые для работы в НДС, в том числе и в граничных условиях. Уровень подготовки газодымозащитников и способности выполнять работу в экстремальных условиях, а также уровень подготовки к организации взаимодействия между пожарно-спасательными подразделениями и службами эксплуатации и города — являются граничными условиями.

Представим схему управления пожарными подразделениями (при проведении работ по тушению пожара с созданием штаба аварийно-спасательных работ (далее — АСР) (рис. 2).

Сооружения Московского метрополитена позволяют рассмотреть существующую структуру организации управления силами и средствами и обеспечения взаимодействия привлекаемых подразделений пожарно-спасательного гарнизона. При формировании штаба АСР, РТП является его членом и отвечает за спасение людей, тушение пожара и проведение специальных работ. Руководитель метрополитена или его заместитель руководит АСР [29]. В работе штаба АСР, также участвуют: начальник ведомственных пожарных подразделений, который является помощником начальника штаба

АСР, инженерно-технический персонал метрополитена, руководители подразделений аварийных служб города. Управление силами и средствами территориальных пожарно-спасательных формирований города Москвы осуществляет РТП [30]. Штаб АСР является руководящей единицей для всех формирований, участвующих в аварийно-спасательных работах и тушении пожар, так в систему организации управления пожарными подразделениями добавляются дополнительные переменные (обмен информацией, взаимодействие и управление подразделениями), создающие граничные условия, за счет сложности самой системы.

Временные показатели взаимодействия РТП, пожарных подразделений, дежурных служб города и эксплуатирующих организаций являются группой граничных условий, создающих внешнюю среду и определяющие количественные и качественные параметры сложившейся обстановки.

### Результаты комплексного анализа и их представление

Исходя из проведенного комплексного анализа условий, процесс выработки решения на пожаре реализуется управленческими альтернативами при тушении пожара в подземных сооружениях метрополитенов (и иных подземных сооружениях) и обуславливается граничными условиями. Данные граничные условия оказывают влияние на деятельность РТП, создавая определенную, уникально складывающуюся внешнюю среду на пожаре.

Для комплексного анализа обстановки и выбора альтернатив при управлении пожарными подразделениями РТП определим ряд граничных условий группой постоянных и переменных параметров.

#### 1. Группой постоянных параметров, определяемых:

- 1.1. Характеристиками сооружений и помещений, где возник и распространился пожар.
- 1.2. Конструктивными особенностями подземных сооружений.
- 1.3. Параметрами вентиляционных систем.
- 1.4. Характеристиками горючей нагрузки.
- 1.5. Параметрами пожарной автоматики, их наличием, отсутствием.
- 1.6. Характеристиками пожарно-спасательного гарнизона.
- 1.7. Оснащенностью пожарно-спасательных подразделений.
- 1.8. Другими постоянными параметрами.

#### 2. Группой переменных параметров, определяемых:

- 2.1. Местом возникновения пожара.

- 2.2. Сложившейся обстановкой на пожаре (условия причины пожара).
- 2.3. Наличием дополнительной аварийной ситуации (столкновение поездов, сход с рельс, поломки и т.д.).
- 2.4. Характеристиками воздушных потоков в тоннелях.
- 2.5. Температурой в зоне пожара и мощностью тепловых потоков.
- 2.6. Изменением прочностных характеристик туннелирования тоннеля.
- 2.7. Состоянием пожарной автоматики.
- 2.8. Площадью пожара и временем его свободного развития.
- 2.9. Количеством работающих звеньев ГДЗС.
- 2.10. Наличием пострадавших.
- 2.11. Типом СИЗОД.
- 2.12. Параметрами работы газодымозащитников в СИЗОД (и средства мониторинга их работы).
- 2.13. Качеством установленной связи на пожаре.
- 2.14. Уровнем подготовки персонала и прибывших подразделений пожарной охраны.
- 2.15. Качеством и слаженностью взаимодействия с дежурными службами города и эксплуатирующими организациями.
- 2.16. Типом, количеством и состоянием прибывшей к месту пожара техники.
- 2.17. Соответствием сведений в документах предварительного планирования.
- 2.18. Уровнем подготовки РТП.
- 2.19. Другими возникающими переменными параметрами.

Для идентификации и оценки дальнейших граничных условий пожаротушения РТП требуется наличие полной картины сложившейся текущей ситуации, в таком случае РТП сможет оценить требуемые ресурсы привлекаемых сил и средств и параметры локализации пожара [31]. Идентификацию предлагается осуществлять при помощи моделей, основанных на теории конечных цепей Маркова [32], где реализация каждого последующего события обусловлено состоянием, достигнутым в предыдущем событии, характеризующем свойством при фиксированном настоящем состоянии [33, 34].

### Формализация подхода

Рассмотрим данный подход для анализа граничных условий при пожаре в подземных сооружениях. Реализация альтернатив выбора управленческого решения напрямую зависит от сложившихся граничных условий при пожаре в подземных сооружениях. Представим сценарий, как функцию некоторой системы  $S$ , системы случайных переходов из состояния в состояние [35].

Данная случайная функция будет являться случайным процессом реализации набора вариантов возможных граничных условий при пожарах в подземных сооружениях по времени  $t$ . Если мы зафиксируем время от начала пожара  $t=t_0$ , то случайное состояние системы становится некоторой случайной величиной — одним из возможных сценариев развития пожара в подземных сооружениях, который может реализоваться в момент времени  $t_0$ .

Рассмотрим случайный процесс  $X(t)$  реализации граничных условий при пожаре в подземных сооружениях — значение которого является случайной величиной при любом значении аргумента  $t$ .  $X(t)$  является функцией двух аргументов: некоего события  $q$  и времени  $t$ .

$$X(t) = p(t, q), q \in M, t \in T, X(t) \in I,$$

где  $q$  — рассматриваемое событие,  $M$  — область данных событий,  $T$  — область возможных значений  $t$  функции  $X(t)$ ,  $I$  — множество значений, принимаемых  $X(t)$ .

Представим вероятность реализации  $i$ -го граничного условия из набора вариантов  $I(i)$  постоянных граничных условий при пожарах в подземных сооружениях и  $j$ -го граничного условия из набора  $I(j)$  вариантов переменных граничных условий.

Механизм, вызывающий изменение граничных условий при пожарах в подземных сооружениях описывается матрицей перехода  $P$  с элементами  $p_{ij}$ , где  $i, j \in I$ . Элемент  $p_{ij}$  равен вероятности, с которой система перейдет состояния  $i$  в состояние  $j$  за единицу времени. Таким образом  $p_{ij}$  — это условная вероятность того, что система будет находиться в состоянии  $j$  в следующий момент, при условии, что в данный момент она находится в состоянии  $i$ . Значит все элементы  $P$  неотрицательны, но не превышают 1, и сумма элементов в любой строке равна 1 [32]:

$$0 \leq p_{ij} \leq 1, i, j \in I,$$

$$\sum_{j \in I} p_{ij} = 1 \quad i \in I,$$

Соответственно опишем возможный набор альтернатив, как стохастическую матрицу  $P$ :

$$P = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & \dots & a_{1j} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & \dots & a_{2j} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} & \dots & a_{3j} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} & \dots & a_{4j} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & a_{i2} & a_{i2} & \dots & a_{ij} \end{bmatrix},$$

где  $a_{ij}$  — альтернатива из набора граничных условий, реализация которых возможна при развитии сценариев пожара в подземных сооружениях, которые были в  $i$ -й ( $j$ -й) группе граничных условий для  $t=1$ . Следовательно рассматриваемая система  $S$  примет значение:

$$S = \begin{bmatrix} A_{11}^1 & = & \sum_{i(j)} a_{i(j)1}^1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{n1}^1 & = & \sum_{i(j)} a_{i(j)n}^1 \end{bmatrix},$$

Однако, вопрос какими свойствами должен обладать базовый алгоритм выбора альтернативы, чтобы при его анализе и идентификации повысить качество решаемой основной задачи остается открытым. Обратимся к минимизации эмпирического риска в выборе альтернатив управленческого решения [36]. Классический принцип минимизации эмпирического риска [37] лежит в основе обучения систем для решения задач прогнозирования при тушении пожара по конечному набору оперативного управления в принятии опорных решений [38]. В задачах принятия опорных решений в зависимости от граничных условий (при управлении пожаротушением в подземных сооружениях) требуется найти неизвестный набор альтернатив для выбора  $Z_A = (Z_{A1}, \dots, Z_{An})$ , где с каждой  $n$ -й альтернативой сопряжены потери, которые вычисляются при помощи функции потерь  $f_n = (Z_A)$ . Для оценки риска определяется функция эмпирического риска  $ER(Z_A)$ , которая обычно определяется как среднее арифметическое от потерь, которые возникают для каждой альтернативы из набора граничных условий пожаротушения в подземных сооружениях:

$$ER(Z_A) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N f_n(Z_A^n), n = 1 \dots N,$$

При этом значения  $Z_A$  должны минимизировать функцию эмпирического риска:

$$ER(Z_A) = \min(Z_A^n),$$

Так как функция потерь принимается непрерывно дифференцируемой функцией, следовательно, для минимизации можно использовать любой из градиентных методов [38]. В эмпирическом распределении потерь в альтернативах выбора решений на основе анализа граничных условий на пожаре в подземных сооружениях возможно возникновение отклонений от «нормальных значений», в таком случае минимизация функции эмпирического риска может стать следствием искажению значений искомых параметров.

Решается проблема отклонений их идентификацией. При условии, что реализации сценария идентифи-

кации отклонения, возможно исключение их из набора внутри групп граничных условий на пожаре в подземных сооружениях. Для преодоления отклонений в условиях выбора управленческого решения необходимо решить задачу минимизации эмпирического риска, используя функцию влияния  $t(v)$ :

$$ER(z_A) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N t(f_n(Z_A^n)),$$

Как показано в [39], это позволяет избавиться, во многих случаях, от отклонений, что объясняется соотношением:

$$t(v + \Delta) - t(v) = t'(v)\Delta.$$

Таким образом для поиска  $Z_A^n$  необходимо применять градиентные методы или адаптировать существующие методы поиска в классической постановке выбора управленческих альтернатив в граничных условиях. На основе анализа граничных условий п действиях пожарно-спасательных подразделений при работе на пожаре в подземных сооружениях большой протяженности и площади получается процесс поиска цепочки управленческих альтернатив вида  $ER(z_A)$ , которая представляет исходную постановку задачи РТП, но уже, с учетом реализаций граничных условий.

### Заключение

Для осуществления совершенствования деятельности РТП по управлению силами с средствами, а также по организации взаимодействия со службами при тушении пожаров, выполнен комплексный анализ граничных условий в организационной системе пожаротушения при управлении функционированием пожарно-спасательных подразделений на пожаре (для всего спектра подземных сооружений большой протяженности и площади), по результатам которого представлены группы граничных условий.

Проведенный комплексный анализ полученных результатов, позволяет использовать полученные данные в основе многомерного анализа критериев управления пожаротушением в подземных сооружениях. Результаты исследования предлагается использовать для проведения анализа обстановки при ведении боевых действий по тушению пожара в сложных условиях, что позволит увеличить набор управленческих альтернатив, тем самым повысить эффективность принимаемых решений РТП и безопасность работающих в НДС звеньев ГДЗС, для ретроспективного анализа эффективности принятых решений при изучении и разборе действий РТП при тушении пожаров в подземных сооружениях большой

протяженности и площади и при разработке документов предварительного планирования [40] тушения пожаров, а также для внедрения в образовательный процесс учебных заведений МЧС России.

Граничные условия и идентификация их параметров необходимы в дальнейшем исследовании как критерий поддержки управления при тушении пожаров в слож-

ных условиях. Данное знание будет использовано при проведении дальнейших исследований, построении моделей и алгоритмов решения задач управления в организационных системах (в том числе таких как система пожаротушения), по отношению к поддержке управления пожарно-спасательными подразделениями и организации взаимодействия со службами организаций и города при тушении пожаров в подземных сооружениях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Метелева Е.Р. Выявление тенденций концентрации капитала на основе анализа урбанистических систем // Известия Иркутской государственной экономической академии. 2007. № 6. С. 5–9.
2. Энгельс Ф.К жилищному вопросу / К. Маркс и Ф. Энгельс Сочинения. Издание второе. Том 18. Государственное издательство политической литературы. М.: 1961. 809 с.
3. Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности», в редакции от 11.06.2021 г.
4. Аладина Е.А., Аникин С.Н., Данилов М.М., Денисов А.Н. Анализ выполнения основной задачи личным составом МЧС России в деятельности связанной с состоянием защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров // Актуальные проблемы комплексной безопасности в строительстве, тенденции развития в современных условиях: сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции. 2021. № 1. С. 10–15.
5. Приказ МЧС России от 09.01.2013 № 3 «Об утверждении Правил проведения личным составом федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы аварийно-спасательных работ при тушении пожаров с использованием средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения в непригодной для дыхания среде» (Зарегистрировано в Минюсте России 15.03.2013 № 27701).
6. Справочник основных терминов и определений в области гражданской обороны, защиты от чрезвычайных ситуаций, обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах. / М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). 2013 г. 275 с.
7. Данилова М.А., Данилов М.М., Денисов А.Н., Захаревский В.Б., Шилина А.Н. Модель оперативного управления в принятии опорных решений с учётом оптимальности // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2018. № 3. С. 94–101. DOI: 10.25257/FE.2018.3.94–101.
8. Приказ МЧС России от 16.10.2017 № 444 «Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ» (Зарегистрировано в Минюсте России 20.02.2018 № 50100).
9. Данилов М.М., Денисов А.Н., Еремин М.П., Королев П.С. Исследование расчета сил и средств при тушении ординарных пожаров. НИР. / М.: Академия ГПС МЧС России, 2019. 46 с.
10. Власов С.Н., Торгалов В.В., Виноградов Б.Н. Строительство метрополитенов. М.: Ордена «Знак Почета» издательство «ТРАНСПОРТ», 1987. 327 с.
11. Абашкин, А.А., Ушаков Д.В., Хасанов И.Р. Особенности пожарной опасности подземных сооружений метрополитенов // XXIX Международная научно-практическая конференция, посвященная 80-летию ФГБУ ВНИИПО МЧС России: Материалы конференции: В 2-х частях, Балашиха, 2017. С. 63–65.
12. Bergmeister K., Francesconi S. Causes and Frequency of Incidents in Tunnels / Project No.: GRD1–2001–40739, Brennero (TL). 2004. 20 p.
13. Беляцкий В.П. Анализ обстановки с пожарами в метрополитенах // Противопожарное нормирование на транспорте: сб. науч. тр. М.: ВНИИПО, 1995. С. 31–39.
14. Копылов Н.П., Хасанов И.Р., Сушкина Е.Ю. Экспериментальные и теоретические методы исследования пожарной опасности автотранспортных тоннелей // Основные направления развития инновационных технологий при строительстве тоннелей и освоении подземного пространства крупных мегаполисов: тр. Межд. науч. конф. М., 2010. С. 44–45.
15. Голиков А.Д., Агеев П.М. Основные параметры пожара подвижного состава в тоннеле метрополитена // Юбилейный сборник трудов ФГБУ ВНИИПО МЧС России. М.: ВНИИПО, 2012. С. 199–207.
16. Бондарев В.Ф., Лесков А.А. Определение интенсивности тепловыделения при пожаре подвижного состава метрополитена в тоннеле // Борьба с пожарами в метрополитенах: сб. науч. тр. М.: ВНИИПО, 1992. С. 62–70.
17. Агеев П.М., Савосько С.В., Маслаков М.Д. Особенности расчёта процесса эвакуации людей из подвижного состава метрополитена // Пожары и ЧС. 2016. № 3. С. 20–24.
18. Ingason H. The Metro Project. Final report. Research report 2012:8. / Sweden: Malardalen University. 2012. 118 p.
19. Голиков А.Д., Черкасов Е.Ю., Данилов А.И., Сиваков И.А. Предел огнестойкости конструкций чугунных тоннельных обделок метрополитена без огнезащитных покрытий // Пожаровзрывобезопасность. 2014. Спецвыпуск. С. 45–52.
20. Хасанов, И.Р., Ушаков Д.В., Абашкин А.А. Пожары в подземных сооружениях метрополитенов // Пожарная безопасность. 2016. № 4. С. 166–174.
21. Гринченко Б.Б. Вероятностная оценка необходимого запаса воздуха в дыхательных аппаратах при работе на пожаре // Технологии техносферной безопасности. 2017. № 4(74). С. 155–162.
22. Стрілець В.М. Бородич П.Ю., Росоха–Харків С.В. Закономірності діяльності рятувальників при проведенні аварійно-рятувальних робіт на станціях метрополітену: монографія / М.: НУЦЗХ, КП «Міська друкарня». 2012. 119 с.

23. Шалявин Д.Н., Тараканов Д.В., Гринченко Б.Б. Алгоритм информационной поддержки управления безопасностью участников тушения пожара при работе в непригодной для дыхания среде на объектах энергетики // Современные проблемы гражданской защиты. 2020. № 3 (36). С. 53–61.
24. Шавков В.В., Шидловский А.Л. Исследование поддержки управления безопасностью участников тушения пожаров // Вестник науки. 2021. № 10 (43). С. 75–82.
25. Рожкова Н.В., Страхолис А.А. Математическая модель информационной поддержки оперативных групп пожарно-спасательного гарнизона // Т-Comm. 2021. № 1. С. 19–27.
26. Ковалев П.А. Совершенствование управленческих решений при ликвидации пожаров в метрополитене // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2012. № 1. С. 128–129.
27. Батюшев В.М., Бикулов А.В., Легенький К.В. Особые условия выполнения профессиональных обязанностей газодымозащитников // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2016. № 1 (7). С. 371–373.
28. Власов К.С., Данилов М.М., Еремин М.П., Королев П.С., Пилипчук С.В., Фомин С.С. Воздействие опасных факторов пожара на звенья газодымозащитной службы при проведении боевых действий по тушению пожара // Комплексные проблемы техносферной безопасности. Кампания «Мой город готовится»: задачи, проблемы, перспективы: сборник статей по материалам XVI Международной научно-практической конференции. В.: Воронежский государственный технический университет. 2020. С. 71–75.
29. Соглашение о порядке взаимодействия и обмена информацией между Главным управлением МЧС России по г. Москве и ГУП «Московский 97 метрополитен», подписанное начальником Главного управления МЧС России по г. Москве и начальником ГУП «Московский метрополитен».
30. Стрелец В.М., Бородич П.Ю. Анализ типовых операций, обеспечивающих функционирование эргатической системы «Спасатель чрезвычайная ситуация в метрополитене средства ее ликвидации и защиты» // ВЕЖПТ. 2008. № 4 С. 33–35.
31. Григорьев А.Н., Подгрушный А.В. Тактические приёмы и способы тушения пожаров в кабельных коллекторах для инженерных коммуникаций оперативными подразделениями пожарной охраны // Пожары и ЧС. 2009. № 1. С. 75–82.
32. Марков А.А. Распространение закона больших чисел на величины, зависящие друг от друга // Известия физико-математического общества при Казанском университете. 1906. 2-я серия. Т. 15. С. 135–156.
33. Кельберт М.Я., Сухов Ю.М. Вероятность и статистика в примерах и задачах. Т. II: Марковские цепи как отправная точка теории случайных процессов и их приложения. М.: МЦНМО, 2010. 295 с.
34. Зайцев И.Д. Верификация мультиагентных систем с помощью цепей Маркова: оценка вероятности нахождения агентами оптимального решения // Программные продукты и системы. 2013. № 4. С. 15.
35. Вентцель, Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения: учебное пособие для студентов высших технических учебных заведений / 5-е изд., стер. — М.: КноРус, 2011. 441 с.
36. Гуз И.С. Минимизация эмпирического риска при построении монотонных композиций классификаторов // Труды МФТИ. 2011. № 3. С. 105–111.
37. Vapnik V. The nature of statistical learning theory / Information science and statistics. NY: Springer-Verlag. 2000. 314 с.
38. Гилл Ф., Мюррей У., Райт М. Практическая оптимизация. М.: Мир, 1985. 509 с.
39. Аникин, С.Н., Данилов М.М., Денисов А.Н. Управление альтернативами выбора принятия опорных решений в тактике тушения пожаров // Computational Nanotechnology. 2020. Т. 7. № 4. С. 39–47. DOI 10.33693/2313–223X-2020–7–4–39–47.
40. Приказ МЧС России от 25.10.2017 № 467 «Об утверждении Положения о пожарно-спасательных гарнизонах» (Зарегистрировано в Минюсте России 09.02.2018 № 49998).

© Королев Павел Сергеевич ( pavelpavel2415@mail.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ИССЛЕДОВАНИЕ РЕСУРСОЕМКОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

## RESEARCH OF RESOURCE INTENSITY OF AUTOMATED TESTING IN SOFTWARE DEVELOPMENT

**B. Latypov  
T. Ziyazetdinov  
A. Mukhetdinov**

*Summary.* This article describes the advantage of using automated testing to improve quality and reduce risks in software development. Particular attention is paid to the resource intensity of the use of automated testing in development. The methodology of the automated testing life cycle is considered. The characteristic features of automation of software product quality analysis processes are highlighted and described. As a research component, the authors assessed the resource intensity of testing processes and improved indicators when using tools for automated software testing and reporting. The authors of this article seek to trace the decision-making process on the implementation of automation on the project with a further choice of tools and the scope of their application. Based on the analysis of the time spent by a specialist in the field of testing, it is established that automated testing saves the company's resources and allows re-checking the software with minimal effort, which significantly reduces the time compared to manual testing and helps to reduce the number of human errors. This direction is also supplemented by the consideration of the use of various tools for automating various kinds of testing directions on the example of developing a web application.

*Keywords:* development, testing, software, information technology, automation.

**Латыпов Булат Фиделевич**

Уфимский государственный нефтяной технический  
университет, Уфа  
linksmtv@gmail.com

**Зиязетдинов Тимур Рифович**

Уфимский государственный нефтяной технический  
университет, Уфа  
ziyazetdinov.timur@gmail.com

**Мухетдинов Амир Русланович**

Уфимский государственный нефтяной технический  
университет, Уфа  
amir.muhetdinov@yandex.ru

*Аннотация.* В данной статье описывается преимущество использования автоматизированного тестирования для улучшения качества и уменьшения рисков при разработке программного обеспечения. Особое внимание уделяется ресурсоемкости применения автоматизированного тестирования при разработке. Рассматривается методология жизненного цикла автоматизированного тестирования. Выделяются и описываются характерные особенности автоматизации процессов анализа качества программного продукта. В качестве исследовательской составляющей авторами была проведена оценка ресурсоемкости процессов тестирования и улучшения показателей при использовании инструментов для автоматизированного тестирования программного обеспечения и предоставления отчетности. Авторы данной статьи стремятся проследить процесс принятия решения о внедрении автоматизации на проекте с дальнейшим выбором инструментов и областью их применения. На основании анализа затрат рабочего времени специалиста в области тестирования устанавливается, что автоматизированное тестирование экономит ресурсы компании и позволяет с минимальными усилиями повторно проверять программное обеспечение, что значительно сокращает время по сравнению с проведением ручного тестирования и способствует уменьшению количества ошибок со стороны человека. Данное направление дополняется также рассмотрением использования различных инструментов для автоматизации разного рода направлений тестирования на примере разработки веб-приложения.

*Ключевые слова:* разработка, тестирование, программное обеспечение, информационные технологии, автоматизация.

## Введение

**В** современных реалиях разработки программного обеспечения люди сталкиваются с недостатком времени и ресурсов при тестировании продукта.

Для достижения быстрой и качественной проверки ПО применяют автоматизированное тестирование.

Автоматизированное тестирование — это метод тестирования программного обеспечения, который выполняется с использованием специальных программных средств, которые, в свою очередь, необходимы для выполнения набора тестовых сценариев.

В данной статье авторы описывают не только процесс внедрения автотестирования на проекте, но и на примере создания тестового сценария сравнивают ресурсоемкость ручного и автоматизированного методов проверки качества разрабатываемого программного обеспечения.

### Методология автоматизированного тестирования

Жизненный цикл автоматизированного тестирования описывает этапы создания и применения данного подхода в ИТ-проекте (рис. 1).

Первым пунктом жизненного цикла идет принятие решения об использовании на проекте автоматизированного тестирования. Для этого нужно понять какие преимущества дадут изменения, поддержит ли руководство и обязательно уточнить навыки внедрения автоматизированного тестирования у действующей команды инженеров качества [1].

После анализа и принятия решения о внедрении автоматизированного тестирования, стоит определить какие сферы тестирования требуются для покрытия и какими инструментами будет достигаться.

Выбор инструмента для тестирования зависит от технологий, на которых разрабатывается продукт, для этого требуется оценить масштаб и цели проекта.

Вам нужно составить список функциональности и соответствующих требований к автоматизации.

К примеру, ваше приложение должно быть совместимо с разными браузерами, есть готовый функционал, использующий базы данных, либо у вас уже есть тестовые сценарии, разработанные вашими специалистами по тестированию, либо в приложении требуется автоматизация API.

Для начала нужно определить платформу, для автоматизации сценариев из «регрессионных», «дымовых» тест-планов, для этих целей могут подойти такие инструменты как Selenium, Appium, Robotium, для нагрузочного тестирования — «JMeter», для автоматизации API — Postman.

После того, как вы выбрали фреймворки и инструменты для автоматизированного тестирования, стоит оценить стоимость внедрения в ваш проект данного новшества, возможность использования бесплатного или проприетарных фреймворков.

Основным документом на 3 этапе жизненного цикла является PoC — “Proof of concept”, с помощью которого доказывается осуществимость внедрения на практике. В нем описывается какой будет фреймворк в проекте, его доступность, соответствие требованиям и гибкость.

Данный документ помогает увидеть риски используемых инструментов, а также предотвратить возможное недопонимание среди команды.

Следующим этапом является планирование, проектирование и разработка. На данном этапе команде тестирования требуется создать стратегию и план для автоматизации, а также определить элементы входящие и выходящие в рамках автоматизации.

Как правило, автоматизируют основной функционал разрабатываемого продукта, входящий в «регрессионный», «дымовой» и «интеграционный» тест-планы, так как они занимают огромное количество времени для проверки [2]. Так же для нагрузочного и производительного тестирования нет альтернатив в виде ручной проверки. Базовый функционал — «дымовые тесты», самый простой и относительно легко реализуемый в автоматизации тест, который может протестировать базовый функционал или доступность API.

Пятым этапом жизненного цикла является выполнение теста. На данном этапе выполняются сценарии автоматизации и предоставляются подробные отчеты об испытаниях. Инструменты, используемые для отчетности: Junit, Allure.

На этапе оценки и совершенствовании следует оценить проделанную работу, используя метрики и такие показатели как:

- ◆ процент обнаруженных дефектов;
- ◆ улучшение производительности;
- ◆ затраченное время для тестирования продукта.

### Цель исследования

Провести сравнительный анализ применения двух подходов к тестированию, и выяснить какой из методов является наиболее ресурсоемким.





Рис. 1. Методология жизненного цикла автоматизированного тестирования

## Материалы и методы исследования

Авторами был составлен тест-кейс (табл. 1), затрагивающий область авторизации и заказа продукта в web-приложении [3].

На основе данного тест-кейса был составлен автоматизированный тест с использованием таких инструментов как: Selenium, NUnit, Specflow, Gherkin. Specflow и Gherkin позволяют описывать сложнейшие методы на доступном для бизнеса и других членов команды языке, в нашем случае на русском. Также для написания методов был использован язык программирования C# и IDE Rider (рис. 2).

Составленный отчет по прохождению автоматизированного теста представлен на рисунке 3.

## Результаты исследования и их обсуждение

После сравнения методов ручного и автоматизированного тестирования на примере оформления заказа в онлайн-магазине мы получили результаты, указанные в таблице 2.

Каждый день тестировщик сталкивается с релизом нового функционала, который нужно проверить и убедиться, что он не повлиял на основные функции системы. Поэтому при проверке новой версии программы, тестировщиком должно проводиться дымовое тестирование системы, которое включает в себя около 15 тест-кейсов, на прохождение которых уходит в среднем по 2 минуты. Дымовые тесты являются важной частью регрессионных тест-кейсов, так что задача команды инженеров качества заключается в быстрой проверке работоспособности и стабильности программного обеспечения в целом.

Автоматизированные тесты позволяют тестировщику существенно уменьшить временные затраты на прохождение проверки. Исходя из вышенаписанного, тестировщику требуется тратить порядка 30 минут на проверку стенда в день, когда автоматизированные тесты не требуют временных затрат.

Так же стоит упомянуть и о регрессионном тестировании продукта, которое как правило, в зрелых командах, проходит два раза в месяц. Регрессионный тест-план содержит большое количество тест-кейсов, в больших проектах он может достигать значения порядка 1000, но примем, что в нашем проекте тестиров-

Таблица 1. Тест-кейс

№	Шаги	Ожидаемый результат
1	Войти на сайт	Отображается главная страница сайта
2	Ввести в поле поиска «Детектив»	В поле поиска отображается введенный поисковый запрос
3	Нажать кнопку «Поиск»	1. Отображается вкладка поиска 2. На вкладке поиска отображаются карточки книг соответствующих поисковому запросу
4	Нажать на первую карточку книги	Отображается страница выбранной книги с описанием и ценой
5	Нажать кнопку «Купить»	На месте кнопки «Купить» отображается кнопка «Оформить заказ»
6	Нажать кнопку «Оформить заказ»	1. Отображается вкладка корзины 2. На вкладке корзины отображается количество товаров и общая стоимость заказа в корзине
7	Нажать кнопку «Оформить заказ»	Отображается модальное окно авторизации
8	В поле Логин ввести «Linksmtv@gmail.com»	В поле Логин отображается введенный логин
9	В поле Пароль ввести «123444321b»	В поле Пароль отображается введенный пароль в зашифрованном виде
10	Нажать кнопку «Войти»	1. Модальное окно авторизации закрывается 2. В правом углу на месте кнопки «Войти» отображается имя пользователя 3. Открывается вкладка Оформления заказа
11	Выбрать способ доставки «Магазины сети»	Под пунктом «Магазины сети» отображается выпадающая вкладка с картой магазинов города
12	Выбрать магазин	Отображается выпадающий список адресов магазинов
13	Выбрать магазин и нажать «Заберу отсюда»	1. Выпадающая вкладка Способа доставки закрывается 2. Раскрывается выпадающая вкладка Оплаты
14	Выбрать «Оплата при получении заказа»	1. Чек-бокс «Оплата при получении заказа» становится активным 2. Активируется кнопка «Указать контактные данные»
15	Нажать кнопку «Указать контактные данные»	1. Вкладка Оплаты закрывается 2. Раскрывается выпадающая вкладка «Контактные данные»
16	Ввести контактные данные	1. Контактные данные отображаются в соответствующих полях 2. Активируется кнопка «Подтвердить данные»
17	Нажать кнопку «Подтвердить данные»	1. Выпадающая вкладка «Контактные данные» закрывается 2. Раскрывается выпадающая вкладка «Подтверждение» 3. Во вкладке Подтверждение отображается информация по заказу: название и количество книг, цена и итоговая стоимость заказа
18	Нажать «Завершить оформление заказа»	1. Вкладка оформления заказа закрывается 2. Отображается окно принятия заказа 3. В окне принятия заказа отображается номер заказа и ожидаемая дата доставки

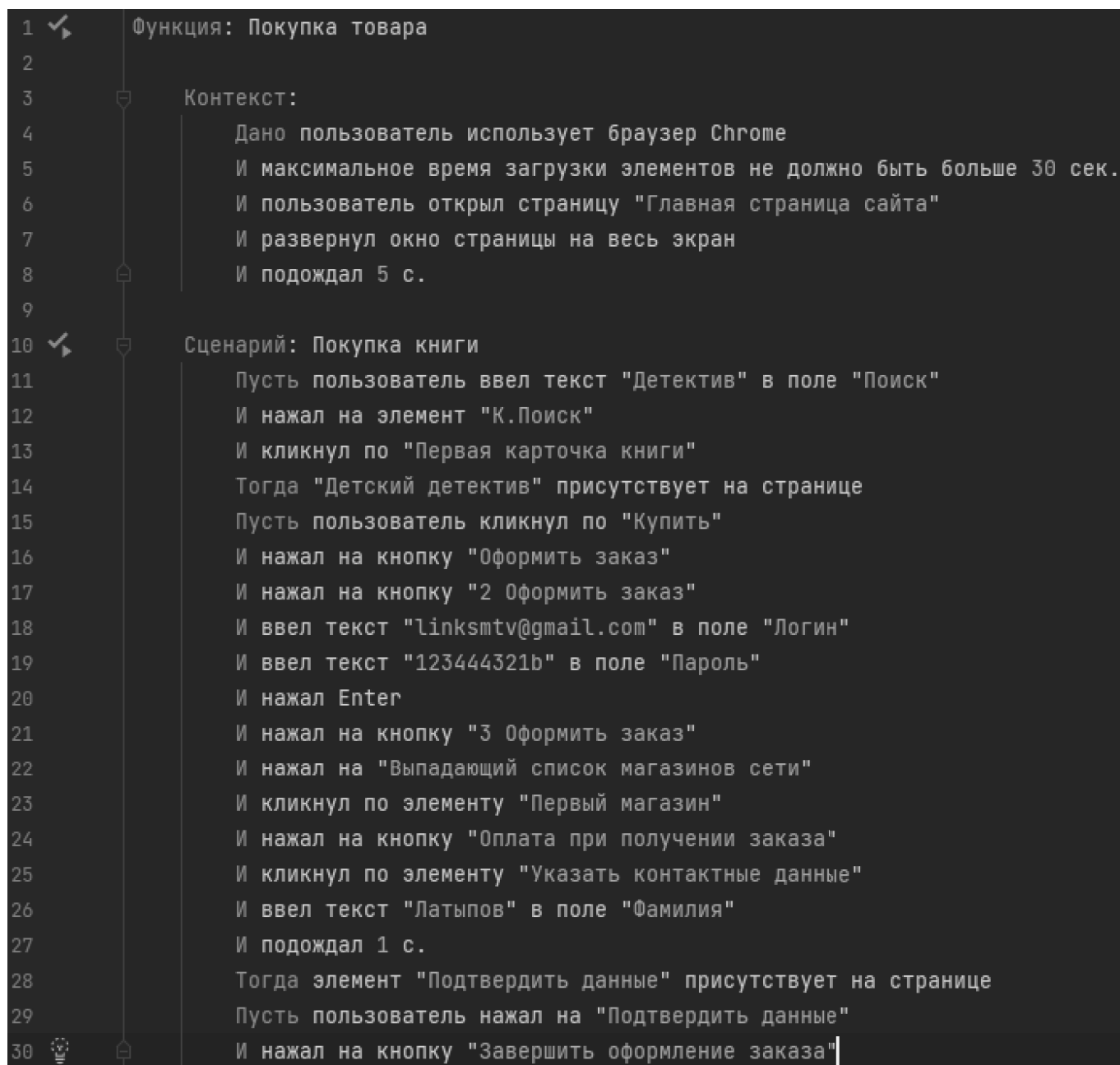


Рис. 2. Автоматизированный тест

щик делает 100 проверок, из которых возможно и целесообразно автоматизировать порядка 80 тестов.

Исходя из вышенаписанного тестировщик должен проводить дымовое и регрессионное тестирование ПО, временные затраты на которые за период одного месяца приведены в таблице 3.

Исходя из выполненных расчетов, мы видим, что в нашем случае, автоматизируя процесс тестирования, удастся достичь оптимизации трудозатрат инженера

качества для дымового тестирования уже за месяц, а регрессионного спустя 8 месяцев.

Из других преимуществ внедрения автотестирования можно отметить, что по данным портала по поиску работы SuperJob зарплата тестировщика во многих компаниях достигает и даже превышает 100 тысяч рублей [4]. При этом средний доход в России в 2022 году по данным Lenta.ru составляет 56,5 тысяч [5]. Исходя из этого, профессию тестировщика можно смело отнести к высококвалифицированной и как следствие

```

Дано пользователь использует браузер Chrome
-> done: WebDriver.Chrome(2, 6s)
И максимальное время загрузки элементов не должно быть больше 30 сек.
-> done: WebDriver.Timeout(30) (0, 0s)
И пользователь открыл страницу "Главная страница сайта"
Open page:
-> done: PageNavigationActions.OpenPage("Главная страница ...") (6, 7s)
И развернул окно страницы на весь экран
-> done: PageNavigationActions.MaximizePageWindow() (0, 2s)
И подошел 5 с.
-> done: WebGeneralActions.WaitForFewSeconds(5) (5, 0s)
Пусть пользователь ввел текст "Детектив" в поле "Поиск"
-> done: WebElementActions.SetTextToInput("Детектив", "Поиск") (4, 1s)
И нажал на элемент "К. Поиск"
Кликнул по элементу //i[@class='chp-icon chp-icon-search']
-> done: WebElementActions.ClickByElement("К. Поиск") (4, 1s)
И кликнул по "Первая карточка книга"
Кликнул по элементу //div[contains(text(), 'Хулиганский детектив: лесные истории')]
-> done: WebElementActions.ClickByElement("Первая карточка к...") (4, 2s)
Тогда "Детский детектив" присутствует на странице
Пусть пользователь кликнул по "Купить"
Кликнул по элементу //button[@class='button product-product-action js__product_card_button js__button-detail']
-> done: WebElementActions.ClickByElement("Оформить заказ") (4, 2s)
И нажал на кнопку "2 Оформить заказ"
Кликнул по элементу //button[@class='btn basket__btn-buy go-to-order js__go-to-order']
И ввел текст "linksmnt@gmail.com" в поле "логин"
-> done: WebElementActions.SetTextToInput("linksmnt@gmail.com", "логин") (0, 4s)
И ввел текст "123464321b" в поле "пароль"
-> done: WebElementActions.SetTextToInput("123464321b", "пароль") (0, 1s)
И нажал Enter
-> done: WebElementActions.PressEnter() (0, 0s)
И нажал на кнопку "3 Оформить заказ"
Кликнул по элементу //button[contains(text(), 'Оформить заказ')]
-> done: WebElementActions.ClickByElement("3 Оформить заказ") (4, 1s)
И нажал на "Выпадающий список магазинов сети"
Кликнул по элементу //div[@class='js__shop_delivery_type']//div[@class='map-view__container-content']//div[1]//div[1]//div[1]//img[1]
-> done: WebElementActions.ClickByElement("Выпадающий список...") (4, 9s)
И кликнул по элементу "Первый магазин"
Кликнул по элементу //body/div[contains(@class, 'page-map')]//main[@class='main']/div[@id='order-page']/form[@id='order-form']/div[@class='order-form js__step-content_delivery']/div[@class='js__delivery_types_mapper']/div[@class='js__shop_delivery_type']/fieldset[@class='fieldset fieldset_hidden']/div[@class='map']/div[@id='map-index-8']/div[@class='map-view__container-content']/div[@class='delivery_mapper js__delivery_mapper']/div[@class='shop js__shop js__delivery_type']/div[@class='shop-list js__shop-list_clearfix shop-list_active']/div[@class='shop-list_viewport js__shop-list_viewport']/div[1]/div[1]/div[1]/div[1]/div[1]
-> done: WebElementActions.ClickByElement("Первый магазин") (0, 2s)
И нажал на кнопку "оплата при получении заказа"
Кликнул по элементу //span[contains(text(), 'Оплата при получении заказа')]
-> done: WebElementActions.ClickByElement("Оплата при получе...") (4, 4s)
И кликнул по элементу "Указать контактные данные"
Кликнул по элементу //div[@class='btn_large js__complete_step']
-> done: WebElementActions.ClickByElement("Указать контактные...") (0, 1s)
И ввел текст "Латыпов" в поле "фамилия"
-> done: WebElementActions.SetTextToInput("Латыпов", "фамилия") (0, 3s)
И подождал 1 с.
-> done: WebGeneralActions.WaitForFewSeconds(1) (1, 0s)
Тогда элемент "Подтвердить данные" присутствует на странице
-> done: WebElementCoreActions.ElementExistsInPage("Подтвердить данные") (0, 0s)
Пусть пользователь нажал на "Подтвердить данные"
Кликнул по элементу //div[contains(text(), 'Подтвердить данные')]
-> done: WebElementActions.ClickByElement("Подтвердить данные") (0, 1s)
И нажал на кнопку "завершить оформление заказа"
Кликнул по элементу //div[@class='btn_large js__step-send_proof js__complete_step']
-> done: WebElementActions.ClickByElement("Завершить оформле...") (8, 4s)
-> done: WebGeneralActions.WaitForFewSeconds(10) (10, 0s)
Закреть браузер
    
```

Рис. 3. Составленный отчет Allure прохождения автотеста

Таблица 2. Сравнение результатов затраченного времени на ручное и автоматизированное тестирование

	Ручное тестирование	Автотестирование
Временные затраты на написание одного тест-кейса	30 минут	30 минут
Временные затраты на составление одного автотеста	–	30 минут
Средние временные затраты на прохождение одного тест-кейса	2 минуты	

Таблица 3. Сравнение трудозатрат тестировщика при ручном и автоматизированном тестировании на дистанции одного месяца

	Ручное тестирование	Автотестирование
Временные затраты на написание 15 тест-кейсов (дымовое тестирование)	450 минут	450 минут
Временные затраты на составление 15 автотестов (дымовое тестирование)	–	450 минут
Временные затраты на прохождение тест-кейсов в рамках дымового тестирования (примем 22 рабочих дня за месяц)	$2 \text{ минуты} * 15 * 22 = 660 \text{ минут}$	–
Временные затраты на написание 80 тест-кейсов (регрессионное тестирование)	2400 минут	2400 минут
Временные затраты на составление 80 автотестов (регрессионное тестирование)	–	2400 минут
Временные затраты на прохождение тест-кейсов в рамках регрессионного тестирования (два раза в месяц)	$2 \text{ минуты} * 80 * 2 = 320 \text{ минут}$	–

высокооплачиваемой, так что тратить ресурсы такого специалиста на регулярное прохождение тестов в рамках проведения регресса является нецелесообразным для руководителя ИТ-команды. Именно поэтому в высокотехнологичных современных компаниях, следующим принципам бережливого производства, и внедряется методика применения автотестирования, а освободившиеся людские ресурсы занимаются более высокотехнологичными операциями, а не рутинной, которая поддается автоматизации [6].

## Заключение

Применение метода автоматизированного тестирования позволяет ускорить процесс проверки качества разработанного функционала, путем использования вычислительных ресурсов специализированных программ, благодаря чему специалист по тестированию получает возможность переключиться на более приоритетные задачи проекта, например, написание новых тест-кейсов, корректировка тест-плана, проверка нового функционала.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматизированное тестирование программного обеспечения. Внедрение, управление и эксплуатация / Элфрид Дастин, Джефф Рэшка, Джон Пол — Лори — Москва, 2003. — 592 с.
2. Daniel Galin, "Software Testing," in Software Quality: Concepts and Practice, IEEE, 2018, pp.255–317, doi: 10.1002/9781119134527.ch14.
3. Тестирование программного обеспечения. Базовый курс / С.С. Куликов. — 3-е изд. — Минск: Четыре четверти, 2015–2020. — 312 с.
4. Вакансия: Тестировщик [Электронный ресурс]. URL: <https://russia.superjob.ru/vakansii/testirovschik.html> (дата обращения 19.06.2022)
5. Названа средняя зарплата в России. [Электронный ресурс]. URL: <https://lenta.ru/news/2022/04/26/sred/> (дата обращения 19.06.2022)
6. Agile-тестирование. Обучающий курс для всей команды / Джанет Грегори, Лайза Криппин — Манн, Иванов и Фербер — Москва, 2019. — 530 с.

© Латыпов Булат Фиделевич ( [linksmtv@gmail.com](mailto:linksmtv@gmail.com) ),

Зиязетдинов Тимур Рифович ( [ziyazetdinov.timur@gmail.com](mailto:ziyazetdinov.timur@gmail.com) ), Мухетдинов Амир Русланович ( [amir.muhetdinov@yandex.ru](mailto:amir.muhetdinov@yandex.ru) ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МОРСКИХ СУДОВ

**Меджидов Заур Уруджалиевич**

К.э.н

Дагестанский государственный университет  
народного хозяйства»  
zaur-medzhidov@mail.ru

### INCREASING THE EFFICIENCY OF PROTECTION OF THE CONTROL SYSTEM OF SEA VESSELS

**Z. Medzhidov**

*Summary.* Rapid globalization has led to the emergence of the most advanced trading networks with large and fast ships, robotic ports and extensive computer databases to track shipments. Marine vessels are increasingly using systems that rely on digitization, integration and automation, which require on-board cyber risk management. The purpose of the study: to analyze the current state of the information security market in marine vessels, on the basis of which to determine the promising directions of their development. The results of the study include the fact that cyber standards and measures for managing cyber risks in various countries are systematized, violators of the information security of ships are identified.

*Keywords:* information security, information security, ships, cybersecurity.

*Аннотация.* Стремительная глобализация привела к появлению самых передовых торговых сетей с большими и быстрыми судами, портами, управляемыми роботами, и обширными компьютерными базами данных, позволяющими отслеживать грузы. Морские суда все чаще используют системы, которые полагаются на оцифровку, интеграцию и автоматизацию, что требует управления киберрисками на борту. Цель исследования: проанализировать текущее состояние рынка защиты информации в морских судах на основе чего определить перспективные направления их развития. К результатам исследования следует отнести то, что систематизированы киберстандарты и меры по управлению киберрисками в различных странах, определены нарушители информационной безопасности морских судов.

*Ключевые слова:* информационная безопасность, защита информации, морские суда, кибербезопасность.

### Введение

Сегодня около 80% международной торговли осуществляется морским транспортом [1]. По сути, морской транспорт является лидирующим перевозчиком на международных линиях.

В силу того, что информационные технологии на борту судов постоянно развиваются, объединяются в сеть и все чаще связаны с Интернетом, повышается риск несанкционированного доступа или вредоносных атак на системы и сети судов. Это становится новой проблемой для морских операций [2]. При чем, такие угрозы могут появиться и в кибернетических системах, доступных персоналу, находящемуся на тот момент на борту, например, путём внедрения вредоносного программного обеспечения на съёмных носителях. Последствия неготовности к таким киберинцидентам могут быть значительными, носить экологический и коммерческий смысл.

По данным портала «Морские вести России» «в период с сентября 2020 года по октябрь 2021 г. подверглись кибератакам итальянское классификационное общество RINA, французская контейнерная судоходная

компания CMA CGM, британская паромная компания Red Funnel, норвежская круизная компания Hurtigruten, оператор паромной переправы Steamship Authority в Массачусетсе, флагманский контейнерный перевозчик Южной Кореи HMM и японская судоходная компания KawasakiKisenKaisha, известная как «K» Line, не названные иранский и индийский порты, а также речной порт Кенневик в штате Вашингтон, США» [3].

Кроме того, в последние годы от действий киберпреступников пострадали:

- ◆ 17 из 76 грузовых терминалов компании Maersk (Дания);
- ◆ порты Барселоны (Испания) и Сан-Диего (США);
- ◆ терминал Шахид Раджаи (Иран);
- ◆ логистическая группа компаний Toll Group (Австралия);
- ◆ крупнейшая судоходная контейнерная компания MediterraneanShipping (Италия-Швейцария);
- ◆ зашифрованы приблизительно 370 (20%) рабочих станций и 20 (10%) серверов компании Anglo-Eastern (Гонконг).

С целью выработки конкретных мер по управлению киберрисками, Международная морская организация

выпускает «Руководство по кибербезопасности на судах». В документе содержатся «практические рекомендации по проектированию, изготовлению, обслуживанию и проведению испытаний судовых компьютеризированных систем, а также рекомендации, применимые к системам управления безопасностью» [4].

Тем не менее, в процессе сегодняшней гонки за повышением технологичности морских грузоперевозок всё так же на низком уровне остаётся вопрос обеспечения информационной безопасности на морском транспорте. Поэтому степень важности темы не требует доказательства и обусловлена тем неопровержимым фактом, что с ростом информатизации мореходства, как и любой отрасли, повышается и риск угроз подтверждения атак, в частности кибератакам.

Вопросами изучения различных мер противодействия киберугрозам в морских судах посвящены труды ряда зарубежных ученых-практиков.

Группа ученых (K. Tam, K. Jones, M. Papadaki) занимаются исследованием возможных кибератак на морские системы для навигации, движения и функций, связанных с грузом. Авторы иллюстрируют потенциальную серьезность проблемы, предоставляя несколько сценариев, демонстрирующих возможные атаки после того, как судно было скомпрометировано, и их сопутствующие последствия [5].

Другие ученые (I. Ashraf, S. Hur, Y. Park, Sung Won Kim) проводят обзор киберугроз в морской отрасли с поддержкой Интернета вещей, современных систем безопасности для судов, а также датчиков и устройств, используемых на современных кораблях. Кроме того, обсуждаются методы оценки рисков для определения потенциальной угрозы и степень серьезности, а также схемы и механизмы снижения киберрисков [6].

Иные ученые (D. Heering, O. Maennel, A. Venables) рассматривают вопросы с повышением компетенций в области кибербезопасности морского персонала. По их мнению: «Моряки должны быть готовы справиться с растущим числом киберугроз на борту судов, при этом осведомленность о кибербезопасности играет важную роль в управлении чрезвычайными ситуациями и кризисами. К сожалению, текущие программы морского образования и обучения не предоставляют морякам достаточно информации о кибербезопасности, чтобы они могли выявлять и нивелировать ущерб от киберугроз» [7].

Рассматриваемая нами тема исследования также носит предметный характер и в работах отечественных ученых, экспертов.

Семёнов С.А. в своем исследовании проводит аудит нормативного правового регулирования морской кибербезопасности в РФ, рассматривает международные и российские источники права. «На основании анализа прогнозирует вероятность коллизий между различными нормативными правовыми актами в области морской кибербезопасности, акцентируется внимание необходимости их гармонизации» [8].

«Выявление киберрисков и угроз для различных секторов морской индустрии в условиях наступления четвертой промышленной революции и развитию цифровых технологий приводит к радикальным переменам в мировом хозяйстве в целом и морской отрасли, в частности». К такому умозаключению пришла группа ученых Бабурина О.Н., Гуриева Л.К. В этой связи, Международная морская организация, учитывая актуальность проблемы, разработала и приняла ряд документов по обеспечению кибербезопасности морской транспортной системы.

Другие ученые занимаются изучением перспектив использования технологии blockchain в целях обеспечения информационной безопасности на морском транспорте. Подобная технология уже хорошо зарекомендовала себя как надёжное средство ведения учёта, хранения данных, обработки транзакций и могла бы быть применена в организации документооборота на морском транспорте [9].

Таким образом, указанная проблема носит весьма практический и научный характер. Вместе с тем отдельные вопросы повышения эффективности защиты системы управления морских судов требуют тщательного изучения, что и предопределило выбор темы исследования.

### Киберстандарты и меры по управлению киберрисками

Сегодня киберстандарты и меры по управлению киберрисками разрабатываются во многих странах мира. Ниже представлены некоторые задачи, опубликованные в официальных документах, решение которых стоят перед собой правительства ряда стран (таблица 1).

В настоящее время не существует исключения киберпространства во взаимном покрытии P&I Club (Клуб взаимного страхования- особая форма организации морского страхования на взаимной основе между судовладельцами) и для традиционных P&I рисков. На практике это означает, что цифровой сбой или взлом, создающий P&I претензию, будет покрываться до тех пор, пока член организации благоразумно и старательно обеспечивает управление надлежащим обра-

Таблица 1. Киберстандарты, применяемые в различных странах

Страна	Название документа	Основные задачи
США	Национальный план морской кибербезопасности США	Разработать структуру рисков для систем портовых операционных технологий, с целью налаживания общего языка рисков между страховщиками, судовладельцами и грузоотправителями; Выявить пробелы в правовых полномочиях и эффективности «для устранения конфликтных ролей и ответственности за стандарты кибербезопасности морской транспортной системы»; Разработать «процедуры для выявления, приоритезации, смягчения и расщедования рисков кибербезопасности в критических системах судов и портов»; Разработать стандарты обучения кибербезопасности в морском секторе, что обеспечит ликвидацию пробелов во всех компонентах морской транспортной системы.
Европейский союз	Руководство для европейских портовых операторов по управлению киберрисками в условиях цифровой трансформации и ужесточения регулирования	Систематически выявлять активы и услуги, связанные с киберпространством; Принять комплексный подход к выявлению и оценке киберрисков, который «включает индикаторы рисков и анализ влияния на бизнес, вовлекает все соответствующие заинтересованные стороны и интегрируется на организационном уровне»; Осуществить общеорганизационные программы повышения осведомленности и технической подготовки в области кибербезопасности; Разработать комплексную программу кибербезопасности, с учетом обязанностей высшего руководства.
Россия	Стратегия национальной безопасности Российской Федерации	«Развить системы прогнозирования, выявления и предупреждения угроз информационной безопасности страны, определения их источников, оперативной ликвидации последствий реализации таких угроз»; «Предотвратить деструктивные информационно-технические воздействия на российские информационные ресурсы, включая объекты критической информационной инфраструктуры»; «Создать условия для эффективного предупреждения, выявления и пресечения преступлений и иных правонарушений, совершаемых с использованием информационно-коммуникационных технологий».

зом киберрисками своих судов и их соответствие требованиям государства флага и класса.

Тем не менее, останется множество незащищенных рисков. Атака национального государства или террориста будет представлять собой военный риск и, следовательно, не покрывается типичной P&I политикой, и владельцам придется искать прикрытие у андеррайтеров военного риска, многие из которых могут иметь киберисключения в своей политике. Кроме того, владельцы и фрахтователи с фиксированной премией вместо взаимного страхования обычно обнаруживают, что их полисы теперь содержат исключения киберрисков.

Сегодня рынок киберстрахования морских рисков ограничен. Но в свете растущего числа кибератак и очень видимых последствий для некоторых из крупнейших судоходных компаний Astaara ожидает, что спрос на покрытие будет быстро расти, и вопрос только в том, есть ли у страхового рынка желание или способность реагировать.

По мнению Счетной палаты США, киберстраховщики и держатели полисов сталкиваются с проблемами на развивающемся рынке. По данным Счетной палаты США, доля клиентов, выбирающих киберстрахование, выросла с 26% в 2016 году до 47% в 2020 году.

Ключевыми тенденциями в киберстраховании являются снижение лимитов покрытия в секторах с высоким риском и рост премий.

Рост цен. Отраслевые источники сообщили, что рост цен совпал с повышением спроса и ростом расходов страховщиков от более частых и серьезных кибератак. В недавнем опросе страховых брокеров более половины опрошенных клиентов отметили, что в конце 2020 года цены вырастут на 10–30%.

Появление киберспецифической политики. Страховщики все чаще предлагают полисы, специфичные для киберриска, вместо того чтобы включать этот риск в пакеты с другим покрытием. Этот сдвиг отражает стремление



Таблица 2. Основные нарушители морской кибербезопасности

Субъекты кибератак	Мотивация	Цель
Активисты (включая недовольных сотрудников)	репутационный ущерб срыв операций	уничтожение данных публикация конфиденциальных данных внимание СМИ отказ в доступе к целевому сервису или системе
Преступники	финансовая выгода коммерческий шпионаж промышленный шпионаж	продажа украденных данных выкуп украденных данных работоспособность системы выкупа организация мошеннической перевозки груза сбор информации для большего изощренного преступления, точный груз местоположение, судходство и планы обработки и т.д.
Оппортунисты	Соревнование	прохождение защиты от кибербезопасности финансовая выгода
Государства и спонсируемые государством организации Террористы	политическая выгода «шпионаж»	получение знаний подрыв экономики и критической национальной инфраструктуры

к большей ясности в отношении того, что покрывается, и к более высоким пределам охвата киберспецифики.

Индустрия киберстрахования сталкивается с многочисленными проблемами. Заинтересованные стороны отрасли предложили Счетной палате США варианты решения этих проблем.

Серьезной проблемой для киберстрахования являются ограниченные исторические данные о потерях. Без всеобъемлющих, высококачественных данных о киберпотерях может быть трудно оценить потенциальные потери от кибератак и, соответственно, ценовую политику. Некоторые участники отрасли заявили, что федеральные правительства, правительства штатов и промышленность могут сотрудничать в сборе и обмене данными об инцидентах для оценки рисков и разработки продуктов киберстрахования.

Страховщики говорят о том, что киберполитика не имеет общей терминологии. Заинтересованные стороны отрасли отметили, что различные определения политических терминов, таких как «кибертерроризм», могут привести к отсутствию ясности в отношении того, что охватывается. Они предложили, чтобы федеральные правительства и правительства штатов, а также страховая отрасль могли совместно работать над разработкой общих определений.

Для российского законодательства об информационной безопасности также серьезной проблемой

является отсутствие и единого понятийного аппарата. Как видим, отсутствие единого понятийного аппарата американскими страховщиками расценивается как серьезная проблема развития рынка киберстрахования.

В прошлом году, специализирующаяся в области морской кибербезопасности компания NavalDome (Израиль) провела серию успешных демонстрационных кибератак на морские суда. В результате атак «хакерами» были «изменены сведения о местоположении судна, введен в заблуждение дисплей РЛС, включалось и выключалось судовое оборудование, были взяты под контроль системы управления топливом, рулевое управление и балластная система» [10].

#### Нарушители информационной безопасности морских судов

В 2020 г. журнал «SafetyatSea» совместно с организацией BIMCO провели опрос на тему морской кибербезопасности. В результате около 64% опрошенных заявили, что их «компании имеют план обеспечения непрерывности деятельности в случае киберинцидента». Полученный в ходе опроса процент кажется существенным. Однако это доля только среди тех, кто согласился принять участие в опросе [11].

Вместе с тем, следует обратить внимание на то, что кибербезопасность не заканчивается на том, чтобы вписать несколько строк в существующую систему управления безопасностью судна. В частности, ре-

комендуемое Международная морская организация «Руководство по кибербезопасности на борту судов» определяет следующий круг субъектов кибератак:

- ◆ активисты (включая недовольных сотрудников);
- ◆ преступники;
- ◆ оппортунисты;
- ◆ государства;
- ◆ спонсируемые государством организации;
- ◆ террористы.

Если против первой категории система управления безопасностью еще как-то может помочь, то для защиты от всех остальных категорий она защитить не способна. Здесь необходима более серьезная система мер. Следующие примеры дают некоторое представление об угрозах и потенциальных последствиях для компаний и корабли, которыми они управляют (таблица 2).

В рамках настоящего исследования целесообразно также упомянуть о решении Судome. Судome Onboard Suite предоставляет собой многоуровневое решение для обеспечения кибербезопасности морских судов. Специально разработан для защиты морской отрасли от кибератак. Судome предлагает инновационные и передовые методы и услуги безопасности, соответствующие конкретные проблемы на борту судов, основанные на многолетнем опыте как кибербезопасность и морская промышленность. Он защищает деловые и экипажные сети судна, обеспечивая надзор, безопасность оповещение об угрозах и контроль над всей ИТ-инфраструктуры судна

В рамках использования Судome предлагаются следующие решения в различных направлениях [12]:

- ◆ Флот. Предоставляется полная карта активных пользователей, подключенных к корпоративной сети, в режиме реального времени. Нет больше слепых зон. Кроме того, проводятся автоматизированные встроенные проверки кибербезопасности, в соответствии с требованиями Международной морской организации;
- ◆ Яхты. Решение помогает как менеджерам / операторам яхт, так и экипажу на борту легко использовать и демонстрировать инспекторам соблюдение требований и лучше преодолевать морские «киберрегуляторные проливы»;
- ◆ Порты. Понимание киберуязвимости флота и объектов в море привело к разработке дополнительного решения для кибербезопасности, чтобы защитить порты от небезопасных заходящих судов. Охраны портов на уровне берега недостаточно, чтобы идентифицировать и блокировать входящие суда, подверженные киберугрозам.

- ◆ Иные морские объекты. Прочие морские объекты, должны справляться с такими же киберрисками, как и любое другое судно, и даже больше. Такие объекты должны обеспечивать свою устойчивость к кибербезопасности в качестве объекта в море, а также против судов, находящихся в опасности, приближающихся к объекту.

## Заключение

Исходя из проведенного исследования можно выделить основные особенности морских судов и типы угроз, которым подвержено автономное судоходство.

Особенности обеспечения кибербезопасности современных морских судов:

- ◆ интегрированное управление основными системами;
- ◆ разнородные сегменты: управление движением, служебные, пассажирские и т.д.;
- ◆ спутниковые и радиоканалы дистанционного управления и мониторинга, обмена навигационной и идентификационной информацией, интернет;
- ◆ ограничения по габаритам и вычислительным мощностям устанавливаемых технических средств.

Основные типы угроз:

- ◆ вредоносное программное обеспечение (включая закладки), инфицирующее критически важные системы управления судном;
- ◆ программы-вымогатели (атакуют используемые кораблем системы и серверы непосредственно во время рейса);
- ◆ подмена или глушение приема (навигационной информации);
- ◆ цепочки поставки оборудования и программного обеспечения (предустановленные аппаратные импланты и программные закладки, скрытая установка вредоносных программ при обслуживании).

В условиях встраиваемых корабельных систем вычислительные мощности оборудования ограничены.

Задача обнаружения инцидентов нарушения безопасности требует обработки, анализа и хранения информации по большому количеству инцидентов.

Предложенный принцип проектирования планируется использовать в качестве архитектурного решения для системы управления кибербезопасностью, предназначенной для применения в автономном морском судоходстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. UNCTAD, Review of Maritime Transport. Available at: <http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2016en.pdf>. (date of the application: 11.06.2022 г.)
2. Svilicic B., Kamahara J., Rooks M., Yano Y. Maritime Cyber Risk Management: An Experimental Ship Assessment // The Journal of Navigation. 2019. Vol. 72(5), pp.1–13.
3. Морская кибербезопасность. Новое в 2021 году. Электронный ресурс: <http://www.morvesti.ru/analitika/1692/92320/>. (дата обращения: 15.06.2022 г.)
4. Руководство по обеспечению кибербезопасности (четвертая версия, 2021 г.). Электронный ресурс: <https://lk.rs-class.org/regbook/getDocument?type=rules3&d=BD2581FF-C53E-49FB-B8F8-0021E7F08005&f=2-030101-040>. (дата обращения: 18.06.2022 г.)
5. K. Tam, K. Jones, M. Papadaki. Threats and Impacts in Maritime Cyber Security // Engineering & Technology Reference. 2016. Vol. 5. pp. 1–13. DOI: 10.1049/etr.2015.0123
6. I. Ashraf, S. Hur, Y. Park, Sung Won Kim (ets.). A Survey on Cyber Security Threats in IoT-Enabled Maritime Industry // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. 2022. pp. 1–14. DOI: 10.1109/TITS.2022.3164678
7. D. Heering, O. Maennel, A. Venables. Shortcomings in cybersecurity education for seafarers // in book: Developments in Maritime Technology and Engineering, 1st Edition. Publisher: CRC Press. pp.49–61. DOI:10.1201/9781003216582-6
8. Семёнов С.А. Морская кибербезопасность в России // Транспорт Российской Федерации. 2019. № 3 (82). С. 11–14.
9. Семёнов С.А. Morskaya kiberbezopasnost' v Rossii // Transport Rossijskoj Federacii. 2019. № 3 (82). pp. 11–14.
10. Каменная Е.В., Полещук Е.М., Путилова С.Е., Щербинина И.А. Перспективы использования технологии blockchain в целях обеспечения информационной безопасности на морском транспорте // Транспортное дело России. 2018. № 6. С. 194–197.
11. Морская кибербезопасность. Электронный ресурс: <http://www.morvesti.ru/analitika/1692/86359/>. (дата обращения: 06.06.2022 г.)
12. Safety at Sea and BIMCO cyber security white paper. Available at: <https://cdn.ihsmarkit.com/www/pdf/1019/Safety-at-Sea-and-bimco-cyber-security-white-paper.pdf>. (date of the application: 01.06.2022g.).

---

© Меджидов Заур Уруджалиевич ( [zaur-medzhidov@mail.ru](mailto:zaur-medzhidov@mail.ru) ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## АЛГОРИТМ КОМПАНДИРОВАНИЯ СИГНАЛА ЗВУКОВОГО ВЕЩАНИЯ С СОХРАНЕНИЕМ ЕГО ФОРМЫ

### ALGORITHM FOR COMPANDING A SOUND BROADCASTING SIGNAL WITH SAVING ITS SHAPE

**O. Popov  
V. Tatiana  
P. Kuznetsov  
D. Makarina**

*Summary.* Existing channels for transmission and storage of a sound broadcast signal do not provide the ability to preserve the natural dynamic range. To save it, either compander systems are used, including a compressor and an expander that distort the signal, or an increase in the bit depth of the signal representation, which sharply increases the volume of the transmitted signal. An algorithm is proposed that ensures companding with maximum preservation of the signal shape while minimizing its volume.

*Keywords:* segment, gain, window function, dynamic range, signal-to-noise ratio, distortion, bit depth.

**Попов Олег Борисович**

Профессор, кандидат технических наук  
Московский технический университет связи  
и информатики, г. Москва  
olegr45@yandex.ru

**Чернышева Татьяна Васильевна**

Доцент, кандидат технических наук  
Московский технический университет связи  
и информатики, г. Москва  
krba2012@yandex.ru

**Кузнецов Петр Геннадьевич**

Аспирант  
Московский технический университет связи  
и информатики, г. Москва  
peter.kyznetsov@gmail.com

**Макарина Диана Александровна**

Аспирант  
Московский технический университет связи  
и информатики, г. Москва  
makarina.diana1995@yandex.ru

*Аннотация.* Существующие каналы передачи и хранения сигнала звукового вещания не обеспечивают возможность сохранения естественного динамического диапазона. Для его сохранения используются либо компандерные системы, включающие компрессор и экспандер, искажающие сигнал, либо повышение разрядности представления сигнала резко увеличивающий объем передаваемого сигнала. Предлагается алгоритм, обеспечивающий компандирование с максимальным сохранением формы сигнала при минимизации его объема.

*Ключевые слова:* сегмент, коэффициент усиления, оконная функция, динамический диапазон, соотношение сигнал/шум, искажения, разрядность представления.

### Введение

Существующие компандерные системы сжимают динамический диапазон на входе канала и расширяют на выходе. Сигнал управления процессом сжатия — расширения формируется из самого сигнала, поэтому на времени срабатывания устройства

отмечаются искажения [1]. Величина сигнала управления определяется наиболее сильными спектральными составляющими сигнала, поэтому отмечается внутри — сигнальная модуляция слабых составляющих. Для устранения модуляции используются многополосные системы компандирования существенно искажающие атаку звукового сигнала, которые определяются

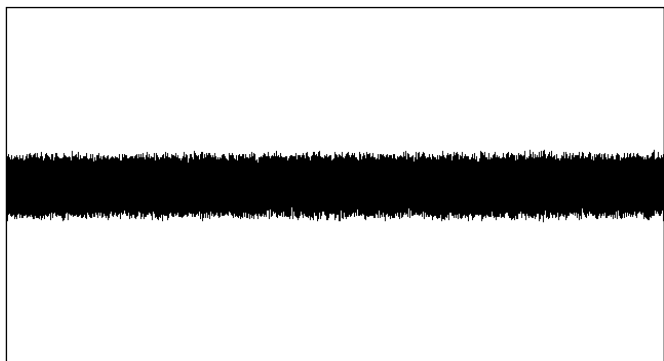


Рис. 1. Сигнал на входе

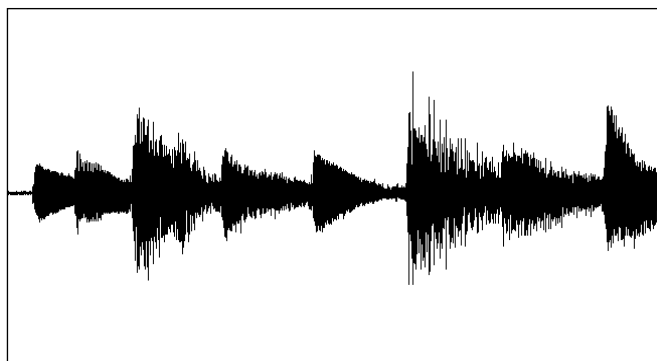


Рис. 2. Зашумленный канал

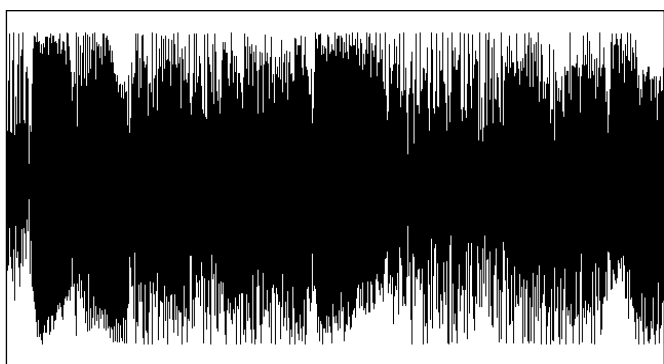


Рис. 3. Сжатый сигнал в зашумлённом канале

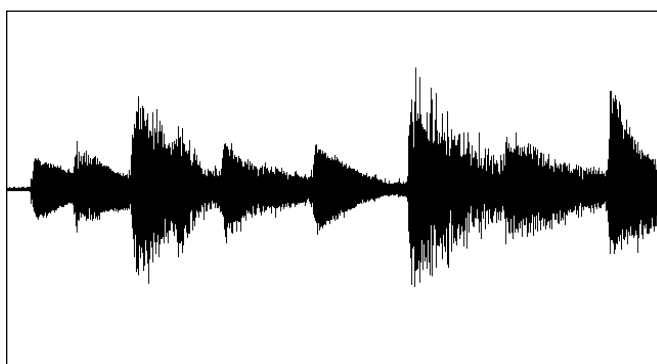


Рис. 4. Восстановленный сигнал Рис. 5. Полученная ошибка

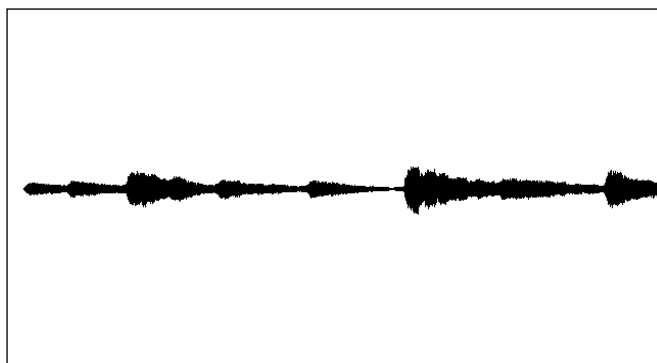


Рис. 5. Полученная ошибка

не процессом звукоизвлечения, а свойствами фильтра. Передать сигнал с минимальными искажениями можно увеличивая разрядность представления, но это требует увеличения объема сигнала и не применимо в уже существующих системах. Кроме того, при повышении соотношения сигнал/шум выше 56 дБ, слушатель не замечает приращения качества [2], а при восприятии слабых сигналов, составляющих 80% длительности музыкальных произведений защищенность от шумов недоста-

точна. Следует заметить, что при уровнях ниже 46 дБ перестает действовать эффект частотной маскировки и чувствительность слуха к шумам резко повышается.

Ранее кафедрой Телевидения и Звукового вещания МТУСИ был разработан алгоритм неискажающего компрессирования звукового сигнала с обработкой аналитической огибающей, обеспечивающий повышение соотношения сигнал\шум на 10 дБ [3,4]. Ниже предлага-

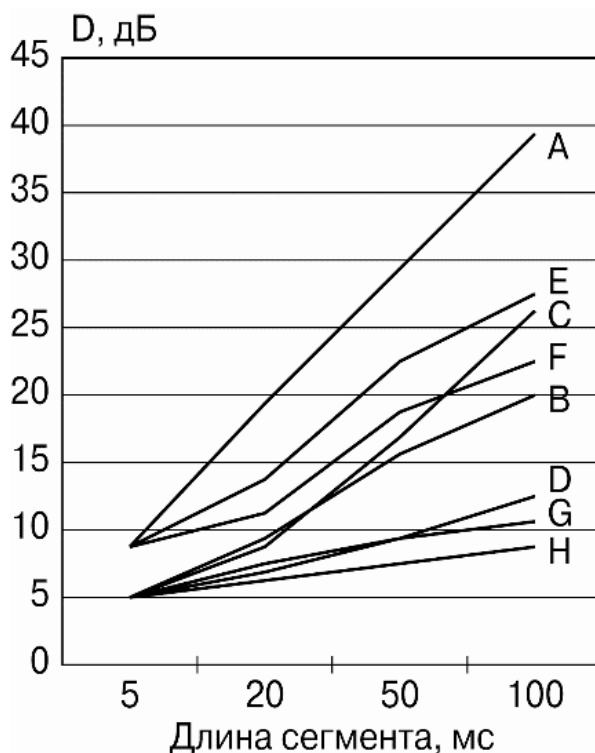


Рис. 6. Зависимость динамического диапазона компрессированного звукового сигнала разных жанров от длины сегмента.

Сигналы: А — речь диктора, В — пианино, С — скрипки, D — виолончель, Е — оркестр, F — блюз, Н — орган.

ется алгоритм, позволяющий повысить с/ш на 30 дБ для слабых сигналов.

### Алгоритм компандирования

Суть алгоритма достаточно проста. Для передачи сигналов малого уровня по зашумленному каналу без искажений, посегментно весь сигнал усиливается до номинального уровня. Координаты сегментов и коэффициенты усиления передаются либо в структуре сигнала, либо по отдельному каналу.

Во процессе реализации алгоритма над сигналом производятся следующие операции:

- ◆ Сегментация оцифрованного сигнала.
- ◆ Запоминание сигнала, обработанного оконной функцией с перекрытиями.
- ◆ Нормализация каждого сегмента на номинальный уровень.
- ◆ Передача коэффициента нормализации каждого сегмента и их координат на приемную сторону.
- ◆ Восстановление непрерывного сигнала и передача по каналу.
- ◆ На приёмной стороне сигнал проходит все те же операции в обратном порядке.

На рисунках 1–5 изображены осциллограммы сигналов, на различных этапах обработки.

Для большей наглядности на рисунках, уровень шума был специально завышен.

### Исследования эффективности алгоритма

Были проведены исследования по определению максимально возможного сжатия динамического диапазона для реальных звуковых сигналов разных жанров в зависимости от длительности сегмента в диапазоне от 5 до 100 мс. Результаты исследования приведены на рис. 6. По результатам эксперимента динамический диапазон сигналов всех жанров можно сжать до диапазона в 5–8 дБ, что позволяет повысить защищенность от шумов канала передачи. Даже при 8 разрядном представлении с помощью импульсно кодовой модуляции защищенность составит около 40 дБ.

Одним из недостатков существующих автоматических регуляторов уровня, которым можно отнести и компандерные системы, является расширение спектра сигнала в области низких частот за счет модуляции

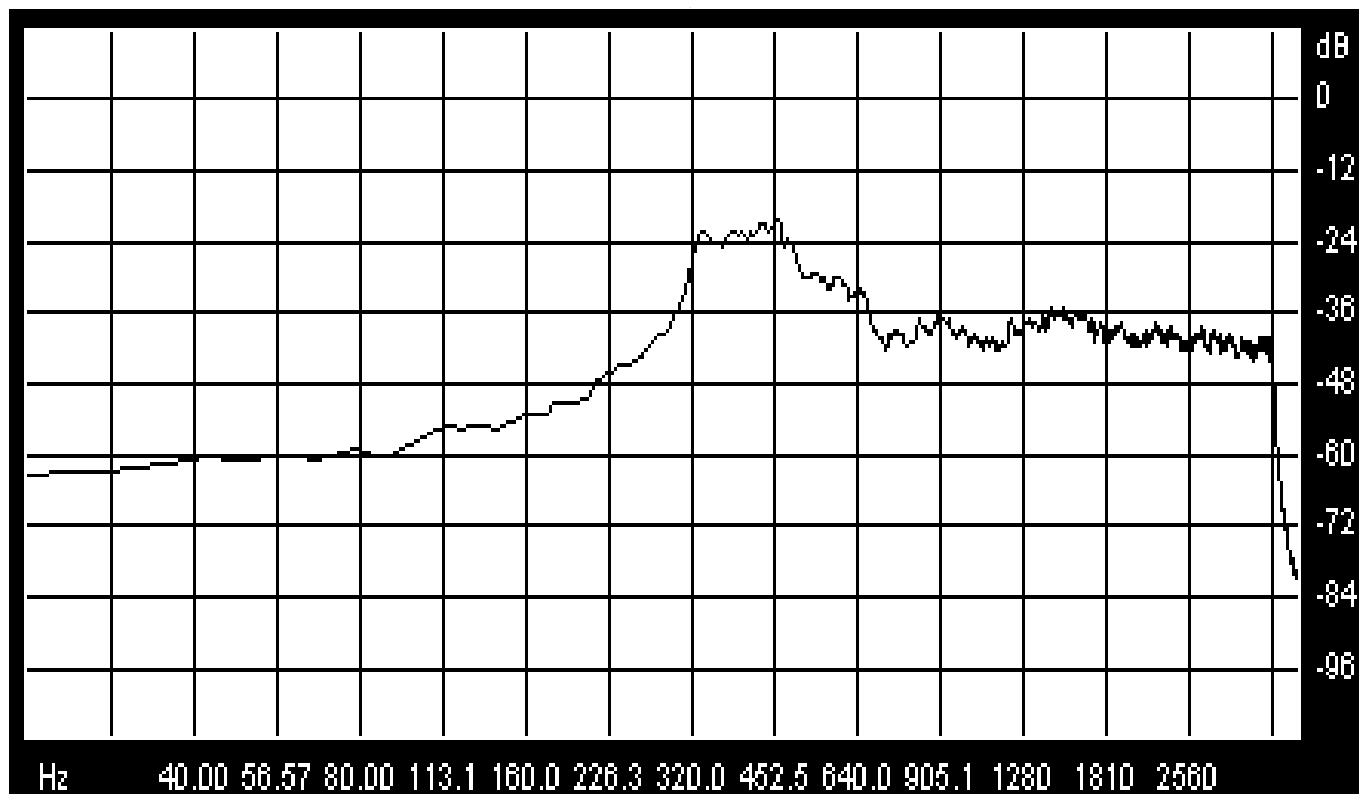


Рис. 7. Спектральная оценка компрессированного сигнала сегментированного на длительности 5 мс.

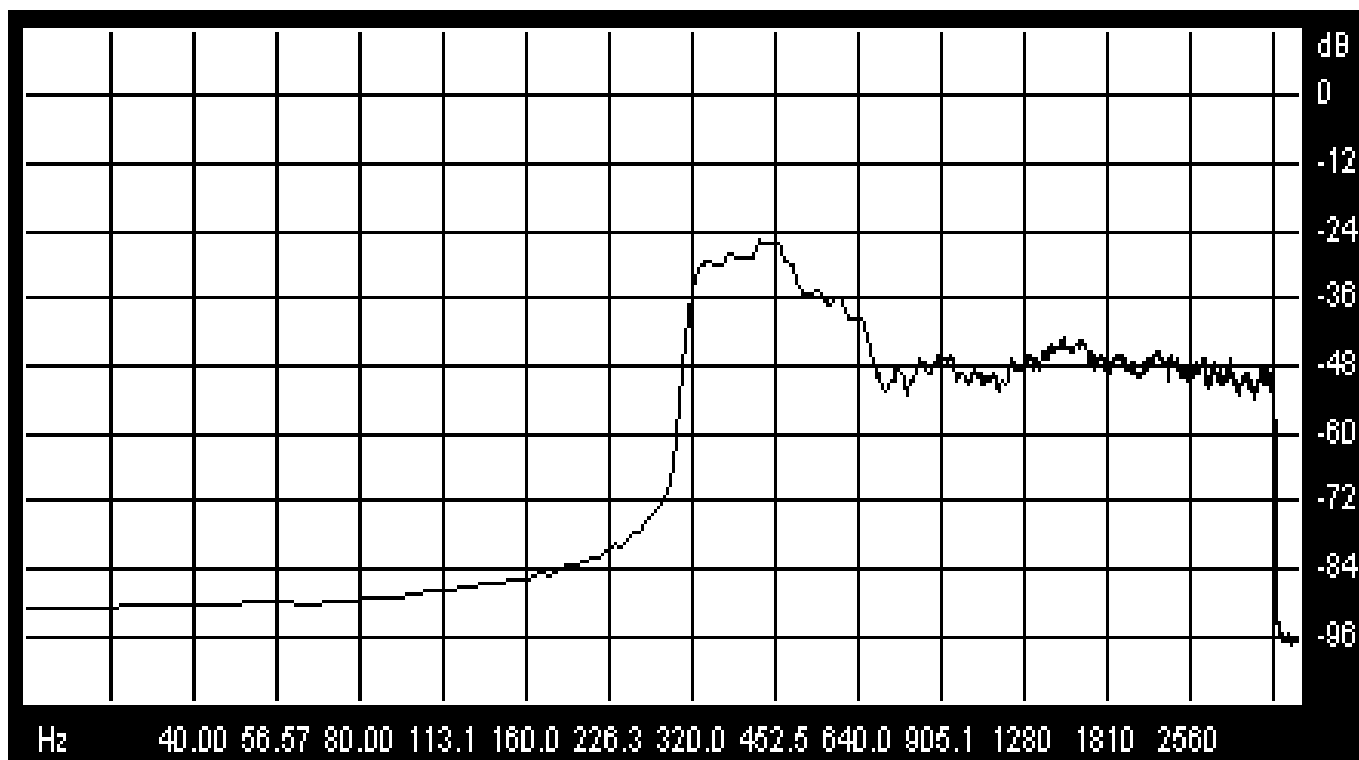


Рис. 8. Спектральная оценка компрессированного сигнала сегментированного на длительности 100 мс.

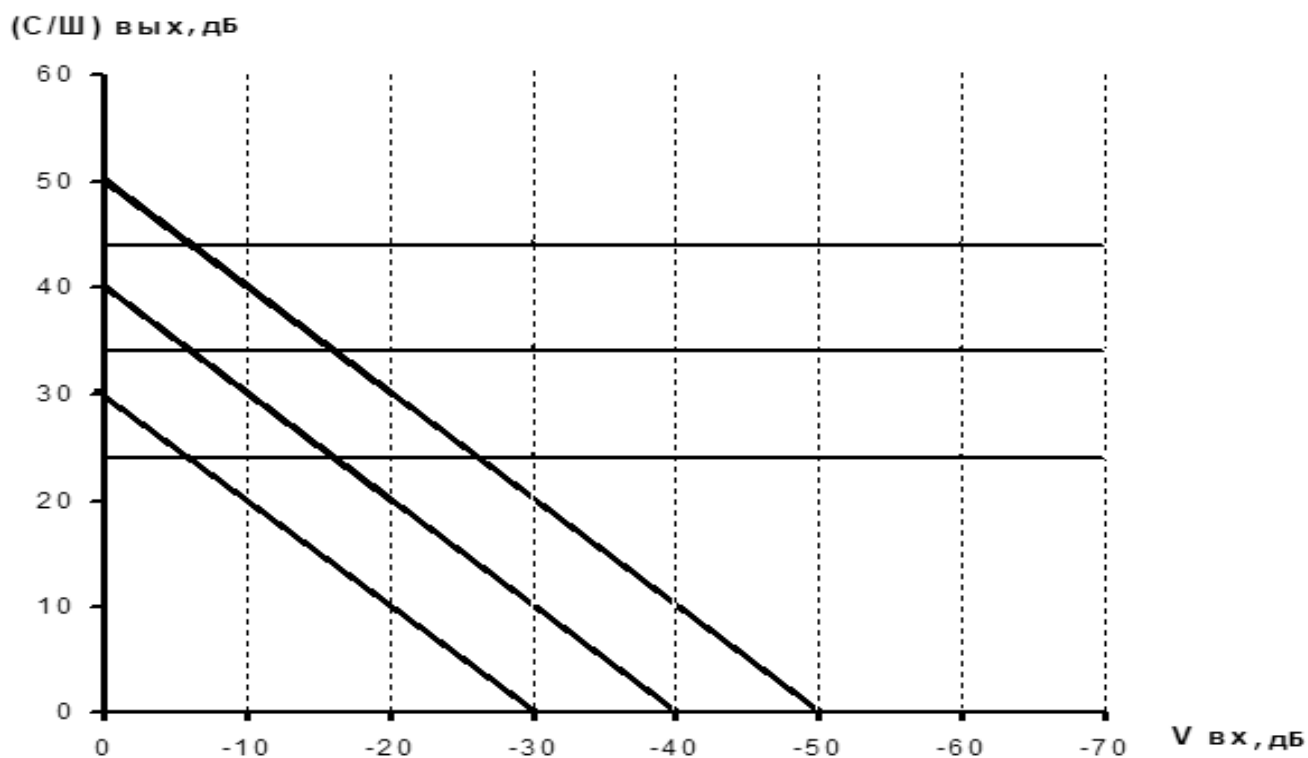


Рис. 9. Зависимость отношения сигнал-шум (ОСШ) от уровня шумов канала для тестовых сигналов

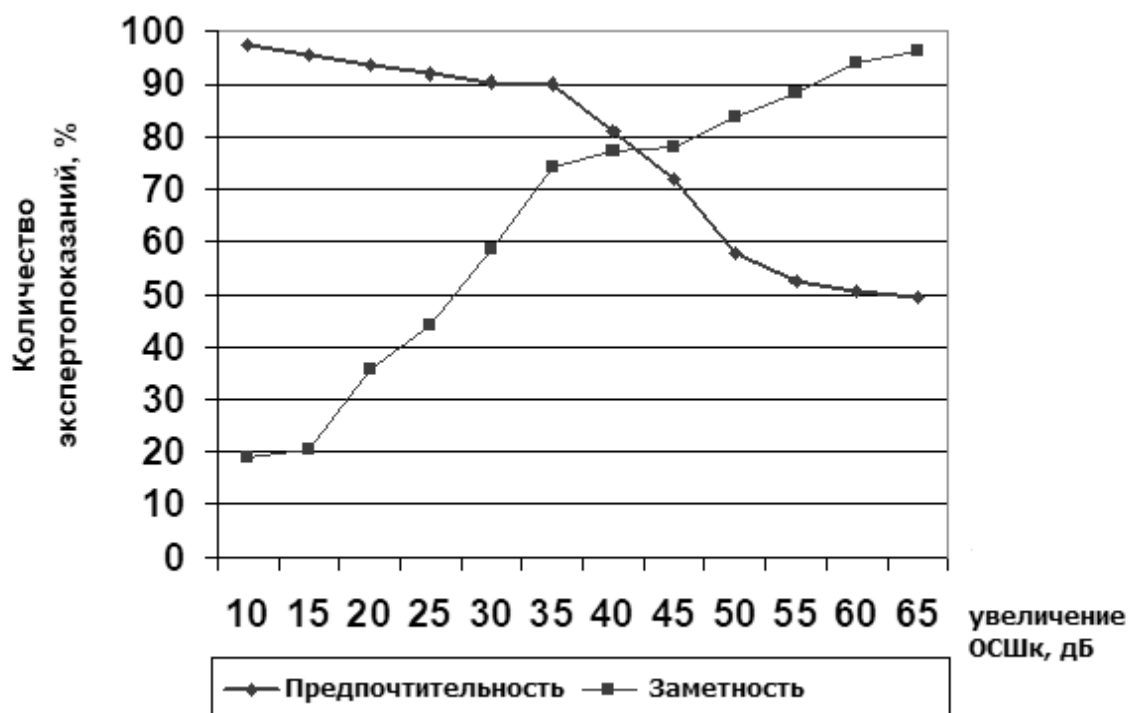


Рис. 10. Зависимость субъективных оценок качества от уровня шумов канала передачи.



сигнала сигналом управления. В технической документации на аудиопроцессор Оптимод фирмы «Орбан» рекомендуется расширить полосу пропускания канала передачи до 0,7 Гц для неискаженной передачи [5]. Такое расширение позволяет продемонстрировать эффективность обработки сигнала заказчикам на выходе модулятора. Но полосу пропускания приемников никто не расширял, что приводит к снижению эффективности регулирования. На рис. 7–8 приведены спектры реального сигнала на длительностях 5 и 100 мс подтверждающие отсутствие расширения спектра после компрессирования.

Было проведено полунатурное моделирование алгоритма на реальных звуковых сигналах разных жанров. Исходный сигнал сегментировался и увеличивался по амплитуде до номинального уровня, затем к нему подмешивался шум. Далее сигнал экспандировался и вычитался в противофазе из исходного сигнала. Полученный сигнал ошибки позволил оценить объективно эффективность алгоритма и сформировать зависимость отношения сигнал/шум сигналов разного уровня, представленные на рис. 9.

Можно видеть, что даже в каналах с уровнем шумов в пределах –35 дБ вполне реально передавать сигнал звукового вещания с достаточной точностью и защищенностью порядка 60 дБ.

В процессе проведения исследований было также выяснено, что практически полностью отсутствует внутри сигнальная модуляция сигнала характерная для аудиопроцессоров формирующий сигнал управления коэффициентом передачи из самого сигнала.

На завершающем этапе исследований были проведены субъективно-статистические измерения (ССИ) качества передачи по критериям оценки «заметность изменения» сигнала и его «предпочтительность» для сигналов разных жанров. Напомним, что такие исследования были проведены на кафедре Рв и ЭА, ныне ТиЗв [6] и стали основой ГОСТа — 11515 [7]. Использовался канал с соотношением сигнал/шум 10 до 65 дБ. Сформированные зависимости представлены на рис. 10.

Как известно точность ССИ составляет порядка 15%. Даже если предъявлять экспертам один и тот же сигнал

15% дотошных экспертов «замечают», что в сигнале что-то изменилось [6].

По результатам ССИ подтверждена возможность передачи сигнала звукового вещания по каналам с защищенностью от шумов порядка 35 дБ. Напомним, что именно по критерию «заметность изменения» реального сигнала формировался ГОСТ 11515 [7], переписанный с некоторыми ухудшениями и ошибками в ныне действующий ГОСТ Р 52742–2007 [9].

## Заключение

Разработанный алгоритм позволяет передавать и хранить высококачественный сигнал звукового вещания в системах с разрядностью представления, не превышающей 8 разрядов, обеспечивая требования ГОСТ Р 52742–2007 [9].

Использование алгоритма позволяет использовать для хранения и передачи высококачественного сигнала уже существующие системы не увеличивая разрядность представления сигнала до 20–24 дБ.

Алгоритм позволяет сохранить форму сигнала и не требует отключения при проведении регламентных измерений, что недостижимо для большинства аналогичных аудиопроцессорных систем, которые, согласно ГОСТ 11515, предлагается отключать на время регламентных измерений, по оценке качества передачи. То есть, оценка производится для одного канала, а передача осуществляется по-другому.

Алгоритм не вносит внутри — сигнальной модуляции и не искажает формы «атак», начальных участков звуковых объектов, которые обеспечивают разборчивость речевых сигналов, распознаваемость, музыкальных и оценку качества звучания. Напомним, что для борьбы с внутри-сигнальной модуляцией используется многополосное представление звукового сигнала, а с этого момента процесс нарастания «атака» определяется свойствами фильтра, а не способами звукоизвлечения и качеством самого сигнала.

Хочется надеяться, что разработанный алгоритм найдет свое применение в каналах передачи и хранения сигналов звукового вещания.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Попов О.Б., Рихтер С.Г. Цифровая обработка и измерения сигналов в трактах звукового вещания. — М.: Инсвязьиздат, 2010. — 292 с.
2. Цвикер Э., Фельдкеллер Р., Ухо как приемник информации. — М.: Связь, 1965, 104 с.
3. Патент RU2691122 С1. Опубликовано 11.06.2019 БИ № 17 Способ и устройство компандирования звуковых вещательных сигналов. Авторы: Абрамов В.А., Попов О.Б., Орлов В.Г.

4. Патент RU2731602 С1. Опубликовано 04.09.2020 БИ № 25 Способ и устройство компандирования с предскажением звуковых вещательных сигналов. Авторы: Абрамов В.А., Попов О.Б.
5. Литвин С.А., Попов О.Б., Чернышева Т.В. Аудиопроцессорная обработка сигналов звукового вещания в каналах передачи: Учебное пособие / МТУ-СИ. — М., 2016. — 68 с.
6. Исследование заметности искажений в радиовещательных каналах / Под ред. И.Е. Горона. — М.: Связьиздат, 1959, 121 с.
7. ГОСТ 11515–91. Каналы и тракты звукового вещания. Основные параметры качества. Методы измерения.
8. О некоторых недостатках ГОСТ Р 52742–2007 «Каналы и тракты звукового вещания» 19-я Международная НТК «Современные Телевидение и Радиоэлектроника». — М.: ФГУП МКБ «Электрон», 2011, — Тезисы докладов с. 50–54.
9. ГОСТ Р 52742–2007. Каналы и тракты звукового вещания. Типовые структуры. Основные параметры качества. Методы измерений.

---

© Попов Олег Борисович ( olegp45@yandex.ru ), Чернышева Татьяна Васильевна ( krba2012@yandex.ru ),  
Кузнецов Петр Геннадьевич ( peter.kuznetsov@gmail.com ), Макарина Диана Александровна ( makarina.diana1995@yandex.ru ).  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ФОРМИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОЙ МОТИВАЦИИ СОТРУДНИКОВ ВНУТРИ КОМПАНИИ В СООТВЕТСТВИИ С ЗАНИМАЕМОЙ ДОЛЖНОСТЬЮ

**Потехин Сергей Александрович**

Аспирант

Российская академия народного хозяйства  
и государственной службы при президенте Российской  
Федерации, г. Москва  
spotekhin-20@edu.ranepa.ru

## FORMATION OF SUSTAINABLE MOTIVATION OF EMPLOYEES WITHIN THE COMPANY IN ACCORDANCE WITH THEIR POSITION

**S. Potekhin**

*Summary.* The purpose of the study is to develop motivational measures relevant for different categories of employees. The key types of internal incentives and their prioritization by employees of different groups are identified. The features of motivational systems are considered depending on the level of positions held. The degree of relationship between risk sensitivity and motivation is determined. The hypothesis that a high level of internal stimulation directly affects the level of employee productivity has been confirmed.

*Keywords:* employee motivation assessment, staff involvement, motivational systems, management support, employee adaptation, employee motivation, learning culture, employee potential development.

*Аннотация.* Цель исследования — разработка мотивационных мер, актуальных для разных категорий сотрудников. Обозначены ключевые типы внутреннего стимулирования и их приоритизация работниками разных групп. Особенности мотивационных систем рассматриваются в зависимости от уровня занимаемых должностей. Определена степень взаимосвязи между чувствительностью к риску и мотивацией. Подтверждена гипотеза о том, что высокий уровень внутренней стимуляции напрямую влияет на уровень производительности сотрудников.

*Ключевые слова:* оценка мотивации сотрудников, вовлеченность персонала, мотивационные системы, управленческая поддержка, адаптация работников, мотивация сотрудников, культура обучения, развитие потенциала сотрудников.

**М**ногообразие компаний на современном рынке труда, которые предоставляют одинаковый спектр услуг и нуждаются в профессионалах определенной сферы диктует необходимость повышения уровня мотивации сотрудников и создание программы устойчивого развития внутри компании, благодаря которой каждый сотрудник будет заинтересован в долгосрочном развитии внутри компании. Важно, чтобы система мотивации транслировалась вовне, создавая позитивный образ компании для потенциальных соискателей. В рамках данной статьи остановимся на рассмотрении мотивации сотрудников внутри компании. В ходе исследования были рассмотрены ключевые особенности мотивации сотрудников рекламной индустрии.

Актуальность данной проблемы связана с тем, что для большинства компаний важно фокусироваться не только на привлечении новых сотрудников, но и на выработке мотивационных мер для текущих со-

трудников компании, чтобы увеличить их эффективное время внутри компании.

К ключевым целям исследования относится выявление взаимосвязи между чувствительностью сотрудников к риску, уровню их мотивации и общей вовлеченности сотрудников, а также структуризации накопленного опыта относительно мотивации сотрудников в соответствии с занимаемой должностью.

Для начала обратимся к понятию мотивации. Обобщая общеизвестные определения мотивации, можно сделать вывод о том, что это процесс, который побуждает сотрудника к действию, а также задает направленность и организацию его профессиональной деятельности.

На этапе выбора определенной компании и вакансии большинство сотрудников имеют определенные критерии, которые предъявляются к будущему месту

работы, мотивация служит лейтмотивом, позволяющим построить долгосрочные отношения между компанией и сотрудником.

В своей работе мы постараемся сконцентрироваться на мотивации для сотрудников разного уровня профессиональных навыков и умений, для условной систематизации, а также постараемся выявить наиболее актуальные тренды в мотивационном подходе для каждой группы.

Глобально мотивацию сотрудников внутри компании можно разделить на следующие блоки:

- ◆ Материальная мотивация (заработная плата, льготы, материальные бонусы для сотрудников)
- ◆ Развитие и обучение (программы для сотрудников для карьерного и личного развития)
- ◆ Благоприятная атмосфера в коллективе (взаимодействие внутри компании между сотрудниками, а также наличие неформального общения)

В своем исследовании мы хотели бы выделить особенности мотивационных систем для трех типов сотрудников и показать особенности мотивации для каждого:

beginner (отсутствие опыта или опыт до 1 года)  
 specialist (опыт 2–3 года)  
 lead (опыт 4+ лет)

В ходе исследования было опрошено 60 сотрудников рекламной индустрии (по 20 человек из каждой группы, описанной выше) для выявления трендов в мотивационных аспектах и зависимости мотивации и общей вовлеченности сотрудника в рабочий процесс от уровня восприимчивости к риску.

Ниже приведен список вопросов для каждой группы. Вопросы из блока «Мотивации» были даны в соответствии с делением на три типа, описанных выше: материальная мотивация, развитие и обучение, благоприятная атмосфера в коллективе. Данные вопросы необходимо было оценить по 5-бальной шкале Лайкерта: «1 — Нет, категорически не согласен, 2 — Больше нет, чем да, 3 — Незнаю, 4 — Скорее да, чем нет, 5 — Да, полностью согласен». Уровень вовлеченности также необходимо было оценить в соответствии с данной шкалой. В первой части опроса, которую каждый респондент заполнял в рамках нашего тестирования мы поместили вопрос об опыте, каждого сотрудника, чтобы объединить результаты исследования по трем группам: beginner, specialist, lead.

Мы адаптировали тест на склонность к риску Шурберта и составили 6 вопросов, которые наиболее точ-

но отражают, уровень чувствительности респондента к риску. Склонность к риску служит дополнительным ограничением для мотивации, которое определяет некоторые поступки людей, их коммуникацию и взаимодействие с другими сотрудниками.

Можно предположить, что для группы наиболее склонной к риску необходимо продумать дополнительные мотивационные меры для увеличения продуктивного времени, проведенного в компании, а также повышения общей результативности команды. Согласно нашей гипотезе, люди, склонные к риску могут довольно часто менять место своей работы в то время, как правильно выстроенный процесс мотивации позволит сократить отток сотрудников из рекламных компаний.

#### Общие вопросы

1. Согласились бы вы работать на опасной работе, которая приносила большие деньги?
2. Можете ли вы продуктивно работать, если не спали всю ночь?
3. Смогли бы вы без тренировки управлять яхтой?
4. Могли бы вы совершить прыжок с парашютом?
5. Могли бы вы с незнакомой темой выступить перед многомиллионной аудиторией?
6. Могли бы вы, имея билеты, но без денег и продуктов ехать неделю на поезде?

#### Мотивация

1. Я стабильно получаю хорошую зарплату
2. Мне компенсируют транспортные расходы
3. У меня есть расширенный пакет ДМС
4. Компания снабдила меня всей необходимой техникой
5. У меня хороший коллектив
6. Я люблю проводить выходные с коллегами
7. В компании я чувствую себя, как в семье
8. Мне нравятся элементы состязаний внутри компании (кейс-турниры, выбор сотрудника года)
9. Для меня важно, чтобы руководитель меня хвалил
10. Мне важно, чтобы была система скидок в спортзал и скидки в различные магазины
11. Мне важно, чтобы при выполнении и перевыполнении KPI я получал бонусы в виде премий
12. Мне важно, чтобы мои инициативы были услышаны начальством
13. Мне важно, чтобы была возможность обучать младших сотрудников
14. Мне важно участвовать в глобальных проектах компании

#### Оценка общей вовлеченности сотрудника

1. У меня высокий уровень энергии при выполнении работы

2. Я всегда стараюсь изо всех сил, чтобы закончить работу
3. Я не сдаюсь, если на выполнение задачи требуется больше времени, чем планировалась сначала
4. Я настойчив и готов выполнять работу до конца
5. Я горжусь своей работой, поэтому мне трудно уйти из компании
6. Я горжусь местом, в котором работаю
7. Я всегда работаю с энтузиазмом
8. Когда я работаю, время летит быстро
9. Я чувствую высокую концентрацию, когда выполняю свою работу
10. Я получаю удовольствие от выполнения рабочих задач.

Для проверки внутренней надежности и согласованности используемой шкалы теста Шуберта был использован коэффициент альфа Кронбаха, который равняется 0,699, что свидетельствует умеренной степени согласованности. После суммирования значений 6 суждений по модифицированной шкале склонности к риску, были выявлены некоторые закономерности, которые мы рассмотрим в рамках своего исследования

Перейдем к описанию каждой категории сотрудников, а также мотивов, которым респонденты придали наибольшую значимость.

Большинство респондентов категории «Beginner» относятся к группе, набравшей –6 баллов, что свидетельствует о «проявлении осторожности». Данный вывод закономерен для тех, кто только начинает свою карьеру, поэтому крайне важно создать среду, которую не захочется покидать. Основной мотивацией служит блок: «развитие и обучение», поэтому важно создать систему с наставничеством и KPI, достижение которых будет свидетельствовать о том, что сотрудник улучшает свои профессиональные качества и растет, как специалист. Во многих исследованиях подчеркивается решающая роль поддержки руководства и создание атмосферы для развития внутренней мотивации сотрудников. В соответствии с исследованием, изучающим факторы, которые влияют на эффективность труда сотрудников, отсутствие управленческой поддержки действий сотрудников негативно сказывается на мотивацию и провоцирует низкий уровень культуры обучения (например, частые прогулы, низкая мотивация), снижение уровня гибкости и адаптивности навыков сотрудников. Индикатором проблемы в компании служит «пассивная позиция» сотрудников данного уровня в отношении проблемных и стрессовых ситуаций на работе.

Необходимо создать динамичную рабочую среду, в которой управленческий потенциал сочетается с постоянно растущей автономией каждого сотрудника,

а также возможностью развития потенциала в рамках смежных отделов внутри компании. Большинство сотрудников рекламной индустрии уровня «Beginner» сообщают о позитивной настроенности относительно тренингов и мастер-классов внутри компании, данные занятия лучше всего совмещать с неформальным нетворкингом между сотрудниками из разных отделов и разных уровней, что позволит «новичкам» преодолеть возможные психологические барьеры на работе, а также обрести дополнительную мотивацию. Однако, стоит отметить, что чрезмерная поддержка действий сотрудников в области нетворкинга может привести к дезориентации от служебных обязанностей, крайне важно найти баланс в формировании культуры обучения и личностного развития внутри компании.

Наиболее важным служит период адаптации новичка без опыта или с небольшим опытом в компании, необходимо продумать систему стажировок, в рамках которой у каждого из сотрудников категории «Beginner» будет как формальный руководитель, так и неформальный наставник, который поможет не только получить новые навыки и знания, но адаптироваться в рабочем коллективе.

В ходе нашего исследования было выявлено, что сотрудники, которые находятся в начале своего пути не ставят материальную мотивацию в качестве своего приоритета, она для них находится на последнем месте, о чем свидетельствует группировка исследуемых данных по блокам. В соответствии с опросом, можно сделать вывод о том, что данный тип сотрудников более лоялен к колебаниям зарплатных ожиданий.

Для категории потенциальных соискателей «Beginner» важно в процессе работы увеличить уровень мотивации сотрудников: сформировать чувства долга перед компанией за счет устойчивого интереса в процессе обучения. Это можно сделать за счет прозрачной системы повышений сотрудников в грейдах при достижении определенных KPI, а также выстраивании грамотной системы наставничества для ускоренной интеграции в рабочие процессы.

Группа респондентов категории «Specialist» «нейтральны» по склонности к риску. 80% респондентов говорят в первую очередь о материальной мотивации в работе. Для улучшения условий материальной мотивации необходимо продумать систему, поощрений на основании KPI, в рамках которой каждый специалист будет понимать, что оплата труда напрямую зависит от результативности выстроенных рабочих процессов. Кроме того, четко прописанные KPI для каждой должности позволят сделать прозрачной систему повышения, поскольку карьерный рост также служит отличной

мотивацией. 14% опрошенных сообщили о том, что для них важна благоприятная среда внутри компании и коллектива. Активное взаимодействие с категорией сотрудников «Beginners» из смежных отделов позволит создать более объективную среду для раскрытия для категории начинающих сотрудников особенностей экосистемы компании, в которой они работают, а также позволит сотрудникам категории: «Specialist» улучшить свои менеджерские и управленческие качества, которые послужат катализатором для будущего продвижения по карьерной лестнице.

Группа респондентов категории «Lead» также, как и предыдущая группа «нейтральны» по склонности к риску. К основным мотивационным характеристикам относятся: материальная мотивация (45%), развитие и обучение (40%). Непрерывный цикл развития — характеристика, которая выделяет любого специалиста на рынке труда. Необходимо создать системы, в рамках которой менеджеры высокого уровня могли бы реализовывать неочевидные задачи и коммуницировать в рамках разных команд для того, чтобы постоянно получать новые опыт в рамках решения различных задач внутри компании. Относительно развития и обучения на помощь приходят внешние тренинги, посвященные развитию вспомогательных компетенций лидеров компании, таких как, ораторское искусство, управление командой, тайм-менеджмент, а также развитию исследовательского интереса и формированию кейс-подхода в работе, при котором любая проблема и ее решение рассматриваются, как инструмент к реализации на смежных проектах.

К общим выводам по трем группам респондентов относится подтверждение гипотезы о том, что высокий уровень мотивации напрямую влияет на производительность сотрудников. Мотивация является одной из предпосылок повышения эффективности работы в компании. Умение мотивировать сотрудников — ключевая задача, которая стоит перед руководством компании. Базовые факторы мотивации, такие как атмосфера на рабочем месте, уровень заработной платы, карьерный рост, нетворкинг на рабочем месте, развитие профессиональных компетенций, справедливая система оценки, свободное время, дополнительные льготы, хороший коллектив, индивидуальное принятие решений, информация о результатах работы, результаты работы, гарантия занятости, миссия компании, возможность применить свои способности, личностный рост, престиж, признание, самореализация, социальные блага, стресс, подход руководителя, рабочая среда, рабочее время, рабочая нагрузка и тип работы, удовлетворение которых служит инструментом для увеличения срока жизни в компании одного сотрудника.

При этом прямой корреляции между чувствительностью к риску и мотивацией выявлено не было, что свидетельствует о том, что систему мотивации можно условно делить на три группы для каждого типа сотрудников, в зависимости от занимаемой должности и разрабатывать программы в соответствии с занимаемой должностью, делая фокус на конкретных аспектах, которые были статически значимы для каждой из групп.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Hitka M. et al. Differentiated approach to employee motivation in terms of finance //Journal of Business Economics and Management. — 2021. — Т. 22. — №. 1. — С. 118–134.
2. Leonova I. S. et al. Strategic analysis of the motivation on employees' productivity: a compensation benefits, training and development perspective //Academy of Strategic Management Journal. — 2021. — Т. 20. — С. 1–11.
3. Murnpho S., Srathongkham T. The causal factors affecting work efficiency of employees state enterprise //International Journal of eBusiness and eGovernment Studies. — 2022. — Т. 14. — №. 1. — С. 168–180.
4. Riyanto S., Endri E., Herlisha N. Effect of work motivation and job satisfaction on employee performance: Mediating role of employee engagement //Problems and Perspectives in Management. — 2021. — Т. 19. — №. 3. — С. 162–174.

© Потехин Сергей Александрович (spotekhin-20@edu.ranepa.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# МЕТОД АДАПТИВНОГО ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МНОГОМЕРНЫХ СИГНАЛОВ В ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМАХ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS  
IN SIMULATION MODELING  
OF MULTIDIMENSIONAL SIGNALS  
IN REAL-TIME INFORMATION  
AND CONTROL SYSTEMS

**I. Rozanov  
A. Sotnikov**

*Summary.* The authors reviewed methods of artificial intelligence in the field of simulation modeling, proposed the method for increasing the adequacy of the generic simulation modeling system of multidimensional signals.

The method is based on a hybrid artificial intelligence system, that provides targeted search and clustering of input parameters of the simulation system.

The result of this method are visualized clusters of input parameters of the model, which allow the formation of recommendations for the selection of different ranges of parameters and adjusting the characteristics of a simulation model of multidimensional signals while ensuring its adequacy

*Keywords:* simulation modeling, hybrid systems, artificial intelligence, real-time systems.

**Розанов Иван Александрович**

Ведущий инженер НИЧ НУК ИУ МГТУ им. Н.Э. Баумана

**Сотников Алексей Александрович**

К.т.н

Московский Государственный Технический

Университет им. Н.Э. Баумана

sotnikov@bmstu.ru

*Аннотация.* Авторами рассмотрены технологии искусственного интеллекта и их возможность применения в области имитационного моделирования многомерных сигналов информационно-управляющих систем реального времени, предложен метод увеличения адекватности обобщенной системы имитационного моделирования многомерных сигналов.

Метод основан на гибридной технологии, которая обеспечивает направленный поиск и кластеризацию входных параметров системы моделирования, обеспечивающих её адекватность.

Результатом применения данного метода являются визуализированные кластеры входных параметров модели, которые позволяют формировать рекомендации по выбору различных диапазонов параметров и настройке характеристик имитационной модели многомерных сигналов при одновременном обеспечении ее адекватности.

*Ключевые слова:* имитационное моделирование многомерных сигналов, гибридные системы, искусственный интеллект, системы реального времени.

## Введение

**В** последние десятилетия резкий рывок в технологическом развитии электронной компонентной базы привел к автоматизации и роботизации различных областей промышленности развитых стран, быта семей и отдельно взятых людей. Ключевую роль в этих процессах играют информационно-управляющие системы. Одним из эффективных способов испытания сложных информационно-управляющих систем как на этапах разработки, так и на этапах производства является имитационное моделирование сигналов [1]. Основными задачами систем имитационного моделирования в данном случае являются адекватное воспроизведение входных сигналов информационно-управляющей системы и оценка результатов ее функционирования по выходным сигналам (рисунок 1).

В целом под имитационным моделированием сигналов в данной работе мы понимаем междисциплинарную область системной инженерии, направленную на формирование информационного поля, реализованного с использованием определенных физических явлений под управлением электронно-вычислительных средств и предназначенного для исследования информационно-управляющей системы. В общем случае система имитационного моделирования сигналов представляет собой программно-аппаратный комплекс, реализующий алгоритмы формирования и оценки физических сигналов информационно-управляющей системы для обеспечения ее функционирования в режиме реального времени.

Наиболее важным требованием к имитационной модели является ее адекватность. В общем случае под адек-

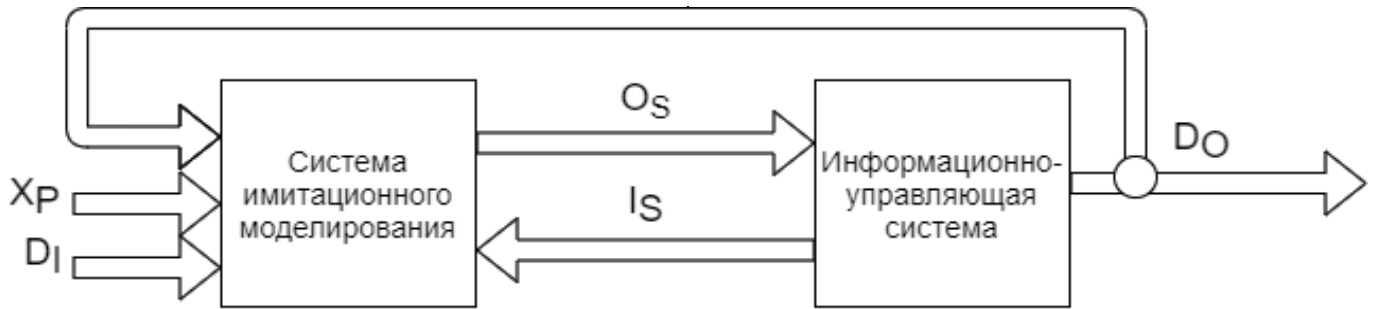


Рис. 1. Схема использования имитационного моделирования при полунатурных испытаниях: Xp — вектор входных параметров системы имитационного моделирования; Di — вектор входных параметров объекта моделирования (параметры имитированных сигналов); Do — вектор выходных параметров объекта моделирования; Os — Вектор выходных сигналов системы имитационного моделирования; Is — Вектор входных сигналов системы имитационного моделирования.

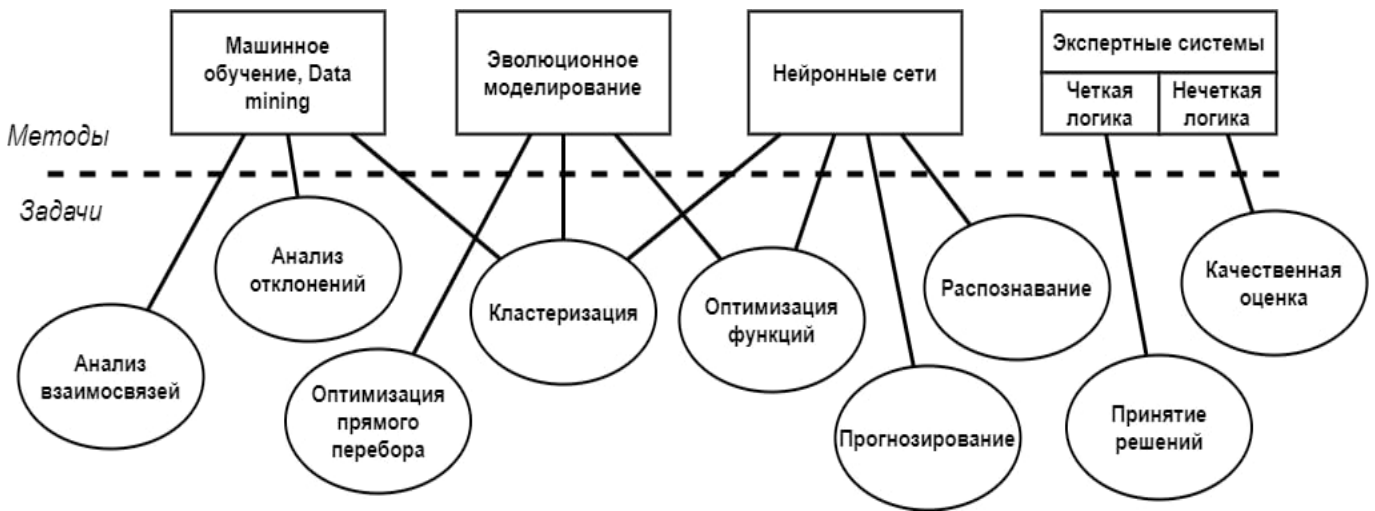


Рис. 2. Схема соответствия методов и задач искусственного интеллекта

ватностью понимают степень соответствия модели тому реальному явлению или объекту, для описания которого она строится с учетом целей исследования. Валидация имитационной модели на предмет ее адекватности представляет собой сложный процесс [2], как с точки зрения формального описания, так и, в общем случае, с точки зрения ресурсоемкости. В рамках проведения валидации модели необходимо оценить ее характеристики (точность, чувствительность, устойчивость, масштабируемость, производительность). Проверяемые характеристики модели зависят от вектора ее входных параметров и управляются им. Размерность вектора входных параметров в общем случае может быть большой, что является предпосылкой для использования в настройке модели методов и автоматизированных средств поиска оптимальной конфигурации системы имитационного моделирования. В некоторых случаях наиболее эффективным является аналитическое решение поставленной

задачи. Тем не менее зачастую «прямое» решение задачи связано с использованием слишком сложных вычислений и требует применения эвристических методов, либо предполагается динамическое изменение конфигурации системы имитационного моделирования в процессе функционирования с использованием обратных связей и адаптивной подстройкой параметров. Кроме того, есть задачи, решение которых не может быть записано в виде алгоритма и требует разветвленного подхода к принятию решений, подобного тому, что использует человеческий разум.

В данной статье авторами проведен анализ различных методов искусственного интеллекта, определена степень их соответствия требованиям применения в области имитационного моделирования сигналов, предложен метод увеличения адекватности обобщенной системы моделирования.



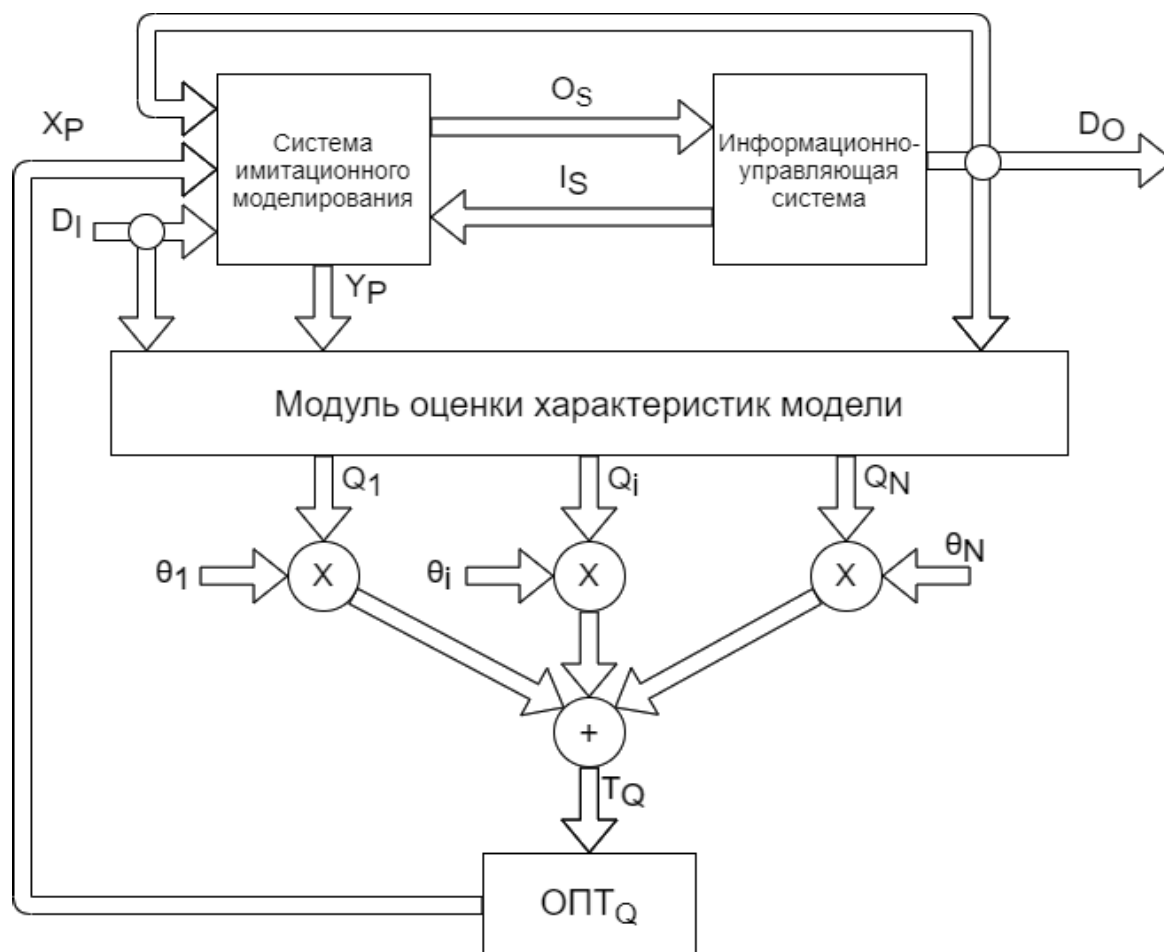


Рис. 3. Функциональная схема системы адаптивного управления параметрами:  $X_{p0}$  — вектор начальных параметров системы имитационного моделирования;  $Y_p$  — вектор выходных параметров системы имитационного моделирования;  $Q_i$  — вектор характеристики системы моделирования;  $\theta_i$  — вектор весовых коэффициентов характеристик системы моделирования;  $T_q$  — функция адекватности (качества) системы моделирования.

### Имитационное моделирование сигналов с применением технологии искусственного интеллекта

Искусственный интеллект — это область информационных технологий, направленная на создание компьютерных систем, имитирующих работу человеческого интеллекта при решении задач [3]. На данный момент наибольшее развитие получили такие методы искусственного интеллекта как нейронные сети, эволюционное моделирование, экспертные системы. Большое количество научных работ [4–7] посвящено применению данных методов для решения различных задач (рисунок 2).

Такие методы ИИ как нейросети и генетические алгоритмы позволяют организовать «направленный» поиск, что существенно сокращает ресурсоемкость

перебора входных параметров системы имитационного моделирования в процессе поиска оптимальных значений и обеспечения адекватности. На рисунке 3 представлена функциональная схема взаимодействия системы имитационного моделирования и информационно-управляющей системы с системой адаптивного управления параметрами модели.

Результатом работы такой функциональной схемы станет множество векторов входных параметров системы имитационного моделирования  $U_p$ , которые удовлетворяют выражению

$$\forall X_p \in U_p: T_q < T_{qmax},$$

где  $T_{qmax}$  — наибольшее значение функции  $T_q$ , при котором системы моделирования является адекватной [8].

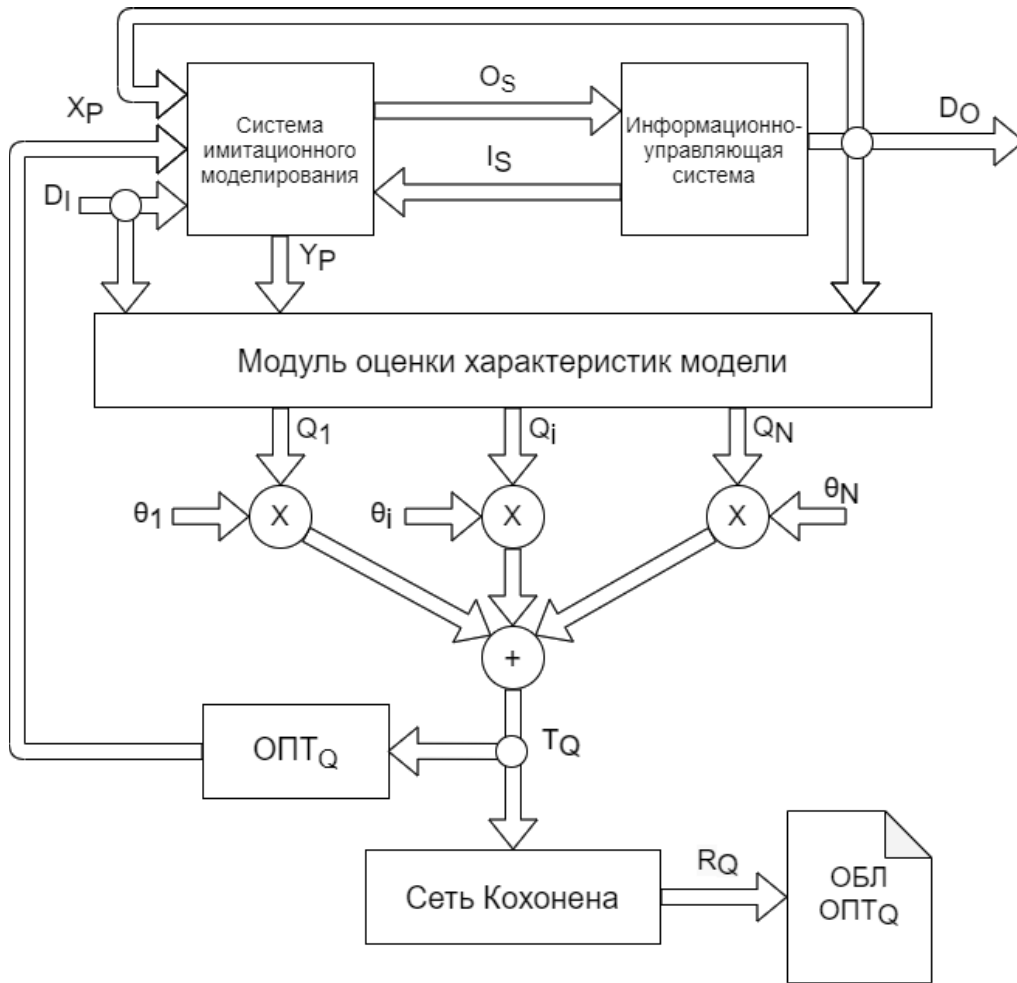


Рис. 4.— Структурная схема гибридной системы адаптивного имитационного моделирования:  
 $R_Q$  — вектор кластеризованных областей оптимальных параметров модели;

**Кластеризация параметров имитационной модели сигналов**

Сами по себе найденные значения вектора параметров представляют интерес с точки зрения адекватности модели, однако с инженерной точки зрения полезнее интервальные допущения, что ставит перед нами задачу кластеризации (рисунок 4).

Главной частью этой схемы является модуль оценки характеристик модели, в качестве которой авторы предлагают использовать нейронную сеть. Такая нейросеть в общем виде задается функцией активации, функцией ошибки и правилом пересчета весовых коэффициентов. Состояние каждого нейрона задается формулой

$$S = \sum_{i=1}^N Q_i \theta_i, \tag{1}$$

где  $\theta_i$  — весовые коэффициенты.

Функция активации  $f$ , как правило, подбирается в соответствии с конкретной предметной областью [9], и в общем виде значение аксона равно

$$Y = f(S),$$

а функция ошибки вычисляет вектор качества (адекватности) системной модели:

$$T(Q) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^p (y_i - d_i)^2,$$

где  $y_i$  — значение  $i$ -го выхода нейросети,  $d_i$  — целевое значение  $i$ -го выхода,  $p$  — число нейронов в выходном слое. Обучение такой адаптивной системы моделирования можно обеспечить, например, при помощи градиентного спуска:

$$\Delta w_{ij} = -\eta \cdot \frac{\partial E}{\partial w_{ij}},$$

$$\frac{\partial E}{\partial w_{ij}} = \frac{\partial E}{\partial y_i} \cdot \frac{dy_i}{dS_j} \cdot \frac{\partial S_j}{\partial w_{ij}},$$

где  $\eta$  — параметр, определяющий скорость обучения;  $y_i$  — значение выхода  $i$ -го нейрона,  $S_j$  — взвешенная сумма входных сигналов, определяемая по формуле (1).

Выработанные нейронной сетью оптимальные многомерные входные параметры имитационной модели размерностью  $p$  и многомерность вектора выходных параметров объекта моделирования обуславливают высокую сложность интерпретации результатов до и после кластеризации. Таким образом, важным фактором при выборе алгоритма кластеризации является возможность качественной визуализации, интерпретируемой человеком. Этим свойством обладают кластеризаторы в виде сетей Кохонена, которые также обеспечивают устойчивость к зашумленным данным [10]; позволяют обнаружить скрытые закономерности в больших массивах данных.

Сети Кохонена легко встроить в исходную систему моделирования, подключить дополнительные слои Кохонена к выходам первичного модуля искусственного интеллекта.

Для создания такой нейросети необходимо осуществить выбор количества кластеров  $K$ , который можно осуществить разными способами, указанными в литературе [11].

На стадии инициализации всем весовым коэффициентам присваиваются небольшие случайные значения  $w_{ij}^0, i = 1, 2, \dots, m$ .

На выходы сети подаются последовательно в случайном порядке образы  $y$  объектов входного слоя и для каждого из них выбирается «нейрон-победитель» с минимальным расстоянием:

$$\sum_{i=1}^m (y_i - w_{ij}^t).$$

Далее определяется подмножество ближайшего окружения «нейрона-победителя», радиус которого  $R$  уменьшается с каждой итерацией  $t$ .

Пересчитываются веса  $w_j^t$  выделенных узлов с учетом их расстояний до нейрона-победителя и близости к вектору  $y$ .

Последние 3 шага повторяются, пока выходные значения не будут стабилизированы с заданной точностью [12].

## Заключение

В результате проведенного анализа различных методов и технологий искусственного интеллекта авторами предложен метод адаптивного имитационного моделирования с гибридным искусственным интеллектом, обеспечивающий выполнение требования адекватности модели. Результатом применения предложенного метода являются кластеры значений параметров модели, позволяющие формировать рекомендации по настройке характеристик имитационной модели многомерных сигналов при одновременном обеспечении ее адекватности.

Данное исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22–11–00049, <https://rscf.ru/project/22-11-00049/> от 12.05.2022.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Строгалева В.П., Толкачева И.О. Имитационное моделирование (3-е издание), 2017.
2. Пепеляев В.А., Черный Ю.М. О современных подходах к оценке достоверности имитационных моделей//Режим доступа: <http://www.gpss.ru>, 2003.
3. Zeigler B., Muzy A., Yilmaz L. Artificial Intelligence in Modeling and Simulation//Computational Complexity/ ed. R.A. Meyers. — New York, NY: Springer New York, 2012. — P. 204–227.
4. Leondes C.T. Fuzzy Logic and Expert Systems Applications. — Elsevier, 1998. — 437 p.
5. Cook D.F., Ragsdale C.T., Major R.L. Combining a neural network with a genetic algorithm for process parameter optimization//Engineering applications of artificial intelligence, 2000, T. 13, N4, С. 391–396.
6. Bäck T., Schwefel H.-P. An Overview of Evolutionary Algorithms for Parameter Optimization//Evolutionary Computation, 1993, T. 1, N1, С. 1–23.
7. Better M., Glover F., Laguna M. Advances in analytics: Integrating dynamic data mining with simulation optimization//IBM journal of research and development, 2007, T. 51, Advances in analytics, N3.4, С. 477–487.
8. Королев М.Р., Лобейко В.И., Старусев А.В. Оценка адекватности комплексной модели сложной технической системы//Известия Волгоградского государственного технического университета, 2012, N4, С. 12–15.
9. Рудой Г.И. Выбор функции активации при прогнозировании нейронными сетями//Машинное обучение и анализ данных, 2011, T. 1, N1, С. 16–39.

10. Манжула В.Г., Федяшов Д.С. Нейронные сети Кохонена и нечеткие нейронные сети в интеллектуальном анализе данных//Фундаментальные исследования, 2011, N4, С. 108–114.
11. Елизаров С.И., Куприянов М.С. Проблема определения количества кластеров при использовании методов разбиения//Известия высших учебных заведений. Приборостроение, 2009, Т. 52, N12, С. 3–8.
12. Э.Ш.В.К. Мاستицкий С. Классификация, регрессия и другие алгоритмы Data Mining с использованием R.

---

© Розанов Иван Александрович, Сотников Алексей Александрович ( sotnikov@bmstu.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ГОРНОМ ДЕЛЕ

## SIMULATION MODELING IN MINING

**M. Salamova  
A. Mouraov**

*Summary.* The article analyzes the peculiarities of simulation modeling in mining. Development of simulation model is considered on an example of management of work of ventilation system of mine, for this purpose functioning of system has been presented in the form of two-component technological scheme. Categories of information flows necessary for development of a simulation model are also allocated. Separately, the graph of states of information management tasks of the mine ventilation system was formalized.

*Keywords:* simulation model, mine, ventilation system, information.

**Саламова Марьяна Теймуразовна**

Аспирант

Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)

salamova\_m\_t@mail.ru

**Моураов Алан Георгиевич**

К.т.н

Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)

mag-skgmi@yandex.ru

*Аннотация.* В статье проанализированы особенности имитационного моделирования в горном деле. Процесс создания имитационной модели рассмотрен на примере управления работой вентиляционной системы шахты, для этого функционирование системы было представлено в виде двухкомпонентной технологической схемы. Также выделены категории информационных потоков, необходимые для разработки имитационной модели. Отдельно формализован граф состояний информационных задач управления вентиляционной системой шахты.

*Ключевые слова:* имитационная модель, шахта, вентиляционная система, информационный поток.

Специфика функционирования горнодобывающих предприятий, разнообразие горно-геологических условий, большие затраты на реализацию технологических и технических решений в добыче полезных ископаемых определяют роль имитационного моделирования в обосновании и прогнозирования последствий принимаемых решений в деятельности предприятий горнодобывающей отрасли. Имитационное моделирование позволяет создать модель, которая описывает и воспроизводит процессы выполнения горных работ, поведение элементов исследуемых объектов на выбранном горизонте планирования.

Современное угольное предприятие представляет собой сложную систему, управление которой происходит с помощью адаптивных систем оперативно — диспетчерского управления, которые реализованы на базе информации, возникающей в процессе функционирования основных технологических процессов [1]. Большое количество информационных потоков, иерархичность их представления требует от диспетчеров использования многих вариантов решения задач и их оптимизацию в различных производственных ситуациях.

Так, например, критически важный для шахты участок вентиляции и система его безопасного функционирования (ВТБ), как практически и все другие производственные системы, сложен с организационной точки зрения вследствие многоплановости решаемых им задач. Поэтому адекватная ему модель призвана существенно снизить эту сложность. На среднестатистической шахте положение об участке ВТБ регламентирует семь его ключевых задач и 37 базовых технологических функций. Документооборот во внутренней и внешней среде описывается 32 основными положениями, а также рядом актов и решений, которые принимаются в случае необходимости. Эти особенности определяют схему и размерность информационных потоков, при этом около 50% из них представляют собой элементы с обратной связью, т.е. осуществляется двусторонний обмен данными и информацией между участниками [2].

Отсутствие однозначных объективных критериев, методов их оценки, а также ряд субъективных факторов, зависящих от уровня осведомленности и возможности переработки информации человеком, не всегда принимающим наилучшие решения, определяет необходимость создания системы автоматизированного управления ВТБ, которая минимизировала бы это нега-

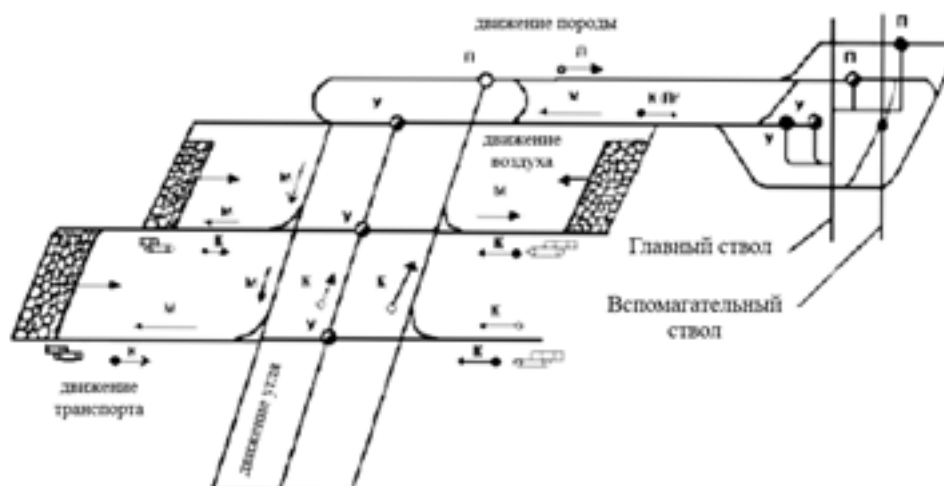


Рис. 1. Технологическая схема добычи угля и вентилирования шахты



Рис. 2. Типовая структура информационных потоков в процессе управления системой вентиляции шахты

тивное влияние в разрезе всего иерархического управленческого контура.

Опыт и практика свидетельствуют о том, что в качестве основы системы автоматизированного управления ВТБ, целесообразно использовать аппарат имитационного моделирования. Необходимость более детального изучения возможностей имитационной модели, ее ограничения и специфика построения предопределяют выбор темы данной статьи.

Значительный вклад в исследование вопросов развития информационного обеспечения системы управления предприятиями различных отраслей промышленности внесли такие ученые как: Городнов А. Г., Корнилов В. Ю., Федоров Е. Ю., Wang, Hехu; Xie, Fei; Li, Jing.

Обоснованию структуры имитационной модели решения задач управления основными производствен-

ными процессами угольной шахты посвятили свои труды Рыльников М. В., Власов А. В., Макеев М. А., Михайлов И. Д., Валеев А. Ф., Pang, Wenhua; Hou, Jinrui; Wu, Zenghai.

Однако, несмотря на имеющиеся труды и наработки, ряд проблемных вопросов требуют отдельного внимания и более углубленного анализа. В частности, задача установления новых зависимостей, учитывающих влияние вероятностных связей между контролируемыми параметрами работы угольной шахты путем использования процедуры имитационного численного моделирования требует более детального обоснования возможных вариантов решения.

Таким образом, цель статьи заключается в рассмотрении особенностей имитационного моделирования в горном деле на примере контроля за работой вентиляции угольной шахты.

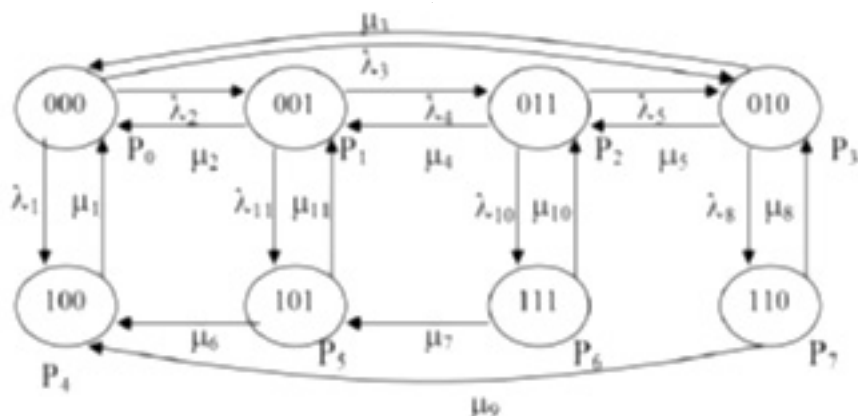


Рис. 3. Граф состояний информационных задач управления вентиляционной системой шахты

Контур функционирования системы вентиляции угольной шахты можно отразить в виде двухкомпонентной технологической схемы: одна часть отражает ключевые потоки работ непосредственно в выработке шахты, а вторая — информационные потоки, процедуры сбора, обработки и хранения данных с применением ЭВМ [3].

На основании анализа горно-геологических особенностей, технико-экономических показателей различных шахт автором выполнена классификация по характерным признакам технологических схем добычи угля и соответственно организации систем вентиляции. Основу классификации составили три группы процессов, отражающие особенности залегания пластов, систем вентиляции и систем разработки шахтных полей, схем и видов подземного транспорта угля и породы (рис. 1).

Система информационного обеспечения работы вентиляции шахты является иерархической, т.к. выполняются базовые правила иерархии: не предусмотрена прямая передача данных от исполнителей на низших уровнях в блок 1 и отсутствует подчиненность руководителя или исполнителя на одном функциональном уровне другому.

Анализ информационных потоков, обеспечивающих работу вентиляционной системы шахты, позволил определить три категории приоритетов для формирования соответствующих групп данных имитационной модели:

а) к первой группе относятся данные об экстренных ситуациях с главными и вспомогательными вентиляторами. В первую очередь это выход из строя оборудования, предельные значения загазованности, отказы в проточно-транспортной схеме и т.д. Для этой информации время обработки  $t_{обр} = 0$ ;

б) ко второй группе относится информация, используемая для настройки и коррекции режимов работы основного оборудования вентиляционной шахты. При этом время перенастройки  $t_{пер}$  определяется выражением:

$$t_{пер} = t_{обр} + t_{мех} + t_{оч}$$

где  $t_{обр}$  — время обработки информации первой группы данных;

$t_{мех}$  — время перестройки технологических механизмов работы вентиляционной шахты;

$t_{оч}$  — время ожидания до момента, когда будет пауза в технологическом процессе обслуживания вентиляционного оборудования.

в) третья группа — это данные, которые определяют информацию вспомогательных технологических процессов работы вентиляционного оборудования. Периоды их поступления в систему управления зависят от конкретных условий вспомогательных процессов, которые должны непрерывно отслеживаться в реальном масштабе времени [4].

Математическую модель контура поддержки заданной угловой скорости ветрового колеса вентиляционной установки шахты можно представить следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta\omega = \begin{cases} \omega(t) - \omega_{опт} | k_u \cdot u_{в.п.}(t), & \text{если } \frac{du_{в.п.}}{dt} < 0 \\ \omega(t) - \omega_{опт} | k_u \cdot u_{в.п.}(t), & \text{если } \frac{du_{в.п.}}{dt} > 0 \end{cases} \\ U_{завд}(t) = k_\omega \cdot \Delta\omega + \int_0^{2T} \Delta\omega dt \end{array} \right.$$

где  $\Delta\omega$  — разница между заданным и текущим значением угловой скорости;

$\omega_{opt}$  — значение оптимальной скорости вращения;

$\omega(t)$  — значение угловой скорости в текущий момент времени;

$k_u$  — коэффициент передачи по скорости вентиляционного воздушного потока;

$u_{в.п.}(t)$  — значение скорости вентиляционного воздушного потока в текущий момент времени;

$$\frac{du_{в.п.}}{dt}$$

производная от скользящего 2Т значения скорости вентиляционного воздушного потока;

$u_{зад}(t)$  — предельный уровень нагрузки оборудования вентиляционной системы в текущий момент времени;

$k_\omega$  — коэффициент передачи по угловой скорости вращения колеса;

$T$  — период вращения ветрового колеса.

Обозначив каждое состояние вентиляционной системы шахты трехразрядным двоичным кодом, получаем три бита информации, при этом каждый разряд этого кода означает входную информацию соответствующей группы. Следовательно, процесс обработки данных в системе управления описывается графом с восемью вершинами (рис. 3).

В каждый момент времени система находится только в одном состоянии, вероятность которого ( $P, i = \overline{1, 8}$ ) использована в качестве корректирующего коэффициента неравномерности работы вентиляционного оборудования шахты.

$$\begin{cases} P_0(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3) = P_1\mu_2 + P_3\mu_3 + P_4\mu_1 \\ (\mu_2 + \lambda_4 + \lambda_{11}) = P_0\lambda_2 + P_5\mu_{11} + P_2\mu_4 \\ P_2(\lambda_5 + \mu_4 + \lambda_{10}) = P_1\lambda_4 + P_3\mu_5 + P_6\mu_{10} \\ P_3(\mu_3 + \mu_5 + \lambda_8) = P_0\lambda_3 + P_2\lambda_5 + P_7\mu_8 \\ P_4\mu_1 = P_0\lambda_1 + P_5\mu_6 + P_7\mu_9 \\ P_5(\mu_6 + \mu_{11}) = P_1\lambda_{11} + P_6\mu_7 \\ P_6(\mu_7 + \mu_{10}) = P_2\lambda_{10} \\ P_0 + P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 = 1 \end{cases}$$

Полученные, в результате решения вышеприведенной системы уравнений, значения вероятностей можно использовать для оценки временных и количественных характеристик основных технологических процессов обеспечения работы вентиляционного оборудования.

Таким образом, в статье представлено описание имитационной модели управления контролируемыми параметрами работы системы вентиляции угольной шахты. Использование на практике этой модели позволит повысить эффективность контура оперативно-диспетчерского реагирования и мониторинга.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Филь О. В. Имитационное моделирование для развития платформы оператора линейной инфраструктуры // Автоматика, связь, информатика. 2020. № 8. С. 13–14.
2. Кузнецов И. С., Зиновьев В. В., Стародубов А. Н. Исследование влияния внеплановых простоев горных машин на добычу угля открыто-подземным способом методом имитационного моделирования // Уголь. 2020. № 9 (1134). С. 10–13.
3. Кузнецов И. С. Компьютерная система имитационного моделирования для оптимизации параметров экскаваторноавтомобильных комплексов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2022. № 6. С. 304–316.
4. Исламов И. Я. Разработка имитационной модели с применением метода Монте-Карло // Инновации и инвестиции. 2021. № 11. С. 16–18.

© Саламова Марьяна Теймуразовна (salamova\_m\_t@mail.ru), Моураов Алан Георгиевич (mag-skgmi@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



# ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЛИНГВОКОНТЕНТА В СФЕРЕ БИОТЕХНОЛОГИИ, ИНЖЕНЕРИИ ДЛЯ АКАДЕМИЧЕСКОГО, ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

## THE EFFECTIVENESS OF DIGITAL TECHNOLOGIES OF LINGUISTIC CONTENT IN THE FIELD OF BIOTECHNOLOGY, ENGINEERING FOR ACADEMIC AND PROFESSIONAL INTERACTION

**S. Syreskina**  
**N. Chigina**  
**E. Kalinichenko**  
**O. Maltseva**  
**E. Krestyanova**  
**V. Kamuz**

*Summary.* Intensive digitalization of information flow processing processes, which has permeated almost all spheres of society in recent decades, is initially focused on systematization and simplification of operating with large arrays of structured data. The nature and purpose of this data, in fact, does not matter to the machine code processing it. As you know, the most capacious sphere in terms of the scale of information exchange is social communication; the subject of interpersonal communication can be an unlimited range of issues related, inter alia, to social relations, people's daily concerns, the field of professional activity, as well as training.

The volumes of all kinds of content generated by humanity in real time, its thematic diversity, disorganization and multiformedness have reached such a size today that without the development of effective filtering algorithms, accounting and competent decoding of information flows, the value of the data contained in them will steadily decrease. The main problem in this regard, according to the author, is the automation of the processes of transformation of linguistic content. Taking into account the existence of thousands of independent language systems on the planet and an even larger number of dialects, and also taking into account that the development of relevant information today takes place not only in traditional analog text representation, but also in digital, including audio and video formats, this task cannot be called simple. The research of the processes described above is carried out by a special discipline – computational linguistics, the possibilities of which are currently not fully disclosed. The reason is the complexity of structuring linguistic content due to the national and cultural peculiarities of its formation in different countries of the world; significant apperceptive load inherent in human speech; insufficient development of artificial intelligence technologies. In this article, the author offers his own vision of the state and prospects for the development of digital

**Сырескина Светлана Валентиновна**

Кандидат педагогических наук  
Самарский государственный аграрный  
университет  
syreskinasv@mail.ru

Чигина Нелли Владимировна

Кандидат педагогических наук  
Самарский государственный аграрный  
университет  
Chigina\_nelli@mail.ru

**Калиниченко Элина Борисовна**

Кандидат социологических наук  
Саратовский государственный университет  
генетики, биотехнологии и инженерии  
kalinichenkoau@mail.ru

**Мальцева Ольга Геннадьевна**

Старший преподаватель  
Самарский государственный аграрный  
университет  
Nechaeva-og@mail.ru

**Крестьянова Елена Николаевна**

Самарский государственный аграрный  
университет  
Krest1970@mail.ru

**Камуз Валентина Владимировна**

Самарский государственный аграрный  
университет  
Kamuz-vv@yandex.ru

*Аннотация.* Интенсивная цифровизация процессов обработки информационных потоков, пронизавшая в последние десятилетия практически все сферы жизни общества, изначально ориентирована на систематизацию и упрощение оперирования большими массивами структурированных данных. Природа и предназначение этих данных, по сути, для обрабатываемого их машинного кода значения не имеют. Как известно, наиболее ёмкая с точки зрения масштабов информационного обмена сфера — это социальная коммуникация; предметом межличностного общения может выступать неограниченный круг вопросов, связанных, в том числе, с общественными отношениями, повседневными заботами людей, областью профессиональной деятельности, а также обучением.

Объемы генерируемого человечеством в режиме реального времени всевозможного контента, его тематическое разнообразие, дезорганизованность и мультиформатность достигли сегодня такого размера, что без разработки эффективных алгоритмов фильтрации, учета и грамотного декодирования информационных потоков ценность содержащихся в них данных будет неуклонно снижаться. Основной проблемой в этой связи,

technologies in the context of language content processing, including taking into account their application to solve specific tasks – use in the development of projects involving the construction of software and hardware complexes as part of biotechnological solutions, and the use of artificial intelligence (AI) technology for these purposes.

*Keywords:* computational linguistics, digital processing of linguistic content, NLG and NLU solutions in bioengineering.

по мнению автора, выступает автоматизация процессов преобразования лингвоконтента. С учетом существования на планете тысяч самостоятельных языковых систем и ещё большего числа диалектов, а также принимая во внимание, что выработка актуальной информации сегодня происходит не только в традиционном аналоговом текстовом представлении, но и в цифровом, в том числе аудио- и видеоформате, задачу эту нельзя назвать простой. Исследованием описанных выше процессов занимается особая дисциплина — компьютерная лингвистика, возможности которой в настоящее время до конца не раскрыты. Причина — сложность структурирования лингвоконтента из-за национально-культурных особенностей его формирования в разных странах мира; значительной апперцепционной нагрузки, свойственной человеческой речи; недостаточной развитости технологий искусственного интеллекта. В данной статье автор предлагает собственное видение состояния и перспектив развития цифровых технологий в контексте обработки лингвоконтента, в том числе с учетом их применения для решения конкретных задач — использования при разработке проектов, предполагающих конструирование программно-аппаратных комплексов как составной части биотехнологических решений, и применения для этих целей технологии искусственного интеллекта (ИИ).

*Ключевые слова:* компьютерная лингвистика, цифровая обработка лингвоконтента, NLG- и NLU-решения в биоинженерии.

**И**нформационные технологии (далее — ИТ-технологии), предназначенные для обработки лингвоконтента, преследуют цель программирования задач актуализации и манипулирования существенным контентом, содержащимся в информационном потоке, что подразумевает способность машин достоверно определять формат знаковой системы; выделять в речевом потоке смысловые ядра; корректно транскрибировать мультимедиа контент, опираясь на верификацию множества морфологических, грамматических и семантических признаков, соответствующих тому языку, на котором обрабатываемая информация была первоначально создана. Работы в этих направлениях ведутся, начиная с середины 1980-х гг., и сегодня они уже проторили себе дорогу как самостоятельные практико-ориентированные области знаний, решающие задачи алгоритмизации в области компьютеризированной обработки текста и речи, ее синтаксического и морфологического анализа в целях последующей оцифровки на основе ИИ-технологий и определения семантической нагрузки с учетом дискурсивного анализа.

Фундаментом для разработки программных решений, позволяющих «переводить» человеческую речь в формат машинного кода, являются т.н. NLP-алгоритмы обработки лингвоконтента (Natural language

processing), находящиеся на стыке ИТ-сферы, лингвистики и технологий, базирующихся на искусственных нейросетях. NLP содержит множество активно развивающихся в наши дни инструментов опосредования естественного (natural) и искусственного (machine) языков, наиболее востребованными из которых являются приложения типа NLG (Natural-language generation) — генераторы естественного языка, NLU (Natural-language understanding) — преобразователи естественного языка и OCR (Optical character recognition) — оптические распознаватели символов.

За более чем семьдесят лет своей эволюции NLP-технология преодолела путь от довольно грубого машинного перевода отдельных фраз (основанного на распознавании роли и места символов с помощью простого перебора предустановленных вариантов) до выявления неочевидных смысловых и эмоциональных оттенков речевого сообщения на основе интеллектуального анализа с использованием нейросетей. Сегодня компьютер уже способен «пересказать текст своими словами, например, на другом языке. Соответственно, машинный перевод <...> остается естественным мерилем достигнутого уровня зрелости ИИ в области машинной обработки языка (Natural Language Processing, NLP). Среди других практических примене-

ний NLP отметим: автоматическое выявление сущностей и отношений между ними (например, сбор фактов в интернете), определение эмоциональной окраски сообщений (например, анализ отзывов о брендах или политиках в соцсетях), автоматическое реферирование текстов (например, для тематических дайджестов) и генерацию контента в диалоговых системах» [3, с. 10].

Актуальность разработки программного обеспечения для обработки/преобразования человеческой речи не вызывает сомнений. Порядка 6 тыс. языковых систем, существующих в мире (причем более трех сотен из них насчитывают свыше миллиона носителей!), — лучшее тому подтверждение. И если перед собой мы ставим задачу эмулировать речь, язык человека, как инструмент выражения мысли, то «обработка естественного языка, вероятно, будет играть в этом важнейшую роль. Плюс в структурах данных и вложенных связях между словами кроется множество важных ключей к постижению разума...» [8, с. 24]. Очевидно, в этом случае информатика идет рука об руку с лингвистикой, без методического инструментария которой искусственный интеллект столкнулся бы с непреодолимыми сложностями при контент-анализе речевых сообщений с целью корректного кодирования/декодирования лингвистического контента. Системы искусственного интеллекта, несмотря на известную самообучаемость, пока не в состоянии в полной мере учитывать лингвоинформационные особенности культурной среды, к которой относится обрабатываемая речевая информация, тем более, когда речь идет о специфической профессиональной терминологии в соответствующем контексте. В то же время пространство использования языка практически не ограничено, а значит, потребность в адекватной систематизации и периодической модернизации массива лингвоконтента, которым оперируют ИИ-системы будет постоянно расти.

В нашем исследовании основное внимание будет уделено использованию возможностей информационных технологий обработки лингвоконтента преимущественно в сфере биотехнологий и коммерческих проектах — там, где процесс традиционного (межличностного) общения и/или обмена информацией затруднен или технически невозможен по объективным причинам.

При создании ИТ-комплексов, имеющих своей целью моделирование условного субъекта общения, аппаратной реализации речевого взаимодействия или интеллектуальной генерации связного текста, возникает необходимость грамматически и синтаксически правильно построить высказывание (задача формализации машинного речевого поведения), обеспечить смысловое единство сообщения, а также его

лексико-семантическое соответствие используемому лингвоконтенту.

В ряду базовых начал, формирующих архитектуру таких ИТ-комплексов, следует выделить необходимость обобщения лингвоконтента по заданным условиям, интегрированность алгоритмов преобразования обрабатываемой информации, интерактивность взаимодействия (реагирования) при формулировании/транскрибировании исходящей/входящей информации и модульность структуры обрабатывающих лингвоконтент алгоритмов.

Анализ лингвоконтента происходит с учетом его контекстуальной целостности, вариативности тематики, адекватности и обязательной аутентичности.

Контекстуальная целостность (или текстоцентричность) в нашем случае подразумевает опору на конкретный языковой материал, выступающий источником воспринимаемой/сообщаемой информации. Вариативность тематики указывает на задействование тезауруса, соответствующего избранной предметной области. Адекватность задач обработки языкового контента определяется уровнем требуемой языковой компетенции и особенностями формата подачи материала. Аутентичность характеризует соответствие результата предметной области, к которой принадлежит задействованный лингвоконтент.

Моделирование самообучаемых систем обработки лингвоконтента происходит, как правило, с учетом многообразия форматов преобразуемой информации. В этой связи возникает необходимость структурирования и определения смысловой иерархии отдельных элементов лингвоконтента, имеющих различную природу (аналоговый или электронный текст, аудиовизуальный контент или комбинирование нескольких типов информации), с целью выделения «единицы речевого образа», на базе которого впоследствии ИИ-системой будет создан цифровой отпечаток «речевого эталона», соотносимого с конкретной сферой компетенции. Такие единицы составляют опорные точки каркаса нейросети ИИ-системы, воспринимающей и/или генерирующей лингвоконтент.

В практическом отношении описанные выше процессы находят широкое применение в реализации поисковых алгоритмов онлайн-ресурсов, в системах автоперевода и приложениях-«суфлерах» с поддержкой голосовых команд. Эти возможности предоставляет научно-методический инструментарий компьютерной лингвистики (Computational linguistics), — специдисциплины, обобщающей научные подходы к описанию языковых систем посредством их математического

моделирования. Компьютерная (или вычислительная) лингвистика оформилась на стыке собственно лингвистики (включая психолингвистику), высшей математики, теории информации (кибернетики), концепции теории искусственного интеллекта и математической логики.

С первых экспериментов по автоматическому переводу текстов, созданных на естественном языке (речь идет об опытах Н. Хомского в университете Джорджтауна, США), прошло почти 70 лет. Тогда американским кибернетикам удалось реализовать алгоритм машинного перевода текста объемом в нескольких десятках предложений, который сносно выполнял перевод с русского на английский язык. Но окончательно перенос теории компьютерной лингвистики в практическую плоскость — то есть в сферу автоматизации процессов обработки естественных языков (NLP) на базе последних достижений в области электронно-вычислительной техники — состоялся сравнительно недавно — в конце прошлого века, что сразу отразилось на сфере биотехнологий, давно нуждавшейся в адекватных технических средствах (в первую очередь для транскрибирования и аудиовизуальной генерации речи), облегчающих жизнь людям с психофизиологическими недостатками, препятствующими непосредственному речевому общению. Вторым, не менее значимым практическим результатом цифровизации лингвистики, стало появление на ее основе мощного (интеллектуального!) инструмента фильтрации и извлечения нужной информации из циркулирующих и постоянно обновляющихся потоков данных и способность котекстно обусловленного манипулирования им.

Обработка текстовых массивов с использованием автоматических программных модулей на основе ИИ-решений облегчила пользователям, регулярно обращающимся к специализированным базам данных, поиск и вычленение нужной информации, позволив сконцентрироваться на более сложных интеллектуальных и творческих задачах. Кроме того, машинная обработка информации предоставила возможность оптимизировать выдаваемые итоговые данные «на лету» (что особенно важно для коммерчески значимых проектов), определяя значимые тенденции, выявляя контекстуальные взаимосвязи, формируя отчетные формы т.д.

Вообще говоря, цифровая обработка лингвоконтента — многоуровневый процесс. В частности, его базу составляет фонология (изучающая звуковой ландшафт речи), на которую как на фундамент опирается теория графического отображения символов языковой системы; далее следует надстройка, описывающая законы словообразования, составные элементы лексем и принципы их сочетания (морфология); потом позиционируется уровень взаимосвязи слов в предло-

жении — его регламентирует синтаксический строй; далее идут надстройки, соответствующие значению и смыслу (семантике) слов и высказываний, а также целям и способам речевого поведения индивидов (модально-прагматический комплекс) завершают общую картину лингвистического анализа. В таком порядке обычно и происходит автоматическая (конвейерная) обработка лингвоконтента компьютером; основная цель этой обработки — выявление отдельных грамматических конструкций и определение семантического посыла, содержащегося в сообщении.

Формализация алгоритмов лингвистического анализа на данный момент производится в программных средах, соответствующих высокоуровневым динамическим языкам программирования, арсенал которых постоянно пополняется разносторонними вспомогательными библиотеками и специальными платформами (фреймворками). К таким языкам можно отнести Prolog, Lisp, Python, целый ряд менее значимых языков узкого предназначения, прикладные модели нейросетей, различные способы индексации и снижения размерности (эмбединги) массивов данных.

Наряду с обработкой текстовых сообщений одним из особенно востребованных составных частей функционала компьютерной лингвистики считаются формализованные методы, позволяющие воспринимать и исследовать по заданной программе медиаконтент, объем которого по понятным причинам в современном информационном пространстве в разы превышает количество вновь создаваемого авторского текста.

Обобщая вышесказанное, представим направления, связанные с обработкой лингвоконтента, в виде нескольких групп:

- ◆ программные средства поиска и отбора данных;
- ◆ алгоритмы автоматического перевода;
- ◆ генераторы электронного текста с заданными параметрами;
- ◆ текстовые компиляторы;
- ◆ автодиалоговые системы и чат-боты;
- ◆ системы коммуникации для лиц с ограниченными возможностями.

Особняком располагаются программные инструменты по автокоррекции электронного текста (функционал текстовых редакторов офисных приложений), ИИ-технологии автореферирования, модули создания и поддержки электронных справочных банков данных и агрегаторы корпусов текста.

Отметим: создание корпусов текста в деле восприятия/распознавания естественного языка машинным кодом — крайне важное дело и ответственное (ког-

да, к примеру, ставится задача формирования корпуса исчезающего языка). Эта работа весьма трудоемка и требует особой тщательности. Корпус текста обязан быть исчерпывающе репрезентативным, он должен содержать конкретные свойства изучаемого объекта (слова) определенной языковой системы и его конкурданские формы (так, объем корпуса «Банк английского языка» достигает 2,5 млрд. (!) слов). Очевидно, что без автоматизации процедур аккумуляции такого рода информации множество научных задач решить было бы очень сложно, — даже на начальном этапе эволюции корпусных массивов, их размерность достигала миллионов словоформ. Структурирование подобной информации требует многократной сортировки, статистической обработки и индексации данных по разным ключам. При составлении корпусов — будь это специальный корпус или универсальный — предварительно формулируются определенные управляющие параметры его структуры. Составленный корпус чаще всего содержит в себе программу-фильтр, позволяющую выполнять извлечение данных по заданному критерию.

Синтезирование человеческой речи и генерирование по формальному или содержательному ключу связного текста, как указывалось выше, реализуется на основе интеллектуальной обработки лингвоконтента — NLU- и NLG-программно-аппаратных комплексов. Генераторы естественного языка активно применяются в настоящее время в сфере маркетинга и массовых контактов (т.н. чат-боты).

Что касается обозначенной в названии статьи сферы биотехнологий, то возможности цифровой обработки лингвоконтента задействованы в целях социальной адаптации инвалидов с различными патологиями (психического, интеллектуального, физиологического характера), а также лиц с нарушениями сенсорики и когнитивных способностей. Приборы, реализующие функцию синтеза речи для людей, не способных говорить, дают им фактически путевку в новый мир, наполненный общением и взаимодействием.

Наиболее часто встречающаяся форма сенсорной дисфункции — нарушения, связанные с частичной или полной потерей слуха (причины недуга — самые разнообразные: от генетических сбоев и тяжелых осложнений после перенесенных заболеваний до привычной старческой немощи и побочных действий некоторых лекарственных препаратов). С этой проблемой регулярно сталкивается около полумиллиарда человек (согласно последним прогнозам к середине века этот показатель приблизится к миллиарду!). Именно поэтому востребованность программно-аппаратных решений в области распознавания (синтезирования) речи будет возрастать высокими темпами.

Исторический путь технологии распознавания речи теряется в 1970-х — начале 1980-х гг., когда появились первые опытные разработки в этой области. Но заметные подвижки произошли на рубеже XX–XXI вв. и в начале 2010-х гг., когда были созданы довольно эффективные алгоритмы транскрибирования. Однако настоящим прорывом стало использование для этих целей нейросетей — систем, построенных на основании сложных математических моделей, воспроизводящих функционирование нервных клеток мозга человека (которые способны самообучаться и работать как единая система, выполняя операции за счет избирательного установления связей друг с другом). На подобных принципах построены не только интеллектуальные системы генерации и распознавания речи, но и более узкие в функциональном плане адаптивные комплексы — программы цифровой обработки речи, улучшающие ее восприятие; речевые модуляторы, предназначенные для ухода за больным с когнитивными и сенсорными нарушениями; программируемые комплексы, реализующие ассистивный функционал; мультимодальные интерфейсы для инвалидов; систем графического воспроизведения речи для людей с вербальной дисфункцией и пр.

Однако возможности реализации более совершенных ИТ-проектов в сфере компьютерной лингвистики тормозит отсутствие квалифицированных специалистов, а также недостаточный уровень развития технологий искусственного интеллекта, которые пока не способны в полной мере выявлять и учитывать контекстные смысловые связи при обработке речи, уверенно распознавать речь человека независимо от его дикции, членораздельности, языковой грамотности. Действительно, программируемые нейросети (особенно, когда речь заходит о т.н. «глубоких» нейронных сетях для систем машинного интеллекта сверхвысокой размерности), обрабатывая лингвоконтент «улавливают тонкие оттенки смысла и могут использовать их для решения практических задач (например, классификации текстов). Однако чрезвычайно сложно ответить на вопрос: «Понимает ли машина человеческий язык?»» [3, с. 23]. И всё же инженерной мысли человечества есть что представить на суд общественности:

- ♦ Euphonia — площадка, предназначенная для сбора данных о голосах людей с нарушениями речевой функции в целях обучения разработки алгоритма, способного воспринимать и понимать «речь» таких людей. С точки зрения алгоритма ее функционал выглядит следующим образом: «лингвистическая модель анализирует информацию, получаемую от акустической модели, и формирует окончательный результат распознавания. На основе вероятностного расчета компьютер определяет, что именно мог произнести поль-

зователь. <...> Компьютер распознает наиболее важные признаки произношения пользователем фонем и записывает полученные данные в виде профиля пользователя...» [4].

- ◆ Live Relay — проект, транспонирующий голос из аудиорежима в текстовые сообщения во время телефонного разговора, а также производящий обратную итерацию (предназначен для людей, страдающих нарушением слуха);
- ◆ Cognixion One — программная среда, разработанная американскими инженерами-энтузиастами, считывающая сигналы нейронов головного мозга и воспроизводящая на основе этих сигналов графические изображения в формате Augmented Reality — дополненной реальности (компенсирует отсутствие речи);
- ◆ Переводчик жестового языка, доступный онлайн,— разработка ученых Новосибирского государственного технического университета;
- ◆ мобильные приложения с функцией сурдоперевода, возможностью сопровождения аудиосообщений автосубтитрами или функционалом для слабовидящих.

Разумеется, приведенный обзор демонстрирует лишь отдельные образцы индустрии, реализующей на практике научные изыскания компьютерных лингвистов.

Отметим — практически во всех перечисленных сферах цифровых технологий обработки лингвоконтента (поиск и извлечение информации из текста, создание диалоговых модулей и ботов-контактеров, распознавание и синтез речи, автоматизированный перевод и генерация связного текста) представлены российские ИТ-компании. Mail.ru Group, Яндекс широко известны отечественным пользователям. Компания Intento, которая специализируется на системах с искусственным интеллектом, выполняющих квалифицированный машинный перевод, дополненный такими возможностями, как систематизация текста по заданным параметрам, анализом его модальности и графической разметкой. Одним из ветеранов отечественного ИТ-сегмента является компания АBBYU, занятая проектами в сфере обработки

информации на основе ИИ-технологий, бизнес-аналитикой и решениями в области оптического распознавания текстовой информации. Таким образом, цифровые технологии обработки лингвоконтента, которые включают в себя множество отдельных направлений, ориентированных на автоматизацию тех или иных процедур преобразования информации и интеллектуального контекстного анализа, переживают в нынешний момент небывалый подъем. Важно, что ИТ-решения, ориентированные на работу с лингвоконтентом, играют роль не только инструментов для решения практических задач, но и выполняют чисто исследовательские функции, давая обильную пищу для анализа специалистам по изучению закономерностей построения семиотических систем (как естественных, так и искусственных); позволяя вести активный международный научный обмен и расширять образовательное пространство, попутно применяя результаты научно-исследовательских работ для создания технических средств, облегчающих социализацию людям с ограниченными возможностями. Интенсивно ведутся работы по формированию специальных и универсальных текстовых корпусов, включая подготовку спецсловарей и универсальных грамматических сводов, опирающихся на данные последних достижений компьютерной лингвистики.

По некоторым оценкам, рынок NLP-приложений за четыре-пять лет может вырасти до рекордного годового объема в \$35 млрд. с соответствующими ежегодными темпами прироста в 20 и более процентов! С учетом того, что современные формы естественного языка продолжают всё более усложняться, обогащаясь (в том числе посредством взаимовлияния языковых систем друг на друга), объем работы для теоретиков и практиков, занятых систематизацией массива лингвоконтента, его адаптацией и оптимизацией для машинной обработки, будет нарастать. При этом главными площадками, на которых подобные алгоритмы будут востребованы, на наш взгляд останутся сфера академического образования; профессиональные международные контакты; коммерческие проекты, связанные с социальной коммуникацией, а также область прикладных биотехнологических решений, ориентированных на людей с ограниченными возможностями.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматическая обработка текстов на естественном языке и анализ данных: учеб. пособие / Большакова Е.И., Воронцов К.В., Ефремова Н.Э., Клышинский Э.С., Лукашевич Н.В., Сапин А.С. — М.: Изд-во НИУ ВШЭ, 2017.
2. Выготский Л.С. Мышление и речь. Собр. соч. в 6 т. Т. 2. М., 1982.
3. Искусственный интеллект. Обработка естественного языка, распознавание и синтез речи: альманах. Сингапур: ЦНТИ МФТИ, 2019.
4. Казачкин А.Е. Методы распознавания речи, современные речевые технологии // Молодой ученый. 2019. № 39 (277). С. 6–8 (дата обращения: 21.09.2022).
5. Леонтьев А.А. Основы психолингвистики. М.: Смысл, 1999.

6. Николенко С., Кадури А., Архангельская Е. Глубокое обучение. СПб.: Питер, 2018.
7. Распознавание речи: очень краткий вводный курс. URL: <https://www.toshiba-clip.com/en/detail/7655> (дата обращения: 22.09.2022).
8. Хобсон Л., Ханнес Х., Коул Х. Обработка естественного языка в действии / Серия «Для профессионалов». СПб.: Питер, 2020.
9. Junhua Mao, Wei Xu, Yi Yang etc. Explain Images with Multimodal Recurrent Neural Networks Attention // arXiv, 2014. URL: <https://arxiv.org/abs/1410.1090> (дата обращения: 14.09.2022).

© Сырескина Светлана Валентиновна ( syreskinasv@mail.ru ), Чигина Нелли Владимировна ( Chigina\_nelli@mail.ru ),  
Калиниченко Элина Борисовна ( kalinichenkoau@mail.ru ), Мальцева Ольга Геннадьевна ( Nechaeva-og@mail.ru ),  
Крестьянова Елена Николаевна ( Krest1970@mail.ru ), Камуз Валентина Владимировна ( Kamuz-vv@yandex.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Самара

# ПРОЦЕДУРА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И НАСТРОЙКИ ЭФФЕКТА РЕВЕРБЕРАЦИИ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ AUDACITY® НА ОСНОВЕ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ NYQUIST

## PROCEDURE OF DESIGN AND ADJUSTING THE REVERBERATION EFFECT IN AUDACITY® SOFTWARE COMPLEX DRIVEN BY NYQUIST PROGRAMMING LANGUAGE

V. Taran

*Summary.* The paper covers engineering and technical aspects of audio material processing by computer methods. Audacity® editor and Nyquist programming language are basic auxiliary technical means for the material processing. The paper both from theoretic and practical point of views considers one of the most problematic issues in the area of computer engineering — reverberation of audio data. Relying on the impressive spectrum of technical manuals and carefully crafted problem oriented literature the author carries out the analysis of issues affecting the applicative features of audio signal formation by using simulation algorithms. Simulation of sound reverberation algorithms are the basis of ongoing research. Guided by his own technical experience as well as programming practices the author suggests personal concept of applying reverberation algorithms to processing audio material. Spring-controlled comb reverberation plug-in being developed by the author could be used as one of the samples when spatial emulating for the formation of 3D effects enriching of composition with original design. And in some (special) cases — when restoring the audio material. The argumentation of the author in favor of using the Audacity® software complex as a multifunctional tool for processing audio material allows expanding the multidimensional facets of scientific discussion in this area. Such a discussion will undoubtedly shed light on many areas concerning private engineering practices of audio processing.

*Keywords:* Audacity® editor, Nyquist programming language, NyquistIDE, NyquistPrompt, Nyquist-processing, LISP oriented programming languages, computer processing of audio material, audio data processing algorithms, simulation algorithms, space geometry, acoustics, reverberation, reverberation behaviors, spring-controlled comb reverberation.

Таран Василий Васильевич

Кандидат культурологии

Всероссийский институт научной и технической

информации РАН

allscience@lenta.ru

*Аннотация.* Статья освещает инженерно-технические аспекты обработки аудиоматериала компьютерными методами. Главными вспомогательными техническими средствами по обработке аудиоматериала выступают — редактор Audacity® и язык программирования Nyquist. В статье рассматривается одна из самых проблемных тематик в области компьютерной аудиоинженерии — реверберация аудиоданных как с теоретической, так и с научно-практической точек зрения. Автор, основываясь на внушительном спектре технических инструкций и тщательно проработанной проблемно-ориентированной литературе, проводит анализ вопросов, затрагивающих прикладные особенности формирования аудиосигнала с использованием имитационных алгоритмов. В основе проводимого исследования лежат алгоритмы имитационного моделирования реверберации звука. Руководствуясь собственным техническим опытом, а также практиками программирования, автор предлагает персональную концепцию применения алгоритмов реверберации к обрабатываемому аудиоматериалу. Модель плагина пружинно-гребенчатой реверберации, разработанная автором, может быть использована в качестве одного из образцов при виртуализации пространств с целью создания трёхмерных эффектов, насыщающих звуковые композиции оригинальным дизайном, а в некоторых (особых) случаях — при реставрации аудиоматериала. Аргументация автора данной статьи в пользу применения программного комплекса Audacity® в качестве мультифункционального инструмента обработки аудиоматериала, позволяет расширить многоаспектные грани научной дискуссии в данном направлении, которая, несомненно, прольёт свет на многие области, касающиеся частных инженерных практик обработки аудиоматериала.

*Ключевые слова:* редактор Audacity®, язык программирования Nyquist, NyquistIDE, NyquistPrompt, Nyquist-обработка, LISP-ориентированные языки программирования, компьютерная обработка аудиоматериала, алгоритмы обработки аудиоданных, имитационные алгоритмы, геометрия пространств, акустика, реверберация, свойства реверберации, пружинно-гребенчатая реверберация.

**В**обрав в себя лучшие визуально-ориентированные (технические) инструменты по редактированию аудиоматериала и интегрировав в свою основу командно-ориентированное приглашение языка программирования Nyquist (далее по тексту — язык Nyquist) в сочетании с программой спут-

ником NyquistIDE — Audacity® вполне заслуживает характеристик полноценного профессионального программного комплекса по редактированию звука [1,2]. Вся история проекта Audacity® — это непрерывное совершенствование собственной (уникальной) интерфейсной оболочки и программного ядра, направлен-



ное на улучшение качества обработки аудиоматериала программным и интерфейсно-ориентированным путями.

Благодаря открытому распространению своего программного обеспечения, команда Audacity Team имеет возможность учитывать пожелания потенциальных пользователей редактора Audacity®, среди которых есть как профессионалы своего дела, так и любители, обладающие базовыми знаниями в рассматриваемой нами области. Первые в свою очередь могут являться разработчиками данного программного обеспечения, особенно если они имеют достаточный опыт в сфере проектирования модулей обработки звука в сочетании с навыками высокоуровневого программирования.

Такие люди могут быть чрезвычайно полезны для Audacity Team, поскольку они могут обладать уникальным опытом в области редактирования аудиоматериала аналоговым способом либо аналогово-цифровым, и могут являться незаменимыми советниками в процессах проектирования цифровых — интерфейсно-ориентированных и программных модулей Audacity®.

В свою очередь любители могут выступать в качестве тестировщиков программного обеспечения, сообщая в службу поддержки Audacity® ценные технические сведения, собранные в результате применения таких модулей к обработке аудиоматериала, среди которых могут быть: устойчивость отклика модуля при обработке больших массивов аудиоданных, удобство схемы интерфейса модуля, настройка модуля в разных версиях программы и прочие важные характеристики.

Открытость проекта Audacity® даёт возможность любому человеку, имеющему соответствующую квалификацию, находящемуся в удалении от основного офиса разработки Audacity®, дорабатывать исходный код программы под свои нужды, согласно лицензии GNU. Все, перечисленные выше аргументы в пользу Audacity®, делают этот программный комплекс лидером среди открытого программного обеспечения в сегменте аудиопроизводства.

Audacity® присуща развитая система модулей обработки аудиоданных, среди которых есть и Nyquist-модули. Модули<sup>1</sup>, написанные на языке Nyquist, отличаются

<sup>1</sup> Прим. автора. Модуль и «плагин» являются равнозначными понятиями с точки зрения подключаемого периферийного интерфейса обработки аудиоинформации. Модуль может являться плагином, в случае адаптации под него больших фрагментов кода одного языка программирования, но имеющего разный синтаксис. Модуль, как правило, прикрепляется к секции, в условиях редактирования аудиоданных секцией — может служить дорожка или набор дорожек. В первом случае программа ведёт

гибкостью настройки, возможностью переноса такой настройки в другие версии программы, а также позволяют вести доработку алгоритма модуля до уровня, соответствующего запросам инженера по звуку [3]. Такое положение дел выводит Nyquist-программирование в особый ранг инженерного ремесла. Программирование данного типа позволяет производить редактирование аудиоматериала, моделируя и применяя к нему различные психоакустические образы<sup>2</sup>, с возможностью гибкой корректировки аудиосигнала и дальней-

обработку данных в неявном режиме, а во втором — сумма данных обрабатывается в явном режиме. При этом модуль использует оболочку штатного интерфейса программы и является зависимым от её архитектуры. Плагин, как правило, это автономное виртуальное устройство (с собственным интерфейсом), подключаемое к программе, осуществляющей поддержку технологий-посредников, к примеру, VST или AAX. И хотя между данными понятиями всё же имеется небольшая разница, для упрощения аппарата наших терминов мы уравниваем эти понятия, поскольку надлежащие технические инструкции, опубликованные в интернете командой Audacity® применительно к арсеналу Nyquist-программирования, оперируют термином «плагин». Это может происходить по причине того, что многие разработчики используют англоязычный термин «standalone» по отношению к плагинам, поддерживающим статус полностью автономной программы, позволяющей вводить и выводить данные напрямую с помощью интерфейса. В тоже время плагин может иметь и зависимый статус. Причинами могут выступать высокая ресурсоёмкость программного кода, которая задействует скрытые резервы программы, а также тяжёлый интерфейс, включающий в свою оболочку трёхмерные элементы дизайна конструкции.

<sup>2</sup> Прим.автора. (по определению автора — Таран В.В., 2022) Психоакустические образы — в компьютерном моделировании аудиоматериала — это акустические элементы, имитирующие определённые характеристики\* звучания аудиоматериала.

\*Обычно подобные характеристики задаются оператором обработки аудиоматериала (звукорежиссёром, саундпродюсером, саунддизайнером). Характеристики можно отнести к специализированным техническим эффектам, создающим, как правило, пространственную имитацию, позволяющую сформировать у потенциального приёмника аудиоинформации (слушателя) картину псевдореальности, погружая слушателя в искусственно созданную аудиальную атмосферу. В качестве примера «пространственной имитации» как раз может выступить реверберация. Реверберация, являясь физическим процессом, может быть успешно смоделирована компьютерными алгоритмами на основе которых с помощью аналогово-цифрового и обратного цифро-аналогового преобразования можно до бесконечности воспроизводить её образ, корректируя присущие ей акустические свойства. Рассматриваемую нами «пространственную имитацию», моделируемую компьютерными алгоритмами, можно разделить на два вида:

Пространственная имитация, цикл которой произведён методом разбивки аудиоматериала на микроотрезки времени, хронометраж которых может определяться наименьшими значениями числовых данных (нано-, зепто-, секунды)\*\*.

Пространственная имитация, цикл которой смоделирован технологиями компьютерного аудиосинтеза\*\*\*

\*\* В первом случае, это наиболее приемлемая форма построения алгоритма реверберации с учётом числовых характеристик её цикла. Часто используется в качестве основного образца применения эффекта реверберации к обрабатываемому аудиоматериалу.

\*\*\* Во втором случае, это более сложная система алгоритмов, использующая технологии аддитивного и субтрактивного синтеза, применяемого к звуковой волне аудиоматериала, причём сам аудиоматериал может являться импульсным источником для повторения огибающей основного (обрабатываемого) звука, заранее предобработанного алгоритмом сигнала. Таким образом, происходит микширование на одной дорожке предобработанного аудиосигнала с основным звуковым материалом.

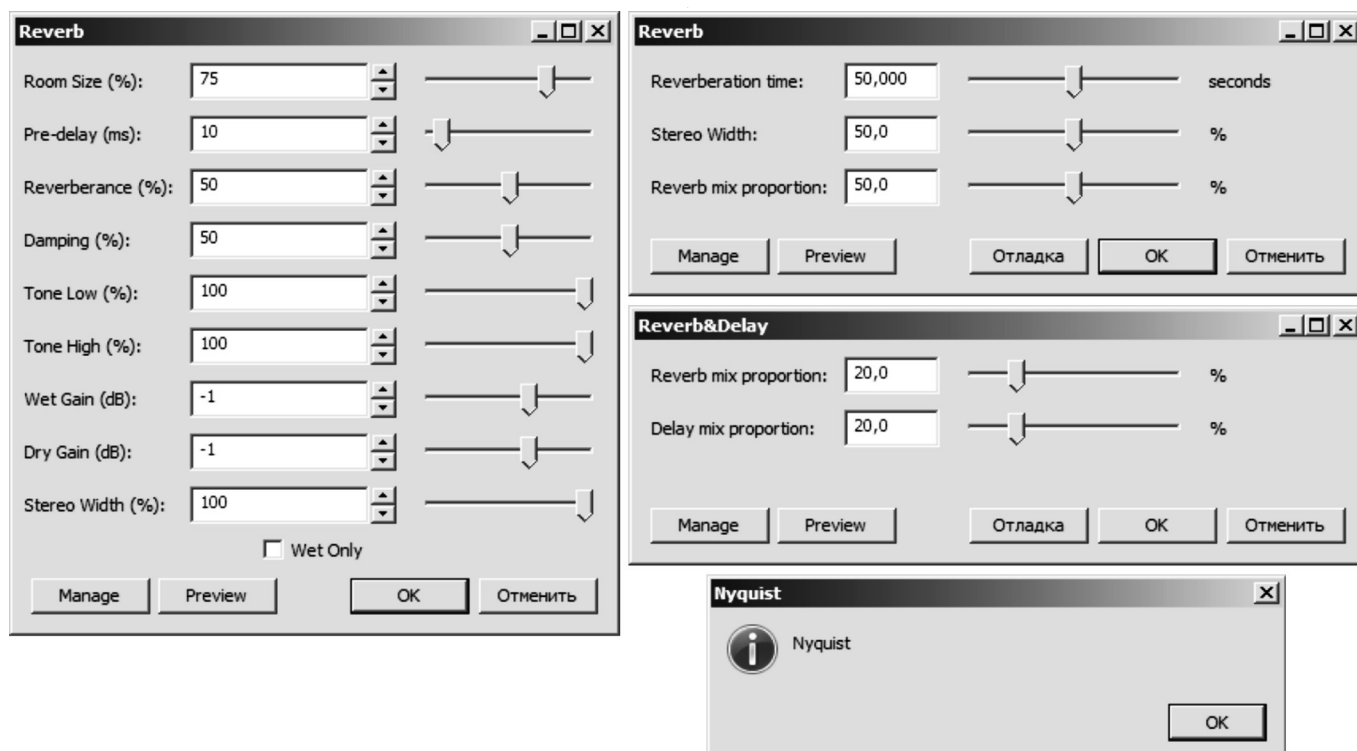


Рис. 1. Работа с модулями реверберации в программном комплексе Audacity®.

шего его вывода через цифровые библиотеки записи и чтения этого вида данных [4,5]. Одним из главных водоразделов изучения компьютерной аудиоинженерии и смыкающейся с ней аудиоинформатики, является психоакустика.

Психоакустика — это научное направление, сформировавшееся под влиянием нескольких дисциплин: акустики (как раздела общей физики), медицины, психологии и в недавнем прошлом — компьютерных наук (информатики). Психоакустика изучает аспекты влияния звука на человека. Данное направление исследований помогает разобраться, как и каким именно образом, человеческий мозг воспринимает звуковые сигналы [6].

В современном понимании психоакустика также затрагивает исследования, посвящённые вопросам моделирования психоакустических артефактов, помогающих создавать образное пространство в человеческой памяти и тем самым лучше запоминать и обрабатывать аудиоинформацию [7]. Одним из таких артефактов является реверберация [8,9].

Реверберация с точки зрения физики (акустики) — это способность волн производить кратковременные отклики, характеризующиеся отражением звука от границ замкнутого пространства.

С точки зрения медицины и психологии реверберация не имеет устоявшегося определения в силу недостаточного изучения мыслительных процессов, происходящих в человеческом мозге. Однако это не мешает нам не замечать реверберацию в условиях жизни, так или иначе мы сталкиваемся с ней повсюду, к примеру, когда слышим речь в замкнутом объёмном пространстве.

Некоторые характеристики реверберации взяты за основу профессиональными звукоинженерами для моделирования звуковых эффектов, задающих текстурные ландшафты, широко применяемые в звукозаписи, составлении алгоритмических композиций, компьютерных играх, кинематографии, трёхмерном моделировании, радиовещании и телевидении [10]. И это вполне объяснимо, потому что во всех перечисленных формах прикладного искусства, часто бывает просто необходимо вызвать у аудитории образ личного участия в моделируемых (постановочных) процессах — создать эффект присутствия (соучастия).

В аудиопроизводстве эффект присутствия может иметь разные формы, но все они так или иначе имеют связь с реверберацией. Например, эффект классической вибрации звука (vibe-эффект), создающий резонансные отклики, в основе которого используется наносекундная (иногда зептосекундная) задержка. Эф-

фект дилея (delay), также строится на похожем принципе, однако в этом случае существует разница в задержке сигнала по промежуточному хронометражу. И это только наиболее яркие (широко применяемые) эффекты, в основу которых заложены принципы реверберации.

Компьютерные технологии смогли дать огромную почву для проведения исследований, связанных со звуком и его акустическими артефактами. В понимании прикладных инженерно-технических процессов компьютерные технологии предоставили широчайшую базу для проведения экспериментов со звуком.

В Audacity®, в принципе, как и в любом другом редакторе по звуку, реверберация является одним из центральных звеньев периферийных модулей обработки звука (плагинов), физически моделирующих эффекты присутствия [11,12]. Реализация реверберации в Audacity® происходит как через штатный интерфейс, так и через периферийный — интерфейс Nyquist. Штатный интерфейс задействует dll-инструкцию «revdelay\_1605», которая обеспечивает стандартный набор опций, необходимых для настройки эффекта реверберации (рисунок № 1 — левая сторона), периферийный интерфейс (рисунок № 1 — правая сторона) имеет возможность подключать Nyquist-модули настройки, которые могут быть запрограммированы оператором аудиомонтажа (программистом по звуку).

Примечание: *слева* — штатный интерфейс модуля реверберации с визуально-ориентированными опциями настройки реверберационного фона. *Справа*, периферийный интерфейс модулей реверберации и дилея (delay), спроектированный на языке Nyquist.

Штатный интерфейс модуля реверберации, проиллюстрированный на рисунке № 1, даёт возможность настраивать звуковые отклики в рамках стандартных установок программы. Это устоявшиеся среди инженеров по звуку, а также среди людей, профессией которых является обработка аудиоматериала, *наработки*, проверенные временем и реализованные в виде перечня опций с возможностью визуальной корректировки посредством ползунка. Интерфейсная реализация, в данном случае, позволяет получить приемлемые результаты в сжатые сроки, и очень полезна при стандартных процедурах обработки аудиоматериала.

Другое дело, когда инженеру необходимо использовать подобные инструменты для достижения нестандартных эффектов при редактировании звуковых массивов повышенной сложности. Для подобных экспериментов и предусмотрено стандартное приглашение языка Nyquist, встроенное в общую интерфейсную

архитектуру программы Audacity®, которое позволяет проектировать модули обработки аудиоданных для конкретных целей с последующим их использованием через штатный интерфейс Audacity®. Помимо прочего, поддержка языка Nyquist внутри Audacity®, позволяет вести прямую отладку программного кода (с переключением на текущую версию синтаксиса Nyquist<sup>1</sup>) проектируемого модуля, не отрываясь от интерпретации звукового массива.

Это обстоятельство открывает неограниченные возможности для экспериментов с обработкой аудиоданных и применения к ним специализированных эффектов. Чтобы сравнить возможности штатного модуля реверберации в Audacity® и его аналога в приглашении Nyquist, предлагаем провести *опциональный* анализ возможностей этих двух модулей — спутников.

Штатный модуль Reverb — «Реверберация» как уже говорилось выше, предназначен для стандартных операций с реверберацией, он добавляет быстрые и, местами изменённые повторы<sup>2</sup>, в структуру аудиоматериала, тем самым, вызывая у человека (слушателя) эффект плавного изменения воспроизводимого звукового ландшафта. Как следует из технической документации программы Audacity®, эффект основан на оригинальном алгоритме «freeverb», который успешно реализовывал функции подмешивания гармоничных откликов, добавляя резонансную реверберационную свёртку в полезную структуру аудиоматериала. Эффект реверберации в зависимости от типа аудиоматериала<sup>3</sup> бывает очень полезен в следующих случаях:

<sup>1</sup> Прим.автора. Начиная с третьей версии, Nyquist поддерживает правила SAL — обеспечивающие альтернативу синтаксису LISP.

<sup>2</sup> Прим.автора. Эффект любой реверберации можно охарактеризовать кратковременными «повторами», повторы — это своего рода импульсы, выталкивающие аудиосигнал из интервалов, предварительно установленных оператором (заданных алгоритмом). Интервалы определяются временем, минимальный интервал, это и есть время задержки аудиосигнала, задающее темп и колорит реверберации.

<sup>3</sup> Прим.автора. Тип аудиоматериала может быть разным, как правило, он зависит от содержимого, формирующего общий аудиосигнал. Тип содержимого также может иметь различные, между собой, акустические характеристики. К примеру, это может быть сигнал, содержащий запись клавишных, струнных либо духовых инструментов, с развитием электронной музыки сюда также можно добавить оригинальные звуки, получаемые в результате компьютерного синтеза. Весь этот материал может быть перемешан и, что очень важно, степень насыщенности каждого из присутствующих в звукозаписи аудиосистем, может варьироваться в отличающихся друг от друга диапазонах громкости, не говоря уже о спектроакустических параметрах. Поэтому, чтобы упростить понимание рассматриваемых нами процессов, мы условно разделим аудиоматериал на два типа:

Аудиоматериал с моносодеждимым.

Аудиоматериал со смешанным содержимым\*.

Такое искусственное разделение аудиоматериала на типы даст нам возможность упрощённо представить его основные акустические свойства.

\*См. статью автора: «Корректировка аудиосигнала при монтаже аудиозаписей в программной среде Audacity», используя мультифункцио-

Таблица 1. Штатные опции модуля классической реверберации в Audacity®, осуществляющие управление над процессами обработки аудиоматериала.

Опция	Ед.измерения	Инструкция	Устан. Ед.измерения	
1	Room Size	%	Размер помещения	%
2	Pre-delay	ms*	Предварительная задержка	%
3	Reverberance	%	Реверберация	%
4	Damping	%	Демпфирование колебаний	%
5	Tone Low	%	Низкий тон	%
6	Tone High	%	Высокий тон	%
7	Wet Gain	дБ	Влажный коэффициент усиления	%
8	Dry Gain	дБ	Сухой коэффициент усиления	%
9	Stereo Width	%	Стереодиапазон	%

\* Прим.автора. Предварительная задержка (в мс — миллисекундах (millisecond) —  $10^{-3}$  секунд); микросекунда (microsecond); сокращенно —  $\mu$ s; 1 микросекунда =  $10^{-6}$  секунды.

- ◆ При необходимости создания, плавно удаляющегося от первоисточника, протяжения звука.
- ◆ При необходимости обогащения аудиоматериала эффектом пространственной среды.
- ◆ При необходимости регенерации гармоник, выпадающих или опускающихся ниже установленного порога пиковой громкости, в результате некорректного использования аналогово-цифрового преобразования.
- ◆ При необходимости поддержания эффекта псевдо стереофазы на моно каналах<sup>1</sup>.
- ◆ При изменении геометрии пространства (виртуализации) архитектурных сооружений, внутри которых транслируется звук.
- ◆ При недостатке естественной реверберации в силу её поглощения условиями окружающей среды.

- ◆ При проведении процедур, направленных на формирование аудиоматериала (включая синтез звуковых комбинаций — таких как мастеринг и компьютерный дизайн звука).
- ◆ При проведении процедур реставрации аудиоматериала и его ремастеринге (премастеринге).

Для всего пула перечисленных выше процедур, в ограниченном порядке<sup>2</sup> может быть применён штатный модуль реверберации. Для этого в данном модуле предусмотрены специализированные заводские опции, позволяющие максимально гибко настроить эффект реверберации. Для удобства понимания всех опций расшифруем их в табличном виде (таблица 1).

Размер помещения — задаёт размер моделируемой комнаты (кабинета). 0% — это как шкаф, 100% — как

нальные возможности языка программирования Nyquist», в журнале Современная наука актуальные проблемы теории и практики: Серия естественные и технические науки//Информатика, вычислительная техника и управление.— 2021.— № 3.— С. 187–188 [4].

<sup>1</sup> Прим.автора. Применение небольшого объёма стерео реверберации к необработанному монофоническому сигналу, дублированному в двухканальную стереодорожку, обычно делает его звучание более естественным.

<sup>2</sup> Прим.автора. Под ограниченным порядком имеется в виду, что штатный модуль, имитирующий реверберацию, не может учесть всех созидательных идей, выдвигаемых оператором технологического процесса. Работа со звуком, его дизайном — это, прежде всего, сложная техническая работа, требующая креативного мышления. Чем выше квалификация программиста-звукоинженера, тем выше его потребности в опциональных возможностях соответствующего отрасли программного обеспечения. И, конечно, в таком случае интерфейсных опций становится уже недостаточно.



Рис. 2. Опции переключения между влажным и сухим режимами реверберации.

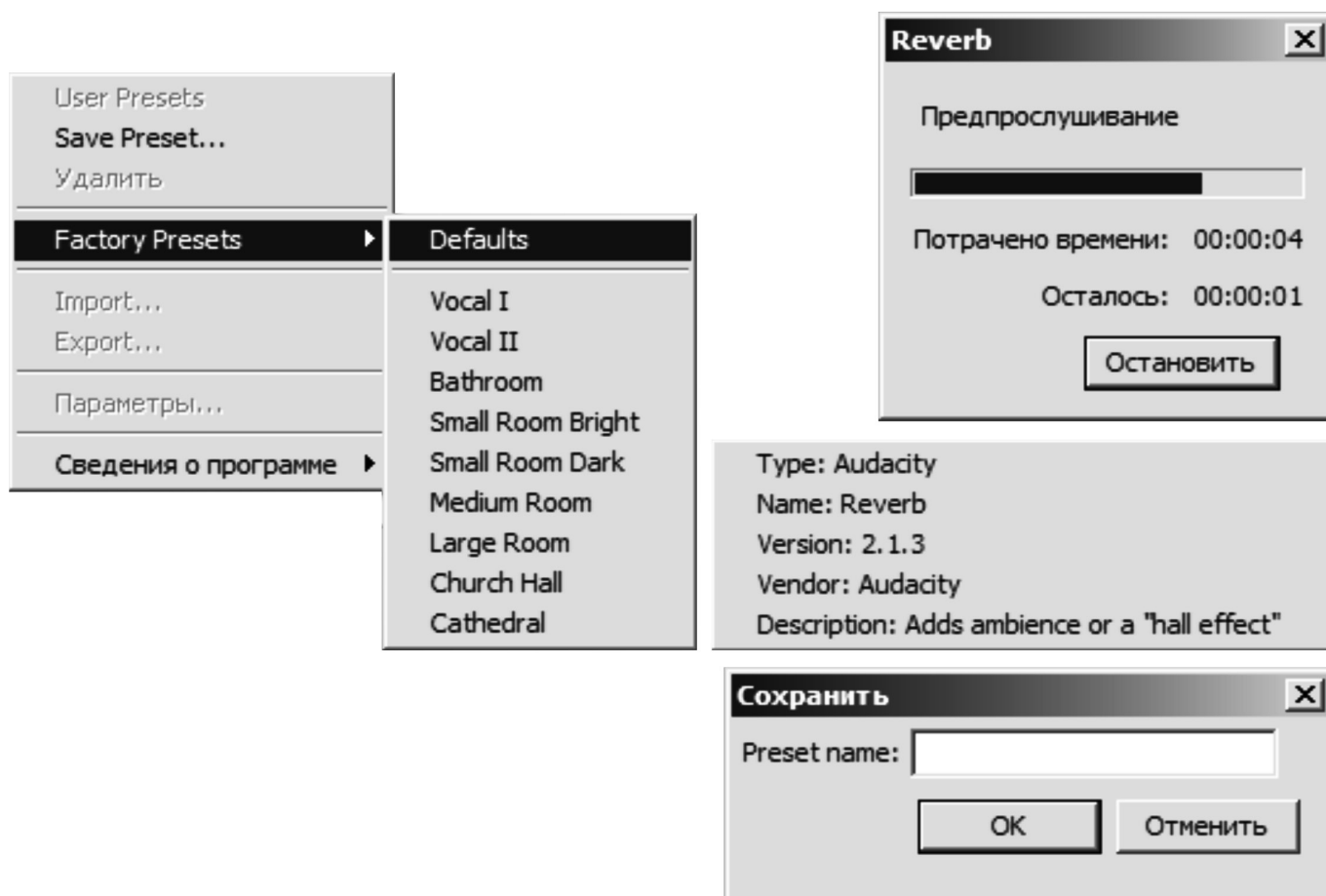


Рис. 3. Фрагменты интерфейса, демонстрирующие штатные предустановки модуля «Реверберация» в редакторе Audacity®.

огромный собор или большая аудитория. Высокое значение будет имитировать эффект реверберации большой комнаты, а низкое значение будет имитировать эффект маленькой комнаты.

Предварительная задержка — задерживает начало реверберации на установленное время после начала исходного ввода. Также задерживает начало хвоста реверберации. Максимальная предварительная задержка составляет 200 миллисекунд. Тщательная настройка этого параметра может улучшить чёткость результата.

Реверберация — задаёт длину хвоста реверберации. Определяет, как долго продолжается реверберация по-

сле окончания реверберации исходного звука и, таким образом, имитирует «живость» акустики помещения. Для любого заданного значения реверберации её хвост будет больше для вместительных размеров помещения.

Демпфирование — увеличение демпфирования приводит к более «приглушённому» эффекту. Реверберация нарастает не так сильно, и высокие частоты затухают быстрее, чем низкие частоты. Имитирует поглощение высоких частот при реверберации.

Низкий тон — установка этого режима ниже 100% уменьшает низкочастотные компоненты реверберации, создавая менее «гулкий» эффект.

Таблица 2. Русскоязычные эквиваленты названий штатных предустановок, входящих в модуль «Реверберация» в редакторе Audacity®, имитирующие пространства различных геометрических форм.

Заводские настройки		Эквивалент на русском языке
1	Vocal I	Вокал I
2	Vocal II	Вокал II
3	Bathroom	Ванная
4	Small Room Bright	Небольшое, хорошо освещённое помещение
5	Small Room Dark	Небольшое тёмное помещение
6	Medium Room	Помещение среднего размера
7	Large Room	Помещение большого размера
8	Church Hall	Церковный зал
9	Cathedral	Кафедральный собор



Рис. 4. Центральная панель управления модулями обработки сигнала в Audacity®.

Высокий тон — установка этого режима ниже 100% уменьшает высокочастотные компоненты реверберации, создавая менее «яркий» эффект.

Влажный коэффициент усиления — прилагает регулировку громкости к компоненту «влажной» реверберации в миксе. Увеличение этого значения относительно «Сухого коэффициента усиления» (см. ниже) увеличивает силу реверберации.

Сухой коэффициент усиления — прилагает регулировку громкости к исходному («сухому») звуку в миксе. Увеличение этого значения относительно «Влажного коэффициента усиления» (см. выше) уменьшает силу реверберации.

Если значения «Влажного коэффициента усиления» и «Сухого коэффициента усиления» одинаковы, то микс «влажного» эффекта и «сухого» звука, выводимый на до-

рожку, будет сделан громче, либо тише, именно на это значение (при условии, что режим «Только влажный»<sup>1</sup>, показанный ниже, не проверяется, рисунок 2).

Сtereo диапазон — задаёт видимую «ширину» эффекта реверберации только для стереодорожек. Увеличение этого значения приводит к большему изменению между левым и правым каналами, создавая более «пространственный» эффект. При установке на ноль, эффект применяется независимо к левому и правому каналам. Только влажный — когда этот режим управления уста-

<sup>1</sup> Прим.автора. «Только влажный» — если данный режим активен, то аудиосигнал будет насыщен реверберацией максимально, если же снят (в зависимости от настроек) — реверберация будет практически не слышна. Режим «Только влажный» хорошо использовать для предпрослушивания записи, на основу которой налагается эффект реверберации. Включение данного режима позволит на слух соотнести баланс между оригинальным аудиоматериалом и его преобразовываемой редактором Audacity® копией.

новлен, в результирующем выходе будет только «влажный» сигнал (добавленная реверберация), а исходный звук будет удалён.

Это может быть полезно при предварительном просмотре эффекта, но в большинстве случаев вы должны снять этот режим при применении эффекта. Однако режим «Только влажный» можно использовать для создания трека «Только с реверберацией», который затем можно микшировать в большей или меньшей пропорции с исходным треком. Полные действия приведены в примерах ниже (рисунок № 3, таблица 2).

Модуль предполагает следующие заводские настройки (таблица 2).

Центральная панель управления одинакова для всех штатных плагинов в Audacity® и имеет следующий вид (рисунок 4).

- ◆ Manage — Управление.
- ◆ Preview — Предварительный просмотр (прослушивание).
- ◆ ОК — подтверждение ввода данных.
- ◆ Отменить — отмена ввода данных.

Управление даёт возможность использовать раскрывающееся меню, позволяющее сохранять или удалять пользовательские настройки для инструмента, выбирать заводские настройки, включая сброс настроек по умолчанию («Defaults») и просматривать информацию об инструменте.

Предварительный просмотр обеспечивает краткую предварительную визуализацию того, как будет восприниматься звук, если эффект будет применен с текущими настройками, без внесения фактических изменений в звук. Продолжительность предварительного просмотра определяется вашими настройками в меню Правка → Настройки → Воспроизведение, для которых предварительный просмотр по умолчанию составляет 6 секунд.

Кнопка «ОК» применяет эффект к выбранному звуку с текущими настройками эффекта.

Кнопка «Отменить» прерывает эффект и оставляет звук без изменений.

Рассмотрим пример применения штатной реверберации к аудиодорожке. Для наглядного примера воспользуемся предварительной установкой Вокал I и Вокал II<sup>1</sup>. Этот метод использует встроенный, предва-

рительно установленный Вокал II. В качестве альтернативы, Вокал I производит более мягкую, менее заметную реверберацию. Для продвинутых пользователей любая предварительная установка может быть использована в качестве отправной точки для создания новых предварительных установок.

1. Убедитесь, что в конце режима аудио есть несколько секунд тишины, чтобы последняя нота могла исчезнуть естественным образом. При необходимости добавьте несколько секунд тишины в конец трека.
2. Выберите аудиотрек, содержащий запись вокала.
3. Нажмите «Эффект» → «Реверберация», чтобы запустить эффект реверберации.
4. На панели «Предварительные настройки» нажмите кнопку загрузки, выберите Вокал II из списка и нажмите кнопку «ОК». Теперь элементы управления будут настроены в соответствии с выбранной предварительной установкой.
5. Для применения эффекта к сигналу нажмите кнопку «ОК».

Если вокальная дорожка была в монорежиме, можно создать более «пространственный» эффект реверберации, превратив дорожку в «стереодорожку» перед применением эффекта реверберации, как описано в действиях 1) — 4) ниже.

Чтобы сохранить эффект реверберации на отдельной дорожке дублируем дорожку, к которой хотим применить реверберацию, затем применяем эффект реверберации к дублируемой дорожке, устанавливая режим «Только влажный» в диалоговом окне «Реверберации». После этого у вас появляется возможность управлять объёмом реверберации в конечном миксе, регулируя усиления дорожки на реверберируемой и исходной дорожках. Такой подход даёт вам возможность гибко настраивать пропорцию реверберации в любое время, после применения эффекта. Теперь схематично распишем действия в виде подробной инструкции. Для более длинного резонанса хвоста реверберации добавляем несколько (и более) секунд тишины в конец трека. Нажимаем на опцию создания «тишины». Выбираем продолжительность тишины (20 секунд — это оптимальное значение для реализации пышного хвоста реверберации, в стандартных случаях будет достаточно нескольких секунд 3–5 секунд), далее действия будут следующими.

1. Нажимаем кнопку «ОК», чтобы добавить тишину в конец трека.
2. Выбираем всю дорожку, нажав на пустое место на Панели управления дорожкой, или используем команду (SHIFT + J).

<sup>1</sup> Прим.автора. Всегда добавляйте несколько секунд тишины к любой дорожке, к которой вы собираетесь применить эффект реверберации. Хвост реверберации будет продолжаться в течение нескольких секунд

после окончания звука. Если вы не добавите тишину в конец трека, реверберация отключится неестественным образом.



Рис. 5. Прототип модуля пружинно-гребенчатой реверберации.

3. Нажимаем опции: «Редактировать» → «Границы клипа» → «Присоединить», либо используем сочетание клавиш (CTRL + J).
4. Продублируем трек, выбрав трек, и вызовем опции: «Редактировать» → «Дублировать».
5. Выбираем дублирующийся трек на сонограмме.
6. Применяем эффект реверберации к дублирующемуся треку, убедившись, что режим «Только влажный» активен.
7. Воспроизводим треки, затем используем Регулятор усиления на треке с *реверберацией* (влажной) и на *исходном* треке, чтобы смикшировать желаемый объем результирующей реверберации. Убеждаемся, что комбинированное усиление достаточно низкое, чтобы не загорались красные индикаторы отсечения в конце полос воспроизведения измерителя громкости проигрывания аудиоматериала.

Чтобы применить стереореверберацию к монофонической дорожке<sup>1</sup>, выполняем следующие действия.

8. Добавляем несколько секунд тишины в конец трека.
9. Продублируем трек, выбрав (трек) и нажав «Редактировать» → «Дублировать».
10. В раскрывающемся Меню звуковой дорожки на верхней дорожке выбираем «Создать стереотрек».

<sup>1</sup> Прим.автора. Часто необходимо добавить реверберацию к монотреку (например, к вокалу), но при этом добавить к реверберации стереофонический «разброс» для окраски сигнала. Как правило, звучание будет лучше, когда конечный микс представлен стереопанорамой.

11. Выбираем новый стереотрек.
12. Применяем эффект «Реверберация» к треку, выбрав *подходящее значение* для «Сtereo диапазона» и убедившись, что режим «Только влажный» не активен.

Данный метод можно изложить и в альтернативной редакции:

Добавляем несколько секунд тишины в конец трека. Дублируем трек (выбираем трек и нажимаем «Редактировать» → «Дублировать»).

13. Выбираем новый стереотрек.
14. Дублируем трек, выбрав трек и нажав «Редактировать» → «Дублировать».
15. Выбираем дубликат трека на сонограмме.
16. Применяем эффект реверберации к дублирующемуся треку, убедившись, что режим «Только влажный» находится в активном состоянии.
17. В раскрывающемся Меню аудиотрека *исходного* трека выбираем команду «Извлечь Моно из Сtereo».
18. Удаляем один из двух результирующих монотреков, нажав Кнопку закрытия трека или выбрав этот трек, затем выбрав «Треки» → «Удалить» треки (этот последний шаг не является строго необходимым, но уменьшает загромождение дорожки и даёт понять, что исходная дорожка монотрековая).

19. Воспроизводим треки. Затем, как и в первом примере, регулируем усиления реверберационных (влажных) и оригинальных треков, чтобы смикшировать желаемый объем реверберации, гарантируя, что результат не обрывается.



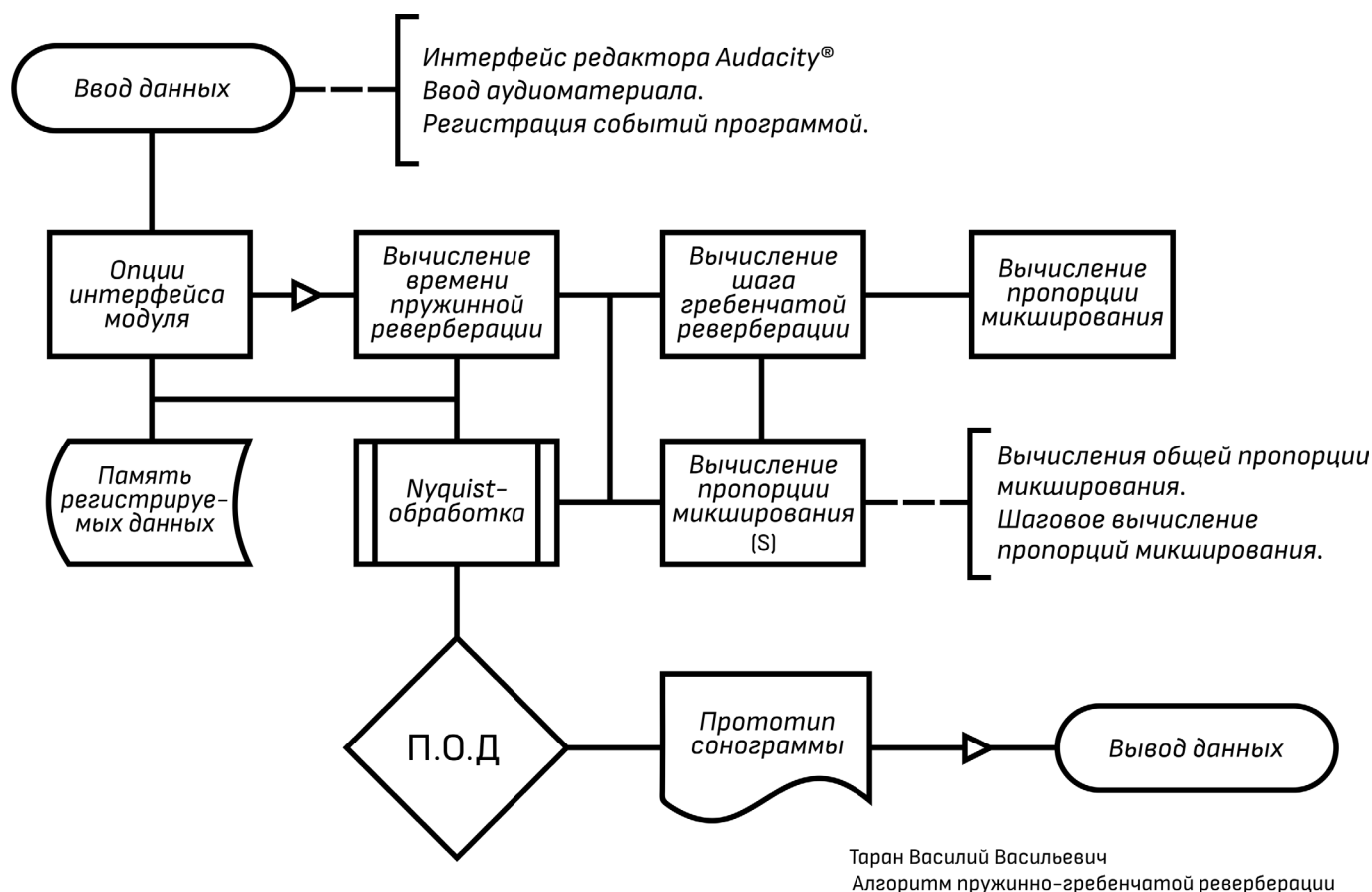


Рис. 6. Общая схема работы модуля пружинно-гребенчатой реверберации. Схема кратко описывает основные процедуры обработки аудиоматериала.

Как мы видим, перечень штатных функций модуля «Реверберация» довольно внушительен, однако, о чём уже говорилось ранее, он может быть недостаточен при обработке данных большой сложности там, где требуются *нестандартные решения*, поставленных перед оператором звука задач. И здесь стоит обратить внимание на язык Nyquist.

Nyquist можно отнести к узкоспециализированным языкам программирования, функционал которых призван сопровождать процессы обработки аудиоматериала и обеспечивать надёжные технические решения при нестандартных манипуляциях со звуком. Иначе говоря, это инженерный язык, дополняющий визуально-ориентированную опциональную базу штатных средств редактора Audacity®, направленных на профессиональное редактирование аудиоданных.

Говоря о расширении границ штатных средств Audacity®, будет уместным привести пример программирования на языке Nyquist модуля, который бы имитировал реверберацию с возможностью различных специализированных настроек. Допустим, в наши задачи

входит создание эффекта пружинно-гребенчатой стерео реверберации с ротацией сигнала из канала в канал<sup>1</sup>.

Пружинно-гребенчатая реверберация — это достаточно редкий, но многофункциональный эффект, который может применяться к различным физическим источникам звука, которые записаны и распределены по дорожкам аудиоредактора.

Пружинно-гребенчатая реверберация хорошо применима к вокалу, струнным и духовым инструментам,

<sup>1</sup> Прим.автора. Пружинно-гребенчатая реверберация — это акустический эффект, который направлен на формирование у слушателя специальной психоакустической картины, в которой описывается непрерывное постоянное удаление объекта от источника звука, с одновременным подмешиванием в звуковую волну гармонических колебаний, выражающихся в интервальных плавных нарастаниях сигнала. Эффект может использоваться в качестве дизайн шаблона при оформлении аудиокomпозиций, в кибермедицине — для проверки и тестирования различных аппаратов, направленных на улучшение человеческого слуха (включая аппараты искусственного преобразования речи в синаптические сигналы), а также в научных целях — для экспериментов в области акустической физики (исследования звука в замкнутом и незамкнутом пространствах, генерации шума, исследования волновых процессов).



Пространство №1

Пространство №2

Пространство №3

Рис. 7. Смоделированные в программе Blender™ геометрические пространства замкнутого типа, внутри которых может быть успешно генерирована волна пружинно-гребенчатой реверберации.



Рис. 8. Пространство № 1, выбранное нами для проведения акустических экспериментов над реверберацией звука.

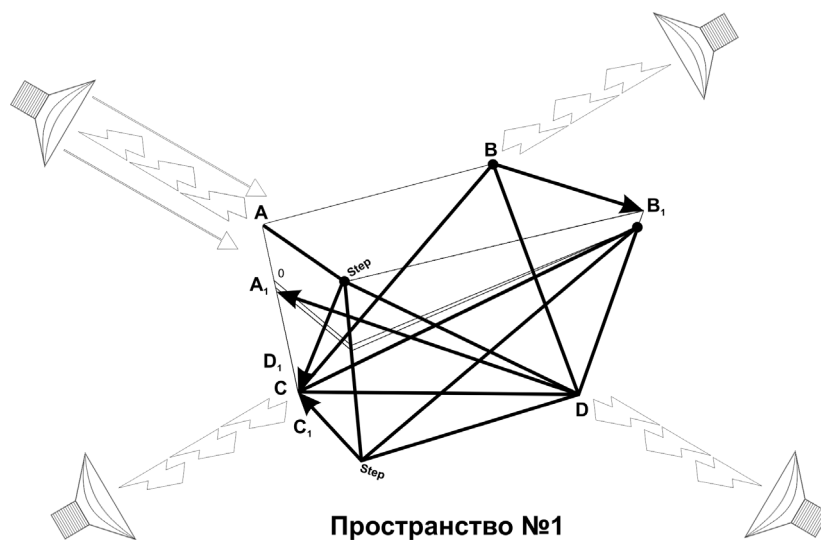


Рис. 9. Схема траектории распространения аудиосигнала в замкнутом пространстве.

и используется (*вполне применима*) для создания уникального акустического дизайна аудиодорожек.

Также пружинно-гребенчатая реверберация может быть полезна при реставрационных процедурах аудиоматериала и его дальнейшем мультисессионном премастеринге, наглядным примером здесь могут служить процессы, связанные с дереверберацией звука, то есть, когда необходимо убрать излишние хвосты реверберации из аудиосигнала либо (по возможности) заглушить реверберацию полностью. В подобных случаях пружинно-гребенчатая реверберация может быть использована в качестве «снимка» — образца для извлечения из панорамы аудиосигнала ненужных артефактов.

Для того, чтобы воспроизвести подобный эффект в редакторе Audacity®, нужно создать Nyquist-модуль, который описывал бы алгоритм такого типа реверберации. В первую очередь на данном этапе необходимо создать прототип Nyquist-модуля, который бы вобрал в себя все технические инструменты по настройке и применению к аудиоматериалу пружинно-гребенчатой реверберации (рисунок 5).

На прототипе показано, что основными инструментами управления модулем являются фейдеры (бегунки), регулирующие общие пропорции смешивания сигнала, применяемые к миксу. Общая схема работы, составленного нами алгоритма, будет выглядеть следующим образом (рисунок 6).

Сначала происходит ввод данных — это аудиоматериал, который изначально уже предзагружен в редактор Audacity® и отображается в виде сонограммы в его интерфейсе (программа регистрирует события). Затем производится ввод команд через приглашение Nyquist (Nyquist Prompt).

Написанный нами сценарий вызывает опции интерфейса модуля, которые передают управление сценарию вычисления времени пружинной реверберации (вычисляется время наивысшего шага задержки сигнала, измеряемого в секундах).

После этого, программа (когда оператор процесса обработки данных определится со временем пружинной реверберации) выполнит маршрутизацию по отношению к шагу гребенчатой реверберации (устанавливается процентное соотношение времени шага гребенчатой реверберации). Одновременно с этим процессом устанавливается соединение со сценарием общего процесса микширования аудиосигнала (интерфейс модуля регистрирует данные).

Далее предлагается зарезервировать значения шаговых пропорций микширования аудиосигнала (опция устанавливает шаговую пропорцию хвоста гребня реверберации). Затем все действия обрабатываются языком Nyquist и превращаются в пропорционально обработанные данные (П.О.Д.), которые передаются редактору Audacity® для применения пропорций к аудиоматериалу, а результирующие значения преобразовываются в обновлённые данные, которые формируют документ и обновляют графическое содержимое сонограммы. После применения данной процедуры, аудиосигнал будет насыщен данным типом реверберации.

Пружинно-гребенчатую реверберацию проще всего представить в виде замкнутого пространства, имеющего нестандартную геометрию. Для этих целей автор сгенерировал в программе Blender™ несколько нестандартных геометрических конструкций (виртуальных пространств), внутри которых отклик данного типа реверберации звучал бы более насыщенно (рисунок 7).

Итак, перед нами три пространства, имеющие схожую геометрию, но отличающихся между собой углами развёртки. Пространство № 1 — характеризуется наивысшей степенью отклика пружинной гребёнки. Пространство № 2 — олицетворяет плотную пружинно-гребенчатую реверберацию, при которой её хвост будет превышать уровень плотности отклика полезного сигнала. Пространство № 3 — характеризует рассеянную пружинно-гребенчатую реверберацию, отклик которой, при перемещении сигнала от угла одной стенки к другой, будет рассыпчатым.

Больше всего представляет интерес пространство № 1, поскольку его геометрия позволяет нам прочувствовать весь спектр гармоник данного типа реверберации.

Рассмотрим модель пространства № 1, которая обеспечивает самый чувствительный уровень отклика пружинной гребёнки.

**Примечание:** Рисунок демонстрирует распределение откликов аудиосигнала в геометрическом пространстве № 1.

Уровень отклика пружинной гребёнки определяется оператором обработки звука. Поскольку мы имитируем процесс пружинно-гребенчатой реверберации (в целях прозрачности и понимания применения подобных процессов), автор данного мини исследования вправе самостоятельно определить траекторию распространения аудиосигнала внутри разработанного нами пространства.

$$\begin{aligned}
 &1) A = C(D_1 + B_1) + (B, C \in \text{step}_1) + D \downarrow D_1 \downarrow \Rightarrow \{C_1 + B_1\} \\
 &\quad (C[\downarrow; (D_1, C_1)] \leftrightarrow \text{step}_1[B] \rightarrow (C = C)) \\
 &2) B = D(C_1 + D_1) + (D, A \in \text{step}_2) + A \downarrow A_1 \downarrow \Rightarrow \{C_1 + D_1\} \\
 &\quad (D[\downarrow; (D_1, A_1)] \leftrightarrow \text{step}_2[C] \rightarrow (D = D)) \\
 &3) C = B(D_1 + C_1) + (A, C \in \text{step}_3) + B \downarrow A_1 \downarrow \Rightarrow \{C_1 + A_1\} \\
 &\quad (C[\downarrow; (B_1, A_1)] \leftrightarrow \text{step}_3[D] \rightarrow (C = C)) \\
 &4) D = A(C_1 + D_1) + (C, D \in \text{step}_4) + C \downarrow B_1 \downarrow \Rightarrow \{C_1 + B_1\} \\
 &\quad (D[\downarrow; (D_1, C_1)] \leftrightarrow \text{step}_4[B] \rightarrow (D = D))
 \end{aligned}$$

Рис. 10. Формулы, определяющие маршрутизацию сигнала в геометрическом пространстве, по рисунку 7 (пространство № 1) и рисунку 9 (пространство № 1).

На рисунке № 9 представлена схема траектории распространения аудиосигнала в замкнутом пространстве. Источник звука выведен за границы схемы для удобства иллюстрации направления аудиопотока. Вхождение аудиосигнала в акустическое пространство, представленной геометрической конструкции, осуществляется с левой стороны в верхнем углу и обозначается точкой «А». Динамик, расположившийся над позицией входной точки, двумя стрелками показывает направление ввода сигнала<sup>1</sup>. Аудиосигнал, попадая

в замкнутую конструкцию, начинает отражаться от стенок замкнутого пространства. Цикл отражения обозначается стрелками и выделен жирными линиями.

Радиальными элементами размечены углы соединения стенок виртуального пространства, места их рассредоточения указывают на точки диффузии моделируемого пружинного отклика с откликом гребёнки. Отметка «0» указывает на то, что замкнутое пространство имеет небольшой регулируемый допуск выхода аудиосигнала за его пределы.

Поскольку мы занимаемся имитационным моделированием распространения аудиосигнала, такой допуск необходим для наглядного представления о подмешивании в чистый сигнал артефактов реверберации.  $\text{step}^2$  — обозначает шаг гребенчатой реверберации.

<sup>1</sup> Прим.автора. Основным источником звука в нашей схеме является динамик над точкой «А», поток аудиоинформации, следующий от динамика к точке «А», обличён двумя стрелками, которые показывают направление стереофонического сигнала внутри смоделированного геометрического пространства. На иллюстрациях (рисунки № 8,9) динамики расположены с внешней стороны, хотя пространство является замкнутым. Это сделано для наглядности понимания процесса, поскольку объём дизайн-элементов внутри разработанной автором конструкции, утяжелял бы её и не позволял воспринимать её целостно. Во всех спроектированных автором пространствах, присутствует небольшой надрез (в виде периферической серой линии), горизонтально разделяющий каркас трёхмерного пространства на две части. Это сделано для того, чтобы читатель обратил внимание на возможность настройки данного алгоритма в незамкнутом пространстве. Конечно, в реальных (физических) условиях ставить подобные эксперименты с динамиками и «сундуком» — назовём нашу геометрическую конструкцию именно так, поскольку она его очень напоминает, было бы хлопотно и проблематично. Особенно, если отделять верхнее пространство (шапку) от основного каркаса конструкции по градусной траектории, синхронно перемещая динамик (динамики — если необходима многопоточность стерео → квадро) по соответствующей шапке траектории отклонения. Однако программно-вычислительные эксперименты позволяют нам имитировать такого рода процессы, осуществляя процедуры обработки аудиосигнала в виртуальном пространстве. Автору важно показать своему потенциальному читателю, что эксперименты в данном направлении можно и нужно развивать, а действия, направленные на моделирование подобных процессов, могут иметь многовекторный характер. Для компьютерного аудиоинженера или программиста по звуку, либо же просто талантливого экспериментатора, такой подход откроет новые грани в возможностях по моделированию физико-акустических процессов с применением такого универсального (открытого) программного средства, как Audacity®.

Хочется отметить ещё один важный фактор (условие) для моделирования — это материал самой конструкции, где должен воспроизводиться звук. В данном случае (по умолчанию) мы моделируем металлический тип реверберации (т.е. стенки нашего виртуального пространства как бы покрыты металлом), это объясняется тем, что металл имеет более громкий отклик, способствующий резонансному отражению звука, что для пружинной реверберации, имеющей гребенчатый хвост, очень важно. Материалы для условий моделирования могут быть разными: различные полимеры, дерево, металлы разного вида, бетонно-каменные плиты. Под каждый из этих процессов можно задать свой алгоритм отклика моделируемой реверберации, для этого достаточно иметь образец частотных характеристик звука, отражаемых в замкнутых пространствах с отличающимися друг от друга элементами покрытия стен.

<sup>2</sup> Прим.автора. В соответствии с правилами русского языка после точки, следующее предложение начинается с большой буквы. Но в нашей статье приходится отступить от установленных филологических правил и писать имена функций, операторов и прочих управляющих элементов в области программирования согласно синтаксисам программно-технических языков (в нашем случае с маленькой буквы). Поскольку такие языки часто бывают регистрозависимыми — отступление от написания их элементов может привести к ошибкам, и путанице при воспроизведении и отладке программного кода на вычислительных устройствах.

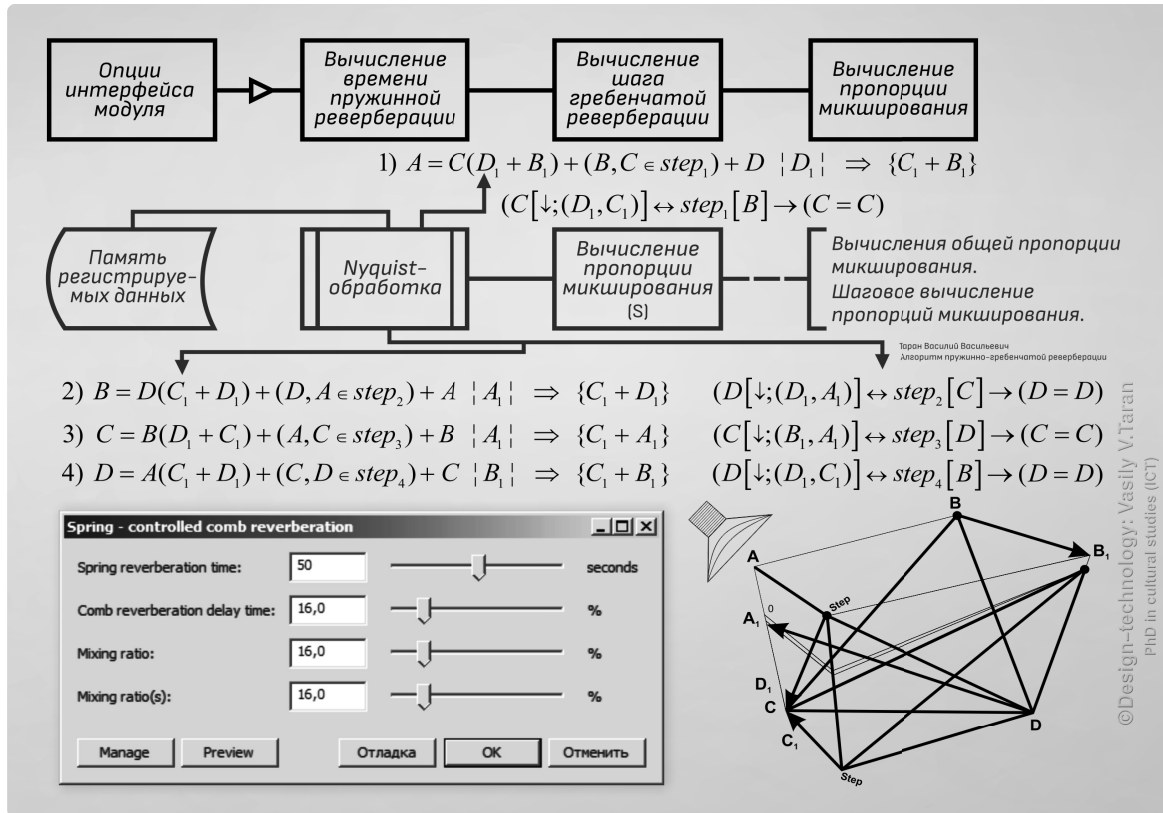


Рис. 11. Фрагментарная, общая схема обработки аудиоданных, демонстрирующая заданную оператором геометрию отклика для имитации виртуального пространства.

Точки A, B, C, D — обозначают проход сигнала в чистом виде без артефактов моделируемого нами эффекта реверберации.

Точки  $A_1, B_1, C_1, D_1$  — обозначают первичные характеристики отражательной способности акустического пространства.

Итак, мы имеем акустическое пространство, в котором пружинно-гребенчатая реверберация может распространяться в различных вариациях. В целях экономии места и в соответствии с жанром изложения научного материала (научная статья), остановимся на одной из вариаций, которая будет имитировать объёмную пружинно-гребенчатую реверберацию, узлы которой будут обеспечивать плавную взаимодиффузию для обеспечения эффекта скользящего звука<sup>1</sup>. Назовём её скользящей пружинно-гребенчатой реверберацией.

<sup>1</sup> Прим.автора. В имитационных процессах реверберации эффект скользящего звука характеризуется как кратковременное эхо, отклик которого осуществляет вторичный плавный переход между первичным источником сигнала и его отражателем. Кратковременное отражение может быть применено к аудиодорожке многократно, таким образом человеческий слух начинает воспринимать воспроизводимый эффект как скользящее импульсивное эхо, реверберация которого

Для достижения качественного эффекта скользящей пружинно-гребенчатой реверберации, с физической точки зрения нужны правильно расставленные *отражающие границы* внутри замкнутого пространства. Минимальный сдвиг таких границ способен *изменить траекторию отклика звука* и привести к более *коротким его затуханиям* на определённых участках, что может заметно сказаться на воспроизводимом эффекте. Воспроизведение эксперимента является одной из важнейших составляющих естественнонаучных дисциплин, компьютерные науки здесь не являются исключением.

будет иметь хвост, который плавно будет переходить от одного отражателя к другому. Отражателями здесь могут являться любые атрибуты акустического пространства (углы комнаты, стенки комнаты, и т.д.). Степень насыщенности эффекта здесь может зависеть от материалов, из которых сделан отражатель, обычно такой материал делится на две группы: звукопоглощающий материал и материал, имеющий высокую степень отражающей способности. В качестве звукопоглощающего материала можно привести в пример полиуретан, а в качестве материала, которому присущи отражательные характеристики, может являться железо. Для эффекта скользящего эхо подходит второй тип материала. Чтобы имитировать звук «классического железа», необходимо увеличить плотность взаимодиффузии на узлах, которые располагаются перпендикулярно друг другу на участке цепи всей реверберационной схемы.

```

set sprs-sum += ch[t] * s  —> set sprs-sum += ch[m] * s
set total-sprs += ch[t]   —> set total-sprs += ch[m]
    
```

Рис. 12. Фрагмент программного кода, демонстрирующий переключение таблицы одного из каналов в монорежим.

```

1. ;; создание (нового) левого субканала
2. (defun tab (slabel s1)
3.   (let((s1 (s1 leftch 300))
4.         (s2 (feedback-delay(s1(hz start 500)900)(* s1 0.1) 0))
5.         (s3 (s1(start left 800)1200))
6.         (s4 (feedback-delay(s1(s4 left 1200)2400)(* s1 0.08) 0))
7.         (s1 (s1 left 2400)))
8.     (sim s1 s2 s3 s4 s1)))

©Design-technology: Vasily V.Taran
PhD in cultural studies (ICT)

1. ;; левый субканал
2. (unite sp (acc 0 vol) (col 0 snp))
3. (unite sp (acc 1 vol) (col 1 snp))
4. (unite sp (acc 2 vol) (col 2 snp))
5. (unite sp (acc 3 vol) (col 3 snp))
6. (unite sp (acc 4 vol) (col 4 snp)))
    
```

Рис. 13. Фрагмент программного кода для обработки данных на одном из каналов.

Поэтому для постановки нашего эксперимента требуется установить границы его исполнения. Такие границы мы определим с помощью схематических рекурсивных формул, адресно показывающих маршрутизацию отклика сигнала в построенном нами геометрическом пространстве (рисунок 10).

Рекурсивные формулы демонстрируют каналы распространения звукового сигнала в замкнутом пространстве. Буквенные обозначения, это точки его отражения. Точками отражения мы считаем углы замкнутого пространства геометрической конструкции. Они же образуют узлы кратковременных откликов, характеризующих реверберацию.

Отклики каждого из приведённых выше узлов, образуют колорит звучания реверберации, создают её акустический образ. Взаимоотношения узлов характеризуются шагами, обеспечивающими проход сигнала на определённом отрезке пути. Наша схема реверберации состоит из четырёх шагов. На примере первого шага расшифруем последовательность действия нашего алгоритма.

$$A = C(D_1 + B_1) + (B, C \in step_1) + D \{D_1\} \Rightarrow \{C_1 + B_1\}$$

Первая часть формулы  $A = C(D_1 + B_1)$  — определяет влияние звукового потока на точку  $C$ .  $(D_1 + B_1)$  — образуют узлы первичной свёртки реверберации.  $(B, C \in step_1)$  — показывают принадлежность опорных точек реверберации к шагу (шаг 1).  $D \{D_1\} \Rightarrow \{C_1 + B_1\}$  — переход сигнала к результирующей фазе затухания<sup>1</sup>. С помощью языка Nyquist попробуем представить нашу схему в действии и вывести её основные параметры в виде плагина. Приводим значения, в соответствие с прототипом и схемой (рисунки № 5, № 6), по которой настраивается алгоритм виртуализации пространства (рисунок 11).

Как видно из рисунка № 11, блок «Nyquist-обработка» отвечает за выполнение инструкций, изложенных на языке Nyquist. Для того чтобы алгоритм адекватно обрабатывал реверберацию в режиме стерео, пред-

<sup>1</sup> Прим.автора. Результирующая фаза затухания определяет характер перемещения дробного сигнала, т.е. сигнала который был перераспределён в первом участке прохождения. Результирующая фаза состоит из четырёх шагов A, B, C, D, каждый из которых имеет свою оригинальную карту прохода. Опорной точкой карты прохода является буквенное обозначение, занесённое в «{,}». После стрелки, следующие буквенные значения в фигурных скобках обозначают обратный проход сигнала, формируемый в результате его отталкивания от точек первоначальной ретрансляции.

```

;nyquist plug-in
;version 1.0
;name "Spring - controlled comb reverberation"
;test-version 2022

;control time "Spring reverberation time" real "seconds" 2.5 0.1 10
;control damping "Comb reverberation delay time" real "%" 50 0 100
;control mix "Mixing ratio" real "%" 20 0 100
;control mix "Mixing ratio(s)" real "%" 20 0 100

;; создание (нового) левого субканала
(defun tab (slabel s1)
  (let((s1 (s1 leftch 300))
        (s2 (feedback-delay(s1(hz start 500)900)(* s1 0.1) 0))
        (s3 (s1(start left 800)1200))
        (s4 (feedback-delay(s1(s4 left 1200)2400)(* s1 0.08) 0))
        (s1 (s1 left 2400)))
    (sim s1 s2 s3 s4 s1)))

;; создание (нового) правого субканала
(defun tab (slabel s1)
  (let((s1 (s1 leftch 300))
        (s2 (feedback-delay(s1(hz start 500)900)(* s1 0.1) 0))
        (s3 (s1(start right 800)1200))
        (s4 (feedback-delay(s1(s4 right 1200)2400)(* s1 0.08) 0))
        (s1 (s1 right 2400)))
    (sim s1 s2 s3 s4 s1)))

  set sprs-sum += ch[t] * s
  set total-sprs += ch[t]
;; левый субканал
(unite sp (acc 0 vol) (col 0 snp))
(unite sp (acc 1 vol) (col 1 snp))
(unite sp (acc 2 vol) (col 2 snp))
(unite sp (acc 3 vol) (col 3 snp))
(unite sp (acc 4 vol) (col 4 snp)))

  set sprs-sum += ch[t] * s
  set total-sprs += ch[t]
;; правый субканал
(unite sp (acc 0 vol) (col 0 snp))
(unite sp (acc 1 vol) (col 1 snp))
(unite sp (acc 2 vol) (col 2 snp))
(unite sp (acc 3 vol) (col 3 snp))
(unite sp (acc 4 vol) (col 4 snp)))

```

©Design-technology: Vasily V.Taran  
PhD in cultural studies (ICT)

Рис. 14. Полная структура программного кода алгоритма пружинно-гребенчатой реверберации.

усмотрены две таблицы, регулирующие хвост пружинно-гребенчатой реверберации, который будет отражаться на каждом из двух каналов. Если необходимо провести обработку аудиоматериала в режиме моно, то можно просто отключить таблицу одного из каналов, поменяв значение [t] на [m] как показано на рисунке 12, либо воспользоваться нулём.

Ниже приведён фрагмент программного кода, осуществляющий обработку данных одного из каналов (рисунок 13).

Здесь символьная функция `defun`<sup>1</sup> (для подстановки значений можно использовать формальный список параметров — список лямбды) определяет фрагменты значения таблицы левого субканала, её можно использовать для определения других функций, также как в Common Lisp [13,14]. Субканал — это виртуальный канал, который создаёт огибающие для физического канала аудиоданных. На субканале происходит приращение предварительно обработанного сигнала к полезному

<sup>1</sup> Прим. автора. Рисунок № 13. (в списке вторая строчка, первый блок).

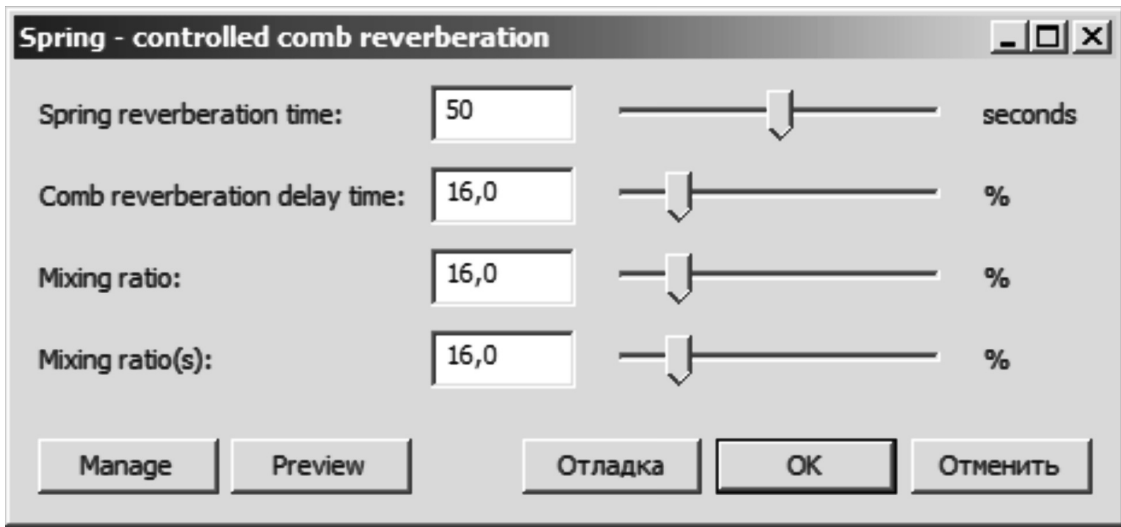


Рис. 15. Модуль обработки аудиоматериала (плагин), имитирующий эффект пружинно-гребенчатой реверберации.

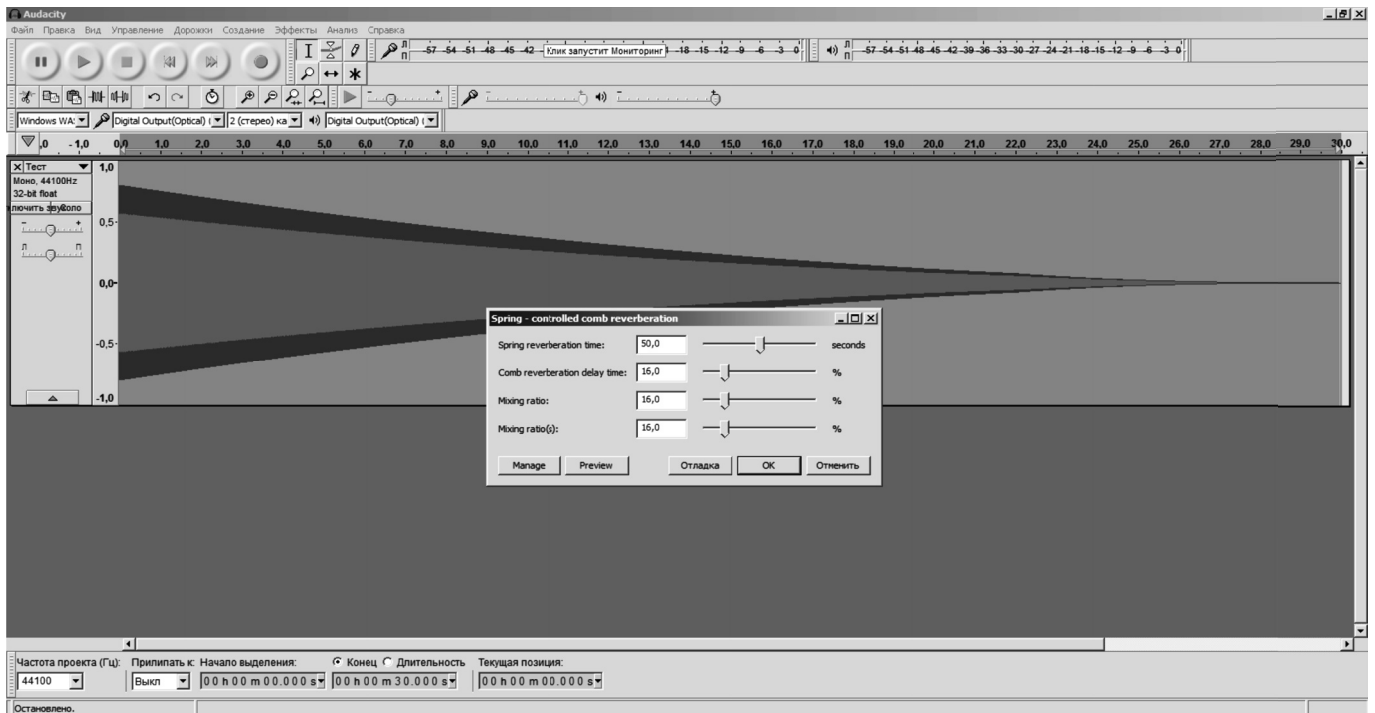


Рис. 16. Работа компьютерного редактора Audacity® с модулем эффекта пружинно-гребенчатой реверберации.

сигналу. Два субканала (левый и правый) образуют стереосигнал, каждый из них по отдельности будет являться моносигналом. slabel — создаёт временный маркер, отмечающий точку диффузии между оригинальным и предварительно обработанным аудиосигналами, где s1 — граница отклика В, С, которые принадлежат перво-

му проходу вектора реверберации ( $step_1$ ). Контрольная конструкция let<sup>1</sup> устанавливает локальную связь leftch с обратным откликом (хвостом) пружинно-гребенчатой реверберации, и в левом, и в правом каналах сохра-

<sup>1</sup> Прим. автора. Рисунок № 13. (в списке третья строчка, первый блок).



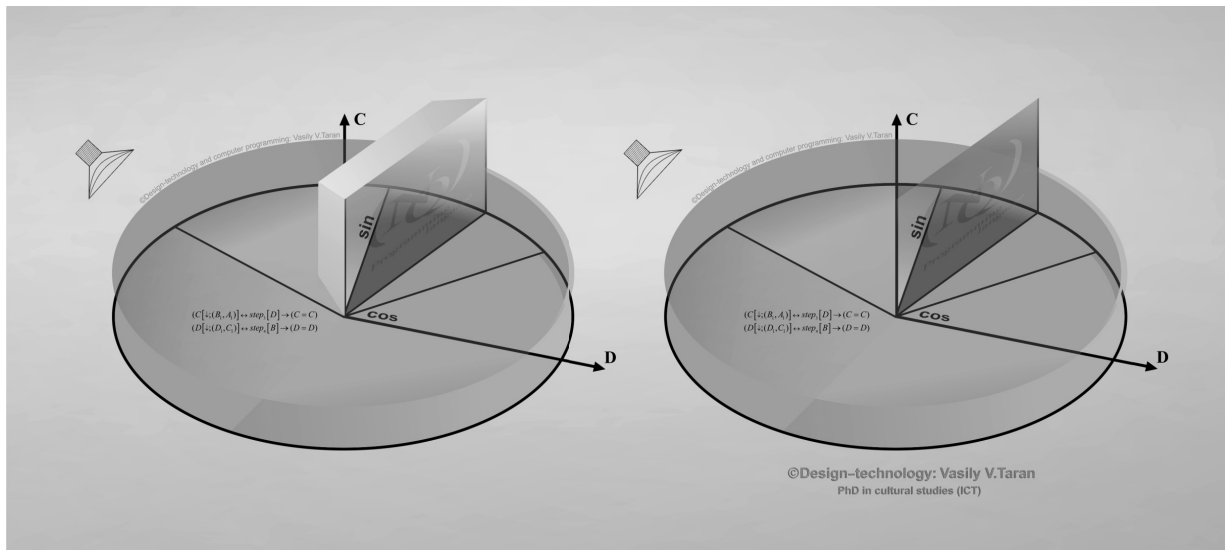


Рис. 17. Горизонтальная ротация эффекта реверберации, переходящая из одного канала в другой (по типу эффекта Лесли).

няется привязка leftch<sup>1</sup>. feedback-delay — производит задержку обратной связи от границы отклика (в нашем случае s1=500 Гц, с обратным микрооткликом s1 0.1.). sim<sup>2</sup> — характеризует структуру времени на точках прохождения эффекта реверберации A, B, C, D. Данные таблицы<sup>3</sup> и её заголовок пересекаются с меткой стерео-образа (leftch) и образуют следующую цепочку

unite sp → acc 0 vol → col 0 snp

Объединение сообщения, выполняющего цикл по траектории заданного нами алгоритма unite (square post) и передача этого сообщения сигналом acc<sup>4</sup> в нижеследующую часть таблицы происходит поочередно, поскольку при этом заголовок выполняет функцию предпрокачки сигнала. Объем сообщения будет нулевым, также как и индекс заголовка прохода. До перехода к следующим позициям таблицы происходит надрез

<sup>1</sup> Прим. автора. leftch — это метка стерео образа левого канала, максимальное значение растяжения установлено в 300 мс. Это означает, что при одновременном воспроизведении двух каналов (и соответствующих им субканалов — стерео) источником извлечения центральной фазы будет выступать именно левый канал. Таким образом, на правый канал распространяется стереобаза левого канала (при воспроизведении взаимосвязь между субканалами превращается во взаимосвязь физических каналов), а хвост реверберации (при растяжении стереополя) может быть вписан в правый канал (см. рисунок № 11 — создание правого субканала).

<sup>2</sup> Прим. автора. Рисунок № 13. (в списке восьмая строчка, первый блок).

<sup>3</sup> Прим. автора. Рисунок № 13. (в списке вторая строчка, второй блок).

<sup>4</sup> Прим. автора. Сигнал «acc» — (Accordion), обозначает передачу сообщения ступенчато, с визуальной точки зрения это похоже на элемент конструкции меха аккордеона. Сигнал, распространяемый таким способом, легко возвратим к исходным позициям.

(рассечение) сигнала на несколько частей с целью дублирования одних и тех же данных на разные потоки, в том числе и на потоки обратной связи. Значение snp отвечает за разделение сигнала и передачу его содержания от таблицы к субканалам. Значения по вертикали — это точки отклика аудиоматериала, эти же значения присутствуют и по горизонтали в левом и правом субканалах, отклик внутри каналов имеет структуру времени, измеряемую в микросекундах.

Приведём полную структуру программного кода нашего алгоритма (рисунок 14)

Интерфейс нашего модуля будет выглядеть следующим образом (рисунок 15).

Наш модуль при обработке предгенерированного аудиосигнала в редакторе Audacity® (рисунок 16).

В целях придания реверберации дополнительных артефактов, формирующих *пространственные эффекты*, можно поэкспериментировать с ротацией реверберации по заданному оператором алгоритмическому образцу.

Для того чтобы выполнить ротацию звукового потока хвоста пружинно-гребенчатой реверберации и сформировать её оригинальный алгоритмический рисунок, как показано ниже (рисунок 17), необходимо задать следующие параметры.

В нашем случае ротация будет происходить по двум фрагментам, используемых нами рекурсивных формул.

```

1. | (let ((d rotate) (max (+ d range)))
2. |   (make-symbol (< d max)
3. |   (if (<= (aref s d) diffphase)
4. |     (if (> (aref r (+ d 5)) diffphase)
5. |       (setq range (cons (+ d 5) phase))))
6. |   (if (<= (aref s (+ d 5)) phase)
7. |     (setq leftch(cons d phase))))
8. |   (setq d (5+ d)))) ©Design-technology: Vasily V.Taran
                          PhD in cultural studies (ICT)

1. | (unite sp (acc 3 vol) (col 3 snp))
2. | (unite sp (acc 4 vol) (col 4 snp))
2. | (unite sp (acc 4 vol) (col 4 snp))
1. | (unite sp (acc 3 vol) (col 3 snp))
    
```

Рис. 18. Портируемый фрагмент программного кода, осуществляющий ротационные функции согласно рисунку 17.

$$\begin{aligned}
 (C[\downarrow; (B_1, A_1)] \leftrightarrow step_3 [D] \rightarrow (C = C) \\
 (D[\downarrow; (D_1, C_1)] \leftrightarrow step_4 [B] \rightarrow (D = D)
 \end{aligned}$$

Использование *третьего* и *четвёртого* шагов ( $step_3 \rightarrow step_3$ ) объясняется направленностью реверберационного потока.

Первые опорные точки A, B (которые, по сути, являются физическими каналами) — по которым аудиосигнал проходит в чистом виде, используют левый канал в качестве извлекаемой стереобазы.

Генерация стереобазы, а также *гребень* хвоста пружинной реверберации происходят на субканалах  $A_l$  и  $B_l$ , поэтому период затухания отклика будет:  $C = B_l, A_l$  (leftch) и  $D = D_l, C_l$  (leftch). Именно это затухание<sup>1</sup> зарезервировано для нашего фазовращателя<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Прим.автора. В период затухания кратковременного отклика аудиосигнала, для поддержания его чёткости и ясности воспроизведения (особенно на материале со смешанным содержанием), важен баланс стереополя всей обрабатываемой композиции. Поскольку мы производим чистый эксперимент и работаем только с программной оболочкой нашего модуля, то мы не используем сторонних плагинов, расширяющих стереополе, более того мы не задействуем и интерфейсно-ориентированную базу Audacity®, к примеру её удачную реализацию стереокомпрессии и расширения каналов стереобазы SC4. Мы задействуем только средства программного кода Nyquist, поэтому подчёркивание затухания отклика, который физически перемещается из канала в канал, происходит за счёт установленного количества проходов обработки участков отклика, на выделенном оператором хронометраже (всего 5 проходов).

<sup>2</sup> Прим.автора. Имеется в виду алгоритм вращения фазы аудиосигнала, формирующий эффект перехода воспроизводимого звука из одного канала в другой.

Вращение будет иметь ротационную форму согласно рисунку 17. Ячейки таблицы будут немного изменены, поскольку ротация будет переходить из одного субканала в другой. Приводим программный код данной процедуры (рисунки 17).

Здесь  $let^3$  — контрольная конструкция, которая осуществляет локальную связь с точкой ротации «d», при этом  $max^4$  — арифметическая функция, определяющая самое большое из списка чисел в диапазоне точки ротации [15,16].  $make-symbol^5$  — символьная функция, создающая неинтернированный символ<sup>6</sup> в точке ревербе-

<sup>3</sup> Прим.автора.  $let$  устанавливает последовательную привязку для переменных, каждая из которых может быть либо символом, который инициализируется как nil, либо списком, корнетка которого является символом (в данном случае cadr будет выступать выражением инициализации).  $expr$  — выражения которые будут оцениваться далее.  $returns$  — значение последнего выражения.

<sup>4</sup> Прим.автора.  $max$  — осуществляет определение самого большого числа из списка чисел. Как правило, это стартовые числа. Работает в паре с операторами  $expr$  и  $returns$ . При совместной работе,  $expr$  — это выражения, подлежащие проверке, а  $returns$  — это наибольшее число в списке.

<sup>5</sup> Прим.автора.  $make-symbol$  на языках SAL, LISP и Nyquist создаёт неинтернированный символ. Работает с операторами  $rname$  и  $returns$ .  $rname$  — строка имени печати символа,  $returns$  — новый символ.

<sup>6</sup> Прим.автора. Неинтернированный символ — это символ, используемый просто «как объект данных», без специальной каталогизации (он не принадлежит ни к какому конкретному пакету). Неинтернированный символ обозначается символом «#:», за которым следует его печатное название. Напротив — (интернированный символ) — это символ, который индексируется по его печатному наименованию в каталоге, называемом пакетом. Запрос на поиск символа с таким именем для печати приводит к тому же символу «ef» (проверка на идентичность выражения). Каждый раз, когда входные данные считываются с помощью функции «read» (осуществляет считывание аудиоданных, в режиме потока работает с переменной «fr», которая инициализирует дополнительные

рации, для оценки совокупности максимального числа из списка<sup>1</sup>. `if2` — выполняет тестирование оценки выражения, лежащего в области функции массива (`aref`), связка вводится для оценки уровня диффузии реверберации на фазе субканала к которому применяется ротация [17]. `aref3` — функция массива, получает элемент массива для шины стереорасширения. `setq4` — символьная функция, осуществляет установку значения символа [18]. `cons5` — функция списка, осуществляет создание нового узла списка для точки ротации на фазе канала [19].

Чтобы поэкспериментировать с реверберацией и разобраться в опциональной настройке Nyquist-модулей, приведём программный код обычной реверберации, изложенный на языке LISP (приложение № 1), с дальнейшей его имплементацией на языке Nyquist (приложение № 2)<sup>6</sup>. Структура нижеприведенного про-

---

параметры для считывания) и появляется это имя печати, оно считывается как один и тот же символ. Это свойство символов делает их подходящими для использования в качестве имён для вещей и в качестве специализированных крючков, на которые можно цеплять постоянные объекты данных (например, используя список свойств).

<sup>1</sup> Прим.автора. Оценка совокупности приведёт к чтению первого выражения от файла «init.lisp». Выражение будет возвращено как результат функции «`read`». Больше выражений может быть считано из файла, используя дальнейшие обращения к функции «`read`». Когда данные заканчиваются, чтобы осуществлять дальнейшее чтение, функция «`read`» возвратится значением «`nil`».

<sup>2</sup> Прим.автора. `IF` — изначально оператор языка SAL, введённый в Nyquist для тестирования оценки выражений (`test-expr`), если выражение тестируется как истина, то используется оператор (`true-stmt`), если ложь — (`false-stmt`). Можно также воспользоваться оператором `begin-end` для оценки присутствия более одного оператора (использовать как функцию тогда → ещё).

<sup>3</sup> Прим.автора. `aref` — функция массива, получает  $n$ -ый элемент массива (в нашем случае значение «`s`» — шина стереорасширения). `array` — собственно сам массив, `n` — индекс массива (целое число), `returns` — значение элемента массива.

<sup>4</sup> Прим.автора. `setq` — функция устанавливающая значения символа. Перешла в Nyquist от одного из его прародителей LISP. Однако также близкой к Nyquist структуре SAL свойственна функция `set`. Работает с операторами `sum`, `expr` и `returns`. `sum` — это устанавливаемый символ (обычно заключаемый в кавычки). `expr` — новое значение, `returns` возврат нового значения.

<sup>5</sup> Прим.автора. `cons` — функция создания нового списка, использует следующие операторы: `expr 1`, `expr 2` и `returns`. `expr 1` — каретка нового узла списка, `expr 2` — заголовок нового узла списка, `returns` — новый узел списка.

<sup>6</sup> Прим.автора. В приложении № 2 описывается имплементация программного кода (язык Nyquist), показанного в приложении № 1. Имплементация осуществлена Стивом Далтоном (Steve Daulton) и выпущена под лицензией GPL v.2.0. Оригинальное изложение программного кода стандартной реверберации на языке LISP — Роджер Данненберг (Roger Dannenberg). Предупреждения, разработанные для данного модуля, являются интеллектуальным достоянием Уина Бента (Win Bent)\*. Важно! В описываемом программном коде (приложение № 2) фильтр низких частот и стерео диапазон воздействуют только на `\n` реверберацию (субканалы воспроизведения), а не на сухой (полезный) сигнал.

\* Уин Бент (Win Bent) — американский композитор, исполнитель и музыкальный экспериментатор, в том числе в области компьютерной музыки. Текущий адрес проживания: г. Остин, штат Техас.

граммного кода, проиллюстрированного в виде *приложений*, позволит лучше разобраться в тонкостях настройки классической реверберации. Таким образом, автор статьи произвёл анализ возможностей редактора Audacity® в области компьютерного моделирования эффекта реверберации интерфейсно-ориентированным и программным способами.

Эксперименты, поставленные автором в ходе исследования, подтвердили возможность использования программного комплекса Audacity® в качестве всестороннего развитого средства, обеспечивающего полный контроль над процессами обработки аудиоматериала.

Конечно, Audacity® как профессиональный редактор звука, продолжает совершенствоваться, выходят его новые версии, которые добавляют разносторонние функции, опции которых реализуются через интерфейсную оболочку программы, однако одно остаётся неизменным — это совершенствование мастерства работы над аудиоматериалом. В современных условиях это довольно непростой процесс, требующий комплексных, порой полидисциплинарных знаний разного рода научных дисциплин.

В первую очередь, это, конечно же, современная информатика и вычислительная техника, и соответствующие ей навыки работы с различными языками программирования, включая понимание структур данных, типы языков, алгоритмику и прочее.

Во вторую очередь, это дисциплины естественнонаучного профиля, которые позволяют ориентироваться в свойствах звука, такие как физика (акустика), медицина (аудиология) и другие уважаемые дисциплины.

В третью очередь, это научные дисциплины, позволяющие формировать творческие замыслы в данной области и воплощать их с помощью вычислительной техники — это культурология (культура возделывания аудиоматериала, его синтез и воспроизведение, культура работы с аудиоданными), психология (основы восприятия человеком звуковой информации, знание психоакустических свойств звука), а также некоторые другие, родственные им науки.

Статьи подобного толка призваны привнести инновационные методы в исследуемую нами область и дополнить современные техники компьютерного редактирования аудиоматериала.

Автор выражает надежду на то, что написанный им материал послужит хорошей вспомогательной базой для исследователей, занимающихся проблематикой работы со звуком, а также станет предметом научной дискуссии в этой увлекательной области исследований.

## Приложение № 1

```

(defun reverb (x time)
  (multichan-expand "REVERB" #'reverb-mono
    '(((SOUND) "snd") ((NUMBER) "time"))
    x time))

(defun reverb-mono (ga irevfactor)
  (let (sr ilowpass idel ihz icsc acomb1 allp1 allp2 allp3 allow allp4 allp5
        arevout)
    (setf sr (snd-srate ga))

    (setf ilowpass 9000.000)

    (setf idel (list
      (✓ 1237.000 sr) (✓ 1381.000 sr) (✓ 1607.000 sr)
      (✓ 1777.000 sr) (✓ 1949.000 sr) (✓ 2063.000 sr)
      (✓ 307.000 sr) (✓ 97.000 sr) (✓ 71.000 sr)
      (✓ 53.000 sr) (✓ 47.000 sr) (✓ 37.000 sr)
      (✓ 31.000 sr)))

    (setf ihz (mapcar #'✓ idel))

    (setf icsc (list
      (* irevfactor 0.822) (* irevfactor 0.802)
      (* irevfactor 0.773) (* irevfactor 0.753)
      (* irevfactor 0.753) (* irevfactor 0.753)
      (* irevfactor 0.7)))

    (setf acomb1 (sum
      (comb ga (nth 0 icsc) (nth 0 ihz))
      (comb ga (nth 1 icsc) (nth 1 ihz))
      (comb ga (nth 2 icsc) (nth 2 ihz))
      (comb ga (nth 3 icsc) (nth 3 ihz))
      (comb ga (nth 4 icsc) (nth 4 ihz))
      (comb ga (nth 5 icsc) (nth 5 ihz))))

    (setf allp1 (alpass acomb1 (nth 6 icsc) (nth 6 ihz)))
    (setf allp2 (alpass allp1 (nth 6 icsc) (nth 7 ihz)))
    (setf allp3 (alpass allp2 (nth 6 icsc) (nth 8 ihz)))
    (setf allow (lp allp3 ilowpass))
    (setf allp4 (alpass allow (nth 6 icsc) (nth 9 ihz)))
    (setf allp5 (alpass allp4 (nth 6 icsc) (nth 11 ihz)))

    allp5
  ))

```

## Приложение № 2

```

;control time "Reverberation time" real "seconds" 2.5 0.1 10
;control damping "High frequency damping" real "%" 50 0 100
;control low-cut "Low cut filter" real "Hz" 200 0 1000
;control width "Stereo Width" real "%" 40 0 100
;control mix "Reverb mix proportion" real "%" 20 0 100

;limit values to valid range
(setq time (max 0.1 time))
(setq damping (max 0 (min 1 (/ damping 100.0))))
(setq low-cut (max 0 (min (/ *sound-srate* 2.0) low-cut)))
(setq width (max 0 (min 1 (/ width 100.0))))
(setq mix (max 0 (min 1 (/ mix 100.0))))

;; create new Left channel
(defun Lsplit (leftch df)
  (let((f1 (lp leftch 300)) ;Common Sub below 300
        (f2 (feedback-delay(lp(hp leftch 300)600)(* df 0.2) 0))
        (f3 (lp(hp leftch 600)1200)) ;Common MID - 600-1200
        (f4 (feedback-delay(lp(hp leftch 1200)2400)(* df 0.08) 0))
        (f5 (hp leftch 2400))) ;Common Presence
    (sim f1 f2 f3 f4 f5))) ;mix sounds

;; create new Right channel
(defun Rsplit (rightch df)
  (let((f1 (lp rightch 300)) ;Common Sub below 300
        (f2 (feedback-delay(lp(hp rightch 300)600)(* df 0.14) 0))
        (f3 (lp(hp rightch 600)1200)) ;Common MID - 600-1200
        (f4 (feedback-delay(lp(hp rightch 1200)2400)(* df 0.06) 0))
        (f5 (hp rightch 2400))) ;Common Presence
    (sim f1 f2 f3 f4 f5))) ;mix sounds

(defun stereo (s-in w)
  (let ((dlay (+(* w 0.5)0.2)))
    (if (arrayp s-in)
        (vector
         (sim
          (mult w (Lsplit (aref s-in 0) dlay))
          (mult w -0.5 (Rsplit (aref s-in 1) dlay))
          (mult (- 1 w) (aref s-in 0))))
        (sim
         (mult w -0.5(Lsplit (aref s-in 0) dlay))
         (mult w (Rsplit (aref s-in 1) dlay))
         (mult (- 1 w)(aref s-in 1))))
    s-in)))

```

## ЛИТЕРАТУРА

1. Компьютерная программа Nyquist IDE v.3.15 / Файл директории (C:\Users\Name\Nyquist) // OS: MS Windows, GNU Linux /// Полная реализация — Jesse Clark, David Hovard, David Movatt, David Deangelis, Roger B. Dannenberg. — 2002–2018. [Электронный источник, компьютерная программа].
2. Компьютерная программа Audacity® v.2.1.3 / Файл директории (C:\Program Files (x86)\Audacity) // OS: MS Windows, GNU Linux /// Полная реализация — Gale Andrews, Arturo «Buanzo», James Crook, Roger B. Dannenberg, Steve Daulton, Vaughan Johnson, Greg Kozikowski, Paul Licameli, Peter Sampson, Martyn Shaw, Bill Wharrie. — 1999–2017. [Электронный источник, компьютерная программа].
3. 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 // Информатика, вычислительная техника и управление. — 2020. — № 4. — С. 135–153. [ISSN2223–2966]. (DOI 10.37882/2223–2966.2020.04.37).
4. Таран В.В. Корректировка аудиосигнала при монтаже аудиозаписей в программной среде Audacity®, используя multifunctional возможности языка программирования Nyquist / В.В. Таран // Современная наука актуальные проблемы теории и практики: Серия естественные и технические науки // Информатика, вычислительная техника и управление. — 2021. — № 3. — С. 155–202. [ISSN2223–2966]. (DOI 10.37882/2223–2966.2021.03.32).
5. Таран В.В. Цифровая библиотека чтения и записи аудиоданных Libsndfile: техническая структура, возможности использования и перспективы развития / В.В. Таран, Р.С. Гиляревский // Современная наука актуальные проблемы теории и практики: Серия естественные и технические науки // Информатика, вычислительная техника и управление. — 2021. — № 6. — С. 131–155. [ISSN2223–2966].
6. Psychoacoustics: perception of normal and impaired hearing with audiology applications / Jennifer J. Lentz. — Plural Publishing, Inc. 2020. (Editor-in-Chief for Audiology Brad A. Stach, PhD). — p. 238 [ISBN9781597569897; ISBN1597569895].
7. Sound Reproduction (The Acoustics and Psychoacoustics of Loudspeakers and Rooms) / Third Edition: Floyd E. Toole (Audio Engineering Society (AES). Third edition published 2018, by Routledge 711 Third Avenue, New York, NY10017–2018 (Taylor & Francis). — p.490 [ISBN9781138921368; ISBN: 978–1–138–92137–5; ISBN: 978–1–138–92136–8; ISBN: 978–1–315–68642–4].
8. Optimal utilization of a reverberation chamber / Leferink, F. and van Etten. — Euro EMC2000, Symposium on EMC, Brugge, pp. 201–206
9. Anechoic and Reverberation Chambers (Theory, Design, and Measurements) / Qian Xu and Yi Huang. — 2019 (John Wiley & Sons Ltd). p.380 [ISBN: 9781119361688].
10. Simoni M., Dannenberg R., Algorithmic Composition (A Guide to Composing Music with Nyquist) / Published in the United States of America by The University of Michigan Press Manufactured in the United States of America (e-book). — 2008, 2013. — p.249. [ISBN978–0–472–02905–1].
11. Audacity® 2.1.3 Manual, standalone (offline version: C:\Program Files (x86)\Audacity\help\manual\man\index\_of\_effects\_generators\_and\_analyzers.html [дата обращения к электронному ресурсу: 14.09.2022].
12. Audacity® 2.4.2 Manual, WEB-version, URL: <https://manual.audacityteam.org/> [дата обращения к электронному ресурсу: 14.09.2022].
13. Touretzky, David S. Common LISP: a gentle introduction to symbolic computation /Carnegie Mellon University /// Copyright © 1990 by Symbolic Technology, Ltd.///Published by The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc.p.587 [ISBN0–8053–0492–4].
14. Seibel Peter. Practical COMMON LISP /APRESS — 2005, p.528 [ISBN1–59059–239–5].
15. Dannenberg R.B. Nyquist Reference Manual Version 3.19 // Carnegie Mellon University — School of Computer Science/ Pittsburgh, PA 15213, U.S.A. 2013–2022 WEB-version, URL: <http://www.cs.cmu.edu/~rbd/doc/nyquist/> [текущая версия учебника, дата обращения к электронному ресурсу: 14.09.2022].
16. 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 ar-3.16/nyquist/](http://www.cs.cmu.edu/~rbd/doc/ar-3.16/nyquist/) [архив, дата обращения к электронному ресурсу: 14.09.2022].
17. 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.
18. 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.
19. 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»

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМАХ «УМНЫЙ ГОРОД»

### MODERN TECHNOLOGIES IN «SMART-CITY» SYSTEMS

*Ahmed Talaat Tawfeeq Tharwat*

*Summary.* This article is devoted to the problems of the development of the concept of smart cities in the Republic of Belarus, the Russian Federation. The main approaches to the definition of the concept of “smart city” are considered, the main characteristics of smart cities are highlighted. The concept of “safe city” is considered, the possible risks associated with the introduction of the concept of “safe city” are reflected. The main ways of ensuring the security of the information and communication system in smart cities are identified. The existing experience of intelligent technologies in smart cities around the world is given. The review of the main intelligent technologies in the field of Internet of Things (IoT), such as a cluster-based authentication process in a smart city, M2M communication technology is carried out. A review of existing smart home systems, such as Arduino1, ZigBee 3.0. protocol has been conducted and their main characteristics have been identified.

*Keywords:* “smart city”, smart-cities, digital environment, “safe city”, Internet of Things (IoT), a cluster-based authentication process, M2M communication technology, “smart home”, Arduino1, ZigBee 3.0.

**Таруат Ахмед Талат Тауфик**

Белорусский национальный технический  
университет  
ahmedtharwat6773@gmail.com

*Аннотация.* Настоящая статья посвящена проблемам развития концепции умных городов в Республики Беларусь, Российской Федерации. Рассмотрены основные подходы к определению понятия «умный город», выделены основные характеристики умных городов. Рассмотрено понятие «безопасный город», отражены возможные риски, связанные с внедрением концепции «безопасный город». Выявлены основные пути обеспечения безопасности информационно-коммуникативной системы в умных городах. Приводится существующий опыт внедрения интеллектуальных технологий в умных городах по всему миру. Проведен обзор основных интеллектуальных технологий в сфере интернет-вещей (IoT), таких как аутентификация пользователей в системах умных городов, основанная на кластерной связи, технология межплатформного программного обеспечения. Проведен обзор действующих систем умного дома, таких как Arduino1, протокола ZigBee 3.0. и выявлены их основные характеристики.

*Ключевые слова:* «умный город», smart-cities, цифровая среда, «безопасный город», интернет-вещей (IoT), аутентификация, основанная на кластерной связи, технология межплатформного программного обеспечения, «умный дом», Arduino1, ZigBee 3.0.

**Н**а современном этапе развития человечества актуальной является проблема создания «умных городов», разработка интеллектуальных технологий в процессе цифрового развития городов с целью улучшения качества жизни населения и эффективного удовлетворения нужд населения. Система «умный город» представляет собой сеть коммуникации, элементы которой взаимодействуют между собой.

Единого определения понятия «умный город» не существует. С точки зрения науки «умный город — безопасный, экологически защищенный и эффективный городской центр будущего с передовой инфраструктурой из сенсоров, электроники и сетей, которая стимулирует устойчивый экономический рост и высокое качество жизни». С точки зрения информационно-технологического аспекта, «в основе умного города находится интеллектуальный обмен информацией, протекающий между большим числом его различных подсистем». Городами с высокоразвитой инфраструктурой являются Амстердам, Стокгольм, Барселона, Сингапур. В России к умным городам относятся Москва, Санкт-Петербург, Казань, Екатеринбург, Самара, Волгоград, Таганрог. Проблема развития таких городов в данный момент за-

ключается в развитии лишь отдельных систем (умный транспорт и т.д.), нехватке инвестиций, ЦОД (центров обработки данных), борьбе с COVID-19 [1].

В настоящее время актуальной является проблема о том, как осуществить активное внедрение концепции умного города в Беларуси. Ускоренному развитию и внедрению инноваций способствует континуальный рост населения.

Стоит учитывать тот факт, что в РБ внедрение smart-технологий осуществляется медленно, так как информатизация все еще не является приоритетной в комплексном городском развитии [2].

Приступая к исследованию вопроса о том, каким должен быть умный город, стоит отметить, что одним из первостепенных направлений инновационной и научно-технической деятельности на 2021–2025 в Республики Беларусь является концепция умного города в рамках программы «Цифровое развитие Беларуси». Взаимодействие внешних ИС и ИР, внешних сервисов, ЦОД, регулятора, координационного центра, администрации, населения, бизнес-сообщества, IoT-платформ

способствует эффективному функционированию цифровой платформы. В рамках программы одной из задач является повышение уровня комфорта и безопасности жителей с помощью smart-технологий, видеоаналитики, удаленного мониторинга и т.д. Разработка и апробация цифровой платформы осуществляется в первую очередь в Орше, Барановичах, Пинске, Новополоцке, Полоцке, Мозыре, Лиде, Борисове, Солигорске, Молодечно, Бобруйске.

Минск занимает 111-е место в рейтинге умных городов в индексе Cities in Motion бизнес-школы Наварры [3].

Таким образом концепция умного города характеризуется технологичностью, интеллектуализацией и концентрацией внимания на стиле жизни. В 2019 году был запущен пилотный региональный проект «Кричев-малый умный город», подразумевающий использование IT-технологий на предприятиях. В рамках программы «Безопасный город» в целях профилактики правонарушений в общественных местах установлены системы видеонаблюдения. Была внедрена АСДУ (автоматизированная система диспетчерского управления движением автобусов). Солнечные батареи и аккумуляторы установлены на газорегуляторных пунктах, система GPRS фиксирует показатели на компьютеры. На газопроводах используется дистанционный лазерный детектор утечек метана Sewerin RMLD [4].

К синонимам понятия «умный город» относятся «безопасный город», «цифровой город», «комфортный город». В вопросе обеспечения безопасности в «умном городе» существует так называемый «угрозный универсум». Все риски в данной среде условно можно разделить на умышленные и «остальные». Перечень возможных угроз в умных городах бесконечен, и ущерб от них неограничен. Невозможно предсказать и учесть все предстоящие риски, а значит невозможно обеспечить исчерпывающую безопасность в таких городах. Существует три стратегии реагирования на появление умышленных угроз: предотвращение с целью устранения источников угроз; отражение с целью прекращения воздействия угроз и устранения их последствий; минимизация последствий. Задачами на данном этапе исследования является использование результатов имитационного моделирования систем безопасности в разработке обучающих выборок для систем поддержки принятия решений на интеллектуальном уровне [5].

В Российской Федерации актуальным является развитие концепции «Безопасный город», направленной на прогнозирование, реагирование, мониторинг и предупреждение угроз, устранение их последствий. С целью реализации данной концепции необходимым

является использование цифровых средств, обеспечивающих процессы поддержки принятия управленческих решений в режиме реального времени. К возможным угрозам относятся природные явления или процессы, которые могут привести к возникновению чрезвычайных ситуаций (ЧС); техногенные опасные ситуации, имеющие вредное физическое, химическое и механическое воздействия на окружающую среду; биолого-социальные ситуации, представляющие угрозу жизни и здоровью людей; конфликтные ситуации; ситуации, связанные с киберпреступностью и информационной войной и т.д. [6].

Немаловажным аспектом развития «Безопасного города» является информационная безопасность. К основным проблемам работы систем относятся проблемы в проектировании, эксплуатации, хранении, обработки и передачи данных. Также интернет-вирусы, угрозы со съемных носителей, email-угрозы, программы-вымогатели. Для борьбы с угрозами используются стандартизированные протоколы передачи данных в системах (протоколы IP, TCP/IP, UDP, FTP, DNS, HTTP, NTP, SSH); гомоморфное шифрование; защита данных зашифрованных пакетов в cloud-хранилищах; разделение сети умного города и всемирной паутины; автоматизация и управление чрезвычайно важных объектов инфраструктуры города; использование комплексных решений, а не заказной разработки IoT-вещей; встроенная защита в процессы производства, внедрение продукции OEM-производителями; тестирование программных средств [7].

Для обеспечения безопасности информационно-коммуникативной системы и разработки СППР используются следующие механизмы: а) идентификация и аутентификация; б) управление доступом; в) протоколирование и аудит; г) криптография; д) межсетевое экранирование. Адаптивная сетевая безопасность включает в себя: 1) технологию анализа безопасности или поиска уязвимостей (ручное или автоматическое устранение неполадок сети); 2) технологию обнаружения атак (с помощью анализа или журналов регистрации операционной системы и прикладного программного обеспечения, или сетевого трафика в реальном времени); 3) адаптивный компонент (серия тестов по обнаружению уязвимостей) 4) управляющий компонент. Наиболее популярными являются протоколы TCP/IP и т.д., позволяющие эффективно проверять защищенность корпоративной сети, работающей в данном сетевом окружении, независимо от того, какое программное обеспечение функционирует на более высоких уровнях [8].

В данный момент активно разрабатываются и внедряются интеллектуальные технологии и цифровые решения «умных городов» по всему миру.



С 1 января 2020 года в г. Москва повсеместна была установлена интеллектуальная система распознавания лиц, камеры с HD-качеством.

В рамках пилотного проекта «SmartAqkol» в Казахстане был проведен Wi-Fi общего доступа, составлена цифровая 3D-карта города, включающая в себя более 18-ти слоев на карте — инженерные системы и сети, камеры, освещение), установлено около 70 видеокамер.

В городе Сонгдо (Южная Корея) с помощью внедрения сенсоров в улицы, здания и дороги каждый объект подключен к сети; датчики отправляют данные в главный пункт управления для выполнения анализа о неисправностях, состоянии объектов, температуре и т.д. Сонгдо является ярким примером создания «умного города» с нуля [9].

Технологические аспекты современных городов подразумевают оптимизацию телекоммуникационной сети в густонаселенных городских районах, оценку технологий на основе блокчейна для приложений Интернета вещей (IoT), оптимизацию транспортных средств для распределения грузов, оценку качества жизни в устойчивых городах, анализ перспектив совместного энергетического сообщества в Европе, а также предложения о совместной беспроводной передаче энергии и информации в сценариях Интернета вещей [10].

Исследуя облачные вычисления в сфере интернета-вещей, необходимо упомянуть, что физическое расстояние между облаком и конечным пользователем достаточно большое, соответственно увеличиваются задержка передачи и время сигнала. Существует пограничный сервер, который может облегчить обработку и хранение данных другого сервера; сервер обслуживания для каждой службы (например, службы экстренной медицинской помощи); и центральный сервер для умного города. Каждый пользователь взаимодействует с пограничным сервером, который расположен в населенном пункте пользователя. Пользователь может получать обслуживание с любого сервера обслуживания через кластерную связь. Все пользователи сервера обслуживания будут зарегистрированы с помощью пограничных серверов.

При регистрации пользователя сначала оценивается «доверие» пользователя. Сначала необходимо определить уровни доверия (LT) и связанные с ними диапазоны значений. Когда пользователь выполняет регистрацию через direct trust, ему/ей присваивается значение «mid (M)» [0.41,0.50] как первоначальное значение доверия. Таким образом, когда пользователь выполняет регистрацию через direct trust, ему/ей присваивается значение «low (L)». В результате он/она

получает случайное значение в качестве начального доверительного значения. При использовании процесса аутентификации на основе кластера каждый сервер обслуживания получает номер, сгенерированный центральным сервером, и он уникален для каждого сервера обслуживания. Аналогично, каждый пограничный сервер получает номер, сгенерированный соответствующим сервером обслуживания, и каждому пользователю пограничного сервера присваивается номер, сгенерированный пограничным сервером. Эти номера называются номерами аутентификации, которые используются для генерации ключей и аутентификации для каждого идентификатора (пользователя, пограничного сервера и сервера служб).

В процессе аутентификации на основе кластера существует другой кластер, членами которого являются все серверы служб, а мастер кластера — центральный сервер или сервер аутентификации, подключенный к центральному серверу. Этот кластер используется для аутентификации сервера служб, когда требуется межсервисная связь. Например, служба server SSb хочет получить сервис от сервера service SSc. В этой ситуации SSc использует приватный ключ и отправляет зашифрованное сообщение на центральный сервер для аутентификации SSb. Затем центральный сервер отправит SSb сообщение с просьбой отправить его идентификатор и адрес. Затем SSb отправляет свой идентификатор и АТ в виде зашифрованного текста, используя свой секретный ключ. Центральный сервер открывает его и проверяет подлинность SSB, если его АТ находится на центральном сервере [11].

На данном этапе помимо интернет-вещей в разработке находится технология machine-to-machine (M2M) для межплатформного программного обеспечения. Данная технология предусматривает передачу данных как путем проводного, так и беспроводного соединения. Экосистема M2M состоит из провайдера устройства, интернет-провайдера, провайдера платформы, сервис-провайдера и пользователей услуг. На прикладном уровне используются такие протоколы как HTTP, MQTT, CoAP, AMQP, XMPP. К протоколам транспортного уровня относятся TCP, UDP. Сетевой уровень включает в себя протоколы IPv4, IPv6, IPSec, ICMP, 6LoWPAN. Уровень передачи данных и физический уровень объединяют в себе протоколы ZigBee, BLE, Wi-Fi, LoRa, NFC, Cellular, Z Wave.

M2M технология использует низкоскоростные беспроводные персональные сети (LR-WPAN), например, ZigBee, internet engineering task force (IETF). Также беспроводные персональные сети с поддержкой IPv6 с низким энергопотреблением (6LoWPAN), протокол маршрутизации для сетей с низким энергопотреблением

ем и потерями (RPL), протокол ограниченных приложений (CoAP), ISA100.11a и WirelessHART, M-BUS, беспроводная M-BUS, KNX, связь по линии электропередачи (PLC) и IPv4/IPv6. В персональной сети (PAN) / домашней сети (HAN) / локальной сети (LAN) / полевой сети (FAN) используются технологии беспроводной связи с низким энергопотреблением, такие как Wi-Fi, Bluetooth low energy (BLE), ZigBee и 6LoWPAN, Z-wave также могут использоваться для подключения узла шлюза связи между машинами к главному серверу. С помощью сети LPWAN (Sigfox и LoRa) передаются данные очень малого размера. IPv6-адресация может предоставить возможность охватить миллиарды устройств, которые могут быть подключены к интернет-протоколу (IP). CoAPis отвечает потребностям передачи гипертекста, реализует методы HTTP retrieve, post, post и delete, исключая неправильное толкование при общении с клиентами, включает в себя безопасность транспортного уровня дейтаграмм (DTLS), обеспечивающую передачу данных Интернета вещей, а также безопасный обмен данными через транспортный уровень. Units per transaction (UPT), позволяет использовать меньший объем полосы пропускания, помогая поддерживать высокие скорости связи при одновременном использовании минимального объема полосы пропускания [12].

Одним из направлений сети умного города является система умного дома. Датчики системы Arduino1 позволяют определять движение в зоне 0–7 м. Для передачи данных и управления используется GSM-модуль связи. Однако данный модуль не определяет источники энергии небольшой мощности. Функция потокового сканирования позволяет сократить количество датчиков движения и записать отрезок спектра активных частот для поиска преступника. Основой разработки модуля датчика Arduino служит амплитудный детектор СВЧ-колебаний. «Если амплитуда принятого сигнала на VD1 диод достаточно велика, то выходное напряжение детектора откроет VT1 транзистор. Следовательно, возникает импульс высокого логического уровня длительностью приблизительно 10 мс на выходе элемента DD1.1, образующего с элементом DD1.2 простой генератор одиночного импульса (одновибратор). Он разрешит работу мультивибратора с элементами DD1.3, и DD1.4 на частоте приблизительно 1,5 кГц. Пакет импульсов, усиленных по мощности VT2 и VT3 транзисторами, будет воспроизведен пьезоэлектрическим капсюлем HA1 (или динамической головкой вместо капсюля) как громкий щелчок. Так прибор отреагирует на выход сотового телефона в эфир даже на очень короткое время» [13].

Для реализации проекта «Умный дом для пожилых людей» используется ZigBee 3.0. Он включен в спецификацию Zigbee Pro 2017 (R22). Данный протокол имеет

ряд преимуществ: ячеистая структура, обеспечивающая надежность для человека, позволяющая не поддаваться влиянию других технологий передачи, низкое энергопотребление благодаря «спящему режиму».

В системе используются две камеры, записывающие видеоданные в реальном времени. При условии, что запись происходит 12 часов в сутки, видео записывается в разрешении 1920x1080, 30 кадров в секунду, битрейт такого видеопотока составляет в среднем 3 Мбит/с. Средняя нагрузка ввода-вывода для каждого видеопотока составляет в среднем 60 операций ввода-вывода при условии, что размер блока составляет не менее 8 КБ. Таким образом, система хранения данных должна обрабатывать архивирование потока данных  $3 \times 2 / 70\% = 8,6$  Мбит/с, с размером блока 8 КБ и выше, и  $60 \times 2 / 70\% = 171,4$  операций ввода-вывода. Для таких требований достаточно 2 жестких дисков SATA в RAID-1 (зеркальных). Для хранения информации в течение как минимум одной недели, 7 (дней) \* 12 (часов) \* 3600 (секунд) \* 2 (камеры) \* 3 (Мбит/с)/8 (бит) = 226 800 МБ = 226,8 ГБ. В настоящее время производство жестких дисков малой емкости практически остановлено. Для улучшения и повышения надежности, компактности и производительности системы предлагается использовать 2 твердотельных 2,5-дюймовых твердотельных накопителя емкостью 480 ГБ каждый. Это позволит хранить архивные данные либо в течение двух недель, либо в течение недели с непрерывной записью. Ограничение на количество перезаписей ячеек твердотельного накопителя с памятью TLC составляет от 1500 до 3000 циклов, что в среднем позволит использовать этот тип SSD в системе не менее  $1500 \times 480(\text{ГБ}) / 226,8(\text{ГБ}) \times 7 / 365 = 66,9$  лет. Предлагается использовать накопители SATA 3. Типичная пропускная способность этих накопителей составляет 450 Мбит/с последовательного чтения и 350 Мбит/с последовательной записи при размере блока 8 КБ, что позволит организовать дополнительные сервисы, такие как удаленный просмотр записей и синхронизация с удаленным облачным хранилищем, не влияя на производительность основного сервиса. Для реализации функциональности ZigBee используется микроконтроллер Texas Instrument CC2652R, который поддерживает протоколы Zigbee 3.0, Bluetooth mesh, Bluetooth 5.1 и другие. Также модули разработки с припаянным чипом и его вспомогательной схемой, а также антенным разъемом.

Для обеспечения связи между устройствами в локальной сети, а также для обеспечения доступа в Интернет используется маршрутизатор Mikrotik hEX Po E. Что касается интерфейсов подключения к Интернету, то маршрутизатор имеет порт Gigabit Ethernet, порт SFP для установки оптических модулей и порт USB, поддерживающий USB-модемы. Операционная система это-

го маршрутизатора позволяет настроить VPN-сервер на маршрутизаторе для входящих VPN-подключений.

Технология «умный дом» для пожилых людей в целом позволяет автоматизировать рутинные процессы [14].

Исходя из вышесказанного, создание цифрового пространства, строительство «умных городов», разработка и внедрение smart-технологий способствует тех-

нологическому, социально-экономическому развитию городов, улучшению качества и уровня жизни населения, появлению новых рабочих мест. Приоритетной задачей развития «цифровых городов» является эффективное управление интеллектуальными технологиями, повышение безопасности и разработка систем поддержки принятия решений с целью минимизации возможных рисков. Стоит учитывать, что реализация и развитие концепции «умного города» является отсроченным во времени процессом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алферов, О.Л. Концепция «Умный город» — проект интеллектуальной инфраструктуры среды обитания людей / О.Л. Алферов // Соц. и гуманитар. знания. Отечеств. и зарубеж. лит. Сер. 4, Государство и право. — 2021. — № 1. — С. 140–150.
2. Инструкция для градоначальников, или дорожная карта умного города / [Кошаровский Н.] // Веснік сувязі: научно-производственный журнал для специалистов в области связи и информационных технологий / учредители: Министерство связи и информатизации Республики Беларусь, Белорусский профессиональный союз работников связи. — 2019. — № 6. — С. 24–30.
3. Каким должен быть умный город и как его построить? / С.В. Кругликов, С.В. Потетенко // Веснік сувязі: научно-производственный журнал для специалистов в области связи и информационных технологий / учредители: Министерство связи и информатизации Республики Беларусь, Белорусский профессиональный союз работников связи. — 2021. — № 3. — С. 16–21.
4. Кричев: IT-подъем с переворотом / [Д.В. Бочков] // Веснік сувязі: научно-производственный журнал для специалистов в области связи и информационных технологий / учредители: Министерство связи и информатизации Республики Беларусь, Белорусский профессиональный союз работников связи. — 2019. — № 3. — С. 20–27.
5. Грищенко, Л.Л. «Умные» технологии при обеспечении безопасности в «умном городе» / Л.Л. Грищенко, С.М. Ревин, Ю.В. Коротаяев // Муницип. акад. — 2020. — № 2. — С. 186–191.
6. Зацаринный, А.А. Целеполагание в аппаратно-программном комплексе «Безопасный город»: задачи и реалии / А.А. Зацаринный, А.П. Сучков // Технологии гражд. безопасности. — 2020. — Т. 17, № 3. — С. 69–74.
7. Щербонос, Е.Б. Аспекты проработки системы безопасности умного города / Е.Б. Щербонос, А.Б. Шукенбаев, Н.Ш. Шукенбаева // REDS: Телекоммуникационные устройства и системы. — 2022. — Т. 12, № 1. — С. 51–55.
8. Яблочкин, Н.С. Разработка системы поддержки принятия решений для повышения безопасности информационно-коммуникационных систем / Н.С. Яблочкин // Актуальные проблемы информационной безопасности. Теория и практика использования программно-аппаратных средств: материалы X Всероссийской науч.-техн. конф., Самара, 21–22 марта 2017 г. / Самарский гос. техн. ун-т; отв. ред. А.И. Никонов. — Самара, 2017. — С. 153–156.
9. Абламейко, С. Использование систем искусственного интеллекта при обеспечении общественной безопасности в «Умном городе»: юридические аспекты / С. Абламейко, Н.В. Шакель, Р.П. Богуш // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Д, Экон. и юрид. науки. — 2021. — № 5. — С. 84–92.
10. Advanced technologies in Smart Cities [Electronic resource]: Energies 15(13). — Mode of access: [https://www.researchgate.net/publication/361621028\\_Advanced\\_Technologies\\_in\\_Smart\\_Cities](https://www.researchgate.net/publication/361621028_Advanced_Technologies_in_Smart_Cities). — Date of access: 03.09.2022.
11. Cluster-Based Authentication Process in a Smart City [Electronic resource]: Hindawi. — Security and Communication Networks. — Mode of access: <https://www.hindawi.com/journals/scn/2022/5186376/>. — Date of access: 03.09.2022.
12. Machine to machine communication enabled internet of things: a review [Electronic resource]: International Journal of Reconfigurable and Embedded Systems (IJRES) 11(2). — Mode of access: [https://www.researchgate.net/publication/361672707\\_Machine\\_to\\_machine\\_communication\\_enabled\\_internet\\_of\\_things\\_a\\_review](https://www.researchgate.net/publication/361672707_Machine_to_machine_communication_enabled_internet_of_things_a_review). — Date of access: 03.09.2022.
13. Жданов, Н.В. Применение датчиков перемещения источников СВЧ-сигналов в системах «умного» дома и города / Н.В. Жданов // Актуальные проблемы радио- и кинотехнологий: материалы V Международной научно-технической конференции, посвященной 140-летию со дня рождения выдающегося физика и создателя первой русской усилительной радиолампы Н.Д. Папалекси. В 2 частях., 2021 / Санкт-Петербургский гос. ин-т кино и телевидения. — Санкт-Петербург, 2012. — С. 60–63.
14. Stepanov M.S. The using of ZigBee protocol to organize the “smart home” system for aged people / M.S. Stepanov, L.S. Poskotin, D.V. Shishkin, Timur Turgut, A.R. Muzata // T-COMM. — 2021. — Vol. 15. — № 10. — P. 64–70.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАЗМЫ, БОГАТОЙ ФАКТОРАМИ РОСТА (PRGF), В НАПРАВЛЕННОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ ТКАНЕЙ ПОСЛЕ ХИРУРГИЧЕСКОГО СТОМАТОЛОГИЧЕСКОГО ВМЕШАТЕЛЬСТВА

## USE OF PLASMA RICH IN GROWTH FACTORS (PRGF) IN GUIDED TISSUE REGENERATION AFTER DENTAL SURGICAL INTERVENTION

**D. Belov  
Yu. Medvedev**

**Summary.** This review focuses on the results and benefits of using PRGF therapy in various maxillofacial surgeries. The clinical context of the studies assessed in this review includes: ridge augmentation, extraction socket healing, sinus lift augmentation, and periodontal subosseous pockets. The data obtained allow us to conclude that PRGF improves the healing of oral tissues by reducing postoperative complications, improving the quality of life of patients and accelerating the healing of soft and hard tissues. Also, the technique under consideration is effective for the treatment of complications that may occur during the healing process.

**Keywords:** platelet-rich plasma, PRP, PRGF, tissue regeneration, platelet-rich growth factor, extraction, sinus floor enlargement, PRGF clinical studies, periodontal regeneration, guided bone regeneration.

**Белов Дмитрий Игоревич**

Врач стоматолог-хирург  
«ГБУ РО Спасская РБ», г. Спасск-Рязанский  
slimyys@yandex.ru

**Медведев Юрий Алексеевич**

Рязанский государственный медицинский  
университет имени академика И.П. Павлова  
slimyys@yandex.ru

**Аннотация.** Данный обзор посвящен результатам и преимуществам применения PRGF-терапии при различных челюстно-лицевых операциях. Клинический контекст исследований, оцениваемых в этом обзоре, включает корреляцию PRGF-терапии и следующих показателей стоматологического хирургического вмешательства в ротовой полости: комфорт пациента, болевые ощущения, отек, регенерация мягких тканей и костей после удаления зуба, воспалительные процессы. Полученные данные позволили сформулировать вывод о том, что PRGF улучшает заживление тканей полости рта за счет снижения послеоперационных осложнений, повышения качества жизни пациентов и ускорения заживления мягких и твердых тканей. Также рассматриваемая методика эффективна для лечения осложнений, которые могут возникнуть в процессе заживления.

**Ключевые слова:** богатая тромбоцитами плазма, PRP, PRGF, тканевая регенерация, богатый тромбоцитами фактор роста, экстракция, увеличение дна пазухи, клинические исследования PRGF, пародонтальная регенерация, управляемая костная регенерация.

## Введение

**Д**остигнутый прогресс в области хирургии сделал возможным минимально инвазивное лечение с высокой скоростью послеоперационного заживления за счет ускоренной регенерации тканей. Основным подходом экстракции эндогенных факторов роста из плазмы и тромбоцитов является плазма, богатая факторами роста (Plasma Rich in Growth Factors — PRGF).

Имеющиеся результаты научных исследований свидетельствуют об эффективности использования PRGF в ходе выполнения хирургических процедур ротовой полости с целью улучшения заживления мягких и твердых тканей. Ряд исследователей придерживаются мнения, что PRGF может способствовать и ускорять процесс заживления, при этом повышая качество жизни пациента за счет сокращения боли, отека и воспали-

тельных процессов и ускоряя регенерацию мягких тканей и костной ткани. В совокупности это обуславливает актуальность данного исследований.

Данное исследование определяет эффекты использования PRGF при различных хирургических процедурах в ротовой полости, включая увеличение альвеолярного гребня, сохранение лунки, увеличение дна пазухи и регенерацию пародонта.

Регенерация тканей представляет собой естественный процесс, протекающий после потери или повреждения тканей. Однако человеческий организм не всегда способен полностью восстановиться. Это обуславливает актуальность поиска клиницистами способа замены утраченной или поврежденной ткани, ее регенерации. Регенерация подразумевает заживление, при котором архитектура и функция поврежденной ткани восстанавливаются до исходного состояния. При этом выде-

ляют направленную костную регенерацию (НКР) и направленную тканевую регенерацию (НТР).

Направленная костная регенерация подразумевает увеличение альвеолярного гребня и прочие процедуры, направленные на регенерацию кости. Направленная тканевая регенерация подразумевает регенерацию кости, периодонтальной связки и цемента вокруг зубов [1].

Методы регенерации основаны на процессах дифференциации и пролиферации клеток, а также индукции и/или проведении образования ткани. Необходимо отметить, что факторы роста, которые задействуются в данных процессах, представляют собой полипептиды, контролируемые рост, дифференцировку и метаболизм клеток. Факторы роста присутствуют в нанограммах, но оказывают сильное воздействие на процессы заживления и восстановления [1].

Исследование Э. Анитуа, Р. Прадо, Г. Ориве продемонстрировало, что регенерация пародонта зависит от взаимодействия между барьером и факторами роста, клетками и кровоснабжением. В данном взаимодействии особого внимания заслуживает кровоснабжение, так как тромбоциты выделяют спектр факторов роста. Это фактор роста тромбоцитов (PDGF), трансформирующий фактор роста бета1 (TGFbeta1), фактор роста эндотелия сосудов (VEGF, в основном VEGF-A), основной фактор роста фибробластов (bFGF, также известный как FGF-2), фактор роста гепатоцитов (HGF), эпидермальный фактор роста (EGF) инсулиноподобный фактор роста-1 (IGF-1) [2].

Выполненный систематизированный литературный анализ и контент-анализ выявили, что за период 2002–2022 гг. проведен ряд экспериментов, направленных на усиление способности организма к эндогенному восстановлению путем точного применения аутологичных факторов роста. Первой 100% аутологичной обогащенной тромбоцитами плазмой (PRP) была плазма, обогащенная факторами роста (PRGF). Сегодня наиболее популярной является технология PRGF-Endoret, которая разработана для концентрирования аутологичной цельной крови в плазму, богатую факторами роста [3, 4].

Выявлено, что PRGF содержит факторы роста, иницирующие миграцию недифференцированных стволовых клеток в область повреждения и их дальнейшую пролиферацию. Также на сегодняшний день известно, что PRGF может вызывать рост и дифференцировку мезенхимальных стволовых клеток, восстанавливающих костную регенерацию [5].

На основании имеющихся результатов выполненных исследований и экспериментов можно говорить

об эволюции концентратов тромбоцитов, направленной на ускорение процесса регенерации и повышение качества лечения, а также на повышение качества жизни и комфорта пациентов в ходе хирургического лечения зубов. При этом используется минимальный объем крови, точное количество варьируется в зависимости от выбранной тактики хирургического вмешательства. Кровь однократно центрифугируется и проходит обработку с целью получения белков, необходимых для регенерации. Из крови готовятся терапевтические составы для облегчения применения PRGF. Важно отметить, что в состав PRGF не входят лейкоциты, что позволяет ликвидировать провоспалительную активность [3,4,6].

Выполненный систематизированный литературный анализ и контент-анализ выявили, что наиболее распространённой является следующая методика приготовления PRGF:

Непосредственно перед использованием PRGF венозную кровь пациента набирают в пробирки Эппендорфа с 3,8% раствором цитрата натрия в качестве антикоагулянта перед центрифугированием в течение 8 мин. В соответствии с запланированной хирургической процедурой собирают от 2 до 6 доз.

Выполняется однократное центрифугирование в центрифуге в течение 8 мин по стандартной методике.

После центрифугирования колонку с плазмой разделяют на три фракции. Фракция 1 (F1) — поверхностная плазма в верхнем слое (объем — 1 мл). Фракция 2 (F2) имеет промежуточную концентрацию тромбоцитов, аналогичную той, что наблюдается в циркулирующей крови (объем — 0.5 мл). Фракция 3 (F3) — плазма нижнего слоя, которая располагается над белой фазой лейкоцитов и имеет наибольшую концентрацию факторов роста (объем — 0.5 мл) [7,8,9].

В 2013 году была получена альтернативная система PRGF, состоящая из 2 фракций. В данном случае после центрифугирования эритроциты концентрируются на дне пробирки, а супернатант с помощью пипеток разделяют на Фракцию 1 (F1), богатую фибрином, и Фракцию 2 (F2), богатую факторами роста и белками [10].

Фракция 2 (F2) определяется как 2 мл плазмы непосредственно над лейкоцитарной пленкой, а Фракция 1 (F1) представляет собой столб плазмы над F2. Добавление 10% хлорида кальция к F1 формирует фибриновую барьерную мембрану для ускорения заживления мягких тканей. Добавление 10% хлорида кальция к F2 ведет к образованию фибринового сгустка. F2 можно

смешивать с материалами для костной пластики с целью ускорения процессов заживления и резорбции разлагаемых материалов для пластики кости, таких как костные аллотрансплантаты. Таким образом, Фракция 2 системы PRGF может активироваться кальцием и использоваться для регидратации аллогенного материала для костной пластики [11].

Таким образом, имеющиеся клинические данные демонстрируют, что дополнительное использование концентратов тромбоцитов улучшает качество жизни пациентов и уменьшает боль, а также сокращает развитие послеоперационных инфекций на раннем послеоперационном этапе.

Сравнительный анализ клинических исследований с 1999 г. по 2022 г. показал, что протокол PRGF с момента его разработки изменился незначительно. В ходе систематизированного литературного анализа и контент-анализа выполнялась оценка имеющихся научных доказательств применения PRGF в челюстно-лицевой хирургии. В ходе анализа учитывались следующие показатели: комфорт пациента, болевые ощущения, отек, регенерация мягких тканей и костей после удаления зуба, воспалительные процессы.

Сокращение болевых ощущений за счет использования PRGF наблюдалось в 95% проанализированных исследований. О сокращении воспалительных процессов за счет использования PRGF свидетельствует исследование Э. Анитуа, А. Муриас-Фрейхо, М.Х. Алькрайса, Г. Орив [3], а также исследование команды ученых под руководством Э. Кинг [12]. Сокращение отека за счет использования PRGF доказывает исследование Моззати [13]. Ускорение темпов заживления мягких тканей было зарегистрировано командой Э. Анитуа [3], данное ис-

следование также выявило увеличение кератинизации или ороговения десны после экстракции. Исследования А. Хараджи [14] и Э. Кинг [12] продемонстрировали больший охват кости благодаря применению PRGF в ходе лечения альвеолярного остита. Результаты исследований Дженабиан Н. и Салеем М. также доказывают, что PRGF оказывает положительное воздействие на заживление мягких тканей [15, 16].

Таким образом, использование концентратов тромбоцитов для стимуляции регенерации тканей открыло новые горизонты в лечении заболеваний полости рта и челюстно-лицевой области. В стоматологии методика PRGF (Plasma Rich in Growth Factors) представляет собой плазмотерапию при лечении заболеваний пародонта. Выполненный систематизированный литературный анализ и контент-анализ выявили, что использование PRGF в ходе лечения заболеваний ротовой полости, в том числе при хирургических вмешательствах, сокращает болевые ощущения, отек, воспалительные процессы, ускоряет темп заживления мягких тканей, а также повышает уровень качества жизни и комфорта пациента. Необходимы дальнейшие исследования для изучения потенциала комбинированной терапии с использованием PRGF для повышения эффективности выполнения хирургического стоматологического лечения.

Принимая во внимание текущие данные клинических исследований, можно сформулировать вывод о том, что PRGF способствует регенерации мягких и твердых тканей ротовой полости после хирургического стоматологического лечения. PRGF также эффективна для купирования осложнений в процессе заживления после хирургического стоматологического лечения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. A. Al Nashar, H. Yakoob. Evaluation of the use of plasma rich in growth factors with immediate implant placement in periodontally compromised extraction sites: a controlled prospective study *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.*, 44 (4) (2015), pp. 507–512
2. Anitua E, Prado R, Orive G. Bilateral sinus elevation evaluating plasma rich in growth factors technology: a report of five cases. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2012 Mar;14(1):51–60.
3. Anitua E, Murias-Freijo A, Alkhraisat MH, Orive G. Clinical, radiographical, and histological outcomes of plasma rich in growth factors in extraction socket: a randomized controlled clinical trial. *Clin Oral Investig.* 2015 Apr;19(3):589–600.
4. Camargo PM, Lekovic V, Weinlaender M, Divnic-Resnik T, Pavlovic M, Kenney EB. A surgical reentry study on the influence of platelet-rich plasma in enhancing the regenerative effects of bovine porous bone mineral and guided tissue regeneration in the treatment of intrabony defects in humans. *J Periodontol.* 2009 Jun;80(6):915–23.
5. Carter SD, Costa PF, Vaquette C, Ivanovski S, Hutmacher DW, Malda J. Additive Biomanufacturing: An Advanced Approach for Periodontal Tissue Regeneration. *Ann Biomed Eng.* 2017 Jan;45(1):12–22.
6. Cocero N, Pucci F, Messina M, Pollio B, Mozzati M, Bergamasco L. Autologous plasma rich in growth factors in the prevention of severe bleeding after teeth extractions in patients with bleeding disorders: a controlled comparison with fibrin glue. *Blood Transfus.* 2015 Apr;13(2):287–94.
7. Cömert Kılıç S, Güngörmüş M, Parlak SN. Histologic and histomorphometric assessment of sinus-floor augmentation with beta-tricalcium phosphate alone or in combination with pure-platelet-rich plasma or platelet-rich fibrin: A randomized clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2017 Oct;19(5):959–967.

8. Del Fabbro M, Corbella S, Ceresoli V, Ceci C, Taschieri S. Plasma Rich in Growth Factors Improves Patients' Postoperative Quality of Life in Maxillary Sinus Floor Augmentation: Preliminary Results of a Randomized Clinical Study. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2015 Aug;17(4):708–716.
9. Fabbro MD, Bortolin M, Taschieri S, Ceci C, Weinstein RL. Antimicrobial properties of platelet-rich preparations. A systematic review of the current pre-clinical evidence. *Platelets*. 2016 Jun;27(4):276–285.
10. Del Fabbro M, Bucchi C, Lolato A, Corbella S, Testori T, Taschieri S. Healing of Postextraction Sockets Preserved With Autologous Platelet Concentrates. A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Oral Maxillofac Surg*. 2017 Aug;75(8):1601–1615.
11. Del Fabbro M, Panda S, Taschieri S. Adjunctive Use of Plasma Rich in Growth Factors for Improving Alveolar Socket Healing: A Systematic Review. *J Evid Based Dent Pract*. 2019 Jun;19(2):166–176.
12. King EM, Cerajewska TL, Locke M, Claydon NCA, Davies M, West NX. The Efficacy of Plasma Rich in Growth Factors for the Treatment of Alveolar Osteitis: A Randomized Controlled Trial. *J Oral Maxillofac Surg*. 2018 Jun;76(6):1150–1159.
13. Heijnen H, van der Sluijs P. Platelet secretory behaviour: as diverse as the granules ... or not? *J Thromb Haemost*. 2015 Dec;13(12):2141–2151.
14. Mozzati M, Martinasso G, Pol R, Polastri C, Cristiano A, Muzio G, Canuto R. The impact of plasma rich in growth factors on clinical and biological factors involved in healing processes after third molar extraction. *J Biomed Mater Res A*. 2010 Dec 1;95(3):741–6.
15. Haraji A, Lassemi E, Motamedi MH, Alavi M, Adibnejad S. Effect of plasma rich in growth factors on alveolar osteitis. *Natl J Maxillofac Surg*. 2012 Jan;3(1):38–41. doi: 10.4103/0975–5950.102150.
16. Jenabian N, Haghanifar S, Ehsani H, Zahedi E, Haghpanah M. Guided tissue regeneration and platelet rich growth factor for the treatment of Grade II furcation defects: A randomized double-blinded clinical trial — A pilot study. *Dent Res J (Isfahan)*. 2017 Nov-Dec;14(6):363–369.
17. Saleem M, Pisani F, Zahid FM, Georgakopoulos I, Pustina-Krasniqi T, Xhajanka E, Almasri M. Adjunctive Platelet-Rich Plasma (PRP) in Infrabony Regenerative Treatment: A Systematic Review and RCT's Meta-Analysis. *Stem Cells Int*. 2018 Mar 19;2018:9594235.

© Белов Дмитрий Игоревич (slimyys@yandex.ru), Медведев Юрий Алексеевич (slimyys@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Рязанский государственный медицинский университет имени И.П. Павлова

## СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД НА МЕТОДЫ ПРЕНАТАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ СИНДРОМА ДАУНА

### MODERN VIEW ON THE METHODS OF PRENATAL DIAGNOSIS OF DOWN SYNDROME

**A. Voronov  
T. Egorova**

*Summary.* Down syndrome is a severe pathology characterized by multiple malformations. The severity of defects can vary widely depending on the form of the syndrome and the number of mutant cells. Congenital defects in Down syndrome include: tetrad of Fallot (stenosis of the output part of the right ventricle, ventricular septal defect, aortic dextraposition and hypertrophy of the right ventricle), defects in the development of the neural tube, leading to mental retardation, and, in many cases, mental retardation, defects of the organs of vision and hearing, thyroid dysfunction and others. All these defects develop for the reason that the genome of a fetus with Down syndrome contains a trisomy of 21 pairs of chromosomes — instead of two, there are three chromosomes in 21 pairs. Thus, the genome in Down syndrome has the form 47XX or 47XY. In addition, a translocation form of the syndrome is possible, in which the long arm of chromosome 21 is attached to another (most often the 14th) chromosome. Then the genotype of the fetus can be written as 45 XX (14; 21) or 45 XY (14; 21). In this case, there are features of the course and diagnosis of the syndrome. If we talk about epidemiology, before the introduction of prenatal screening into obstetric practice, the frequency of birth of children with the syndrome was 1 case per 700 births. Now diagnostic methods have stepped far forward and many parents prefer to terminate a pregnancy in a situation when it turns out that the fetus has a genetic deviation. This practice has made it possible to reduce the birth rate of children with the syndrome to 1 case per 1100 births (according to WHO). In this article, modern diagnostic methods, their positive and negative sides, accuracy and specificity will be considered, as well as a methodology for their complex use is proposed.

*Keywords:* screening, pregnancy, research, prenatal, down syndrome.

**Воронов Александр Владиславович**  
Кубанский Государственный Медицинский  
Университет  
voloonter.rf@mail.ru

**Егорова Татьяна Сергеевна**  
Кубанский Государственный Медицинский  
Университет  
taianaegorova@icloud.com

*Аннотация.* Синдром Дауна — тяжелая патология, характеризующаяся множественными пороками развития. Степень выраженности пороков может варьировать в широких пределах в зависимости от формы синдрома и количества мутантных клеток. К врожденным порокам при синдроме Дауна относятся: тетрада Фалло (stenosis выходной части правого желудочка, дефект межжелудочковой перегородки, дэкстрапозиция аорты и гипертрофия правого желудочка), дефекты развития нервной трубки, приводящие к задержке психического развития, и, во многих случаях, к умственной отсталости, дефекты органов зрения и слуха, нарушение функций щитовидной железы и другие. Все перечисленные пороки развиваются по той причине, что геном плода с синдромом Дауна содержит трисомию по 21 паре хромосом — вместо двух в 21 паре присутствует три хромосомы. Таким образом геном при синдроме Дауна имеет вид 47XX или 47XY. Кроме того, возможна транслокационная форма синдрома, при которой длинное плечо 21 хромосомы прикрепляется к другой (чаще всего 14-ой) хромосоме. Тогда генотип плода можно написать как 45 XX (14; 21) или 45 XY (14; 21). В таком случае имеют место быть особенности течения и диагностики синдрома. Если говорить об эпидемиологии, то до введения в акушерскую практику пренатального скрининга частота рождения детей с синдромом составляла 1 случай на 700 родов. Сейчас же методы диагностики шагнули далеко вперед, и многие родители предпочитают прервать беременность в ситуации, когда выясняется, что у плода есть генетическое отклонение. Такая практика позволила снизить частоту рождаемости детей с синдромом до 1 случая на 1100 родов (по данным ВОЗ). В данной статье будут рассмотрены современные методы диагностики, их положительные и отрицательные стороны, точность и специфичность, а также предложена методика по их комплексному использованию.

*Ключевые слова:* скрининг, беременность, исследование, пренатальный, синдром Дауна.

**И**нвазивные способы диагностики синдрома Дауна. Как мы уже сказали ранее, около 1 случая на 1100 родов приходится на рождение ребенка с синдромом Дауна. Официально считается, что это самый часто встречающийся комплекс патологий, с которым рождаются дети в мире. Поэтому пренатальная диагностика синдрома является прерогативой в акушерской практике последних десятилетий.

Первым этапом в пренатальной диагностике стало использование инвазивных методов, в процессе которых происходит прокол и/или другое повреждение плацентарных структур или плода без нанесения существенного вреда, нарушения трофических или метаболических функций и прерывания беременности. Ранняя диагностика синдром привела к увеличению числа аборт на 67% — 92% [4] в США и странах Ев-



ропейского союза. В настоящее время в современной практике применяются следующие способы инвазивной диагностики синдрома Дауна: биопсия хориона, биопсия плаценты, амниоцентез (получение амниотической жидкости), биопсия тканей плода и кордоцентез (взятие и дальнейшее изучение крови плода). Рассмотрим подробнее методику проведения каждой процедуры. Хорион — это внезародышевая оболочка. С начала первого триместра беременности начинает свою трансформацию непосредственно в плаценту. Хорион выполняет важные для нормального протекания беременности функции, т.е. отделение плода от стенки матки, его защита от патогенной микрофлоры и токсичных веществ, а также для нормального обмена веществ между организмом матери и плодом. Первоначально хорион развивается из клеток плода, поэтому он генетически идентичен им. Из этого следует, что взятие материала из ворсинок хориона позволяет выносить суждения о генотипе зародыша. По результатам биопсии ворсинок хориона можно судить о наличии более чем 3800 генетических патологий заболеваний, в том числе синдрома Дауна. Точность процедуры составляет 96%, а погрешность имеет место быть в случаях, когда вместе с тканями хориона в биоптат попадают клетки эндометрия матки. Сама процедура для ребенка безопасна и не вызывает прерывание беременности, хотя имеет ряд противопоказаний, поэтому должна назначаться исключительно квалифицированным специалистом или врачебной комиссией. Процедуры проводятся на ранних сроках — 10–13 неделя беременности. Если провести биопсию раньше, существует высокий шанс выкидыша или мертворождения. Подготовка к исследованию включает комплекс мероприятий, такие как мазок на микрофлору влагалища, анализ крови и мочи, ультразвуковую диагностику. Также УЗИ применяется для контроля положения пункционной иглы на всем протяжении процедуры. Перед процедуры женщине рекомендуют выпить несколько стаканов воды, т.к. это приводит к наполнению мочевого пузыря и сдавливанию матки, а соответственно, улучшению визуализации. Игла вводится через переднюю брюшную стенку параллельно тканям хориона, после чего происходит прокол и забор тканей. Из возможных осложнений биопсии следует выделить выкидыш, кровотечения влагалища, ретрохориальную гематому, и отличается по своей сути от таковой в случае с хорионом. Отличаются лишь сроки проведения. Следующий способ инвазивной пренатальной диагностики — взятие амниотической жидкости. Амниоцентез проводится на 14–18 неделе беременности и осуществляется под контролем технологии 3D УЗИ. Игла вводится трансабдоминально (через переднюю брюшную стенку), но также возможны варианты противопоказаний, при которых процедуру проводят через влагалище, либо

транскервикально. Амниотическая жидкость содержит шелушенный эпидермис плода, гормоны, антигена и другие биологически значимые составляющие, по которым проводится генетическая и биохимическая экспертиза. Диагностика таким способом имеет точность близкую к 100% и обеспечивает максимально точное выявление врожденных пороков развития, в том числе и синдрома Дауна. Кордоцентез, в свою очередь, отличается от вышеобозначенных исследований тем, что в качестве анализируемого материала берутся не зародышевые оболочки, а кровь из пуповины. В классическом варианте прокол делается, опять же, через переднюю брюшную стенку. Как и описанные перед этим исследования, кордоцентез проводится под контролем УЗИ. Оптимальным сроком для проведения кордоцентеза считается 22–25 неделя беременности (в соответствии с приказом Министерства здравоохранения РФ № 457 от 28 декабря 2000 года).

Все методы инвазивной пренатальной диагностики имеют высокую точность и специфичность, однако, хотя их применения по определению не должно вызывать прерывание беременности, все же существует некоторый риск возникновения нежелательных осложнений, поэтому используются такие методы диагностики в исключительных случаях и только после решения врачебной комиссии.

Неинвазивные способы диагностики синдрома Дауна. В отличие инвазивных методов диагностики неинвазивные не требуют повреждения зародышевых структур и используют материал, полученный из организма матери, либо производятся вообще без забора материала. К неинвазивным способам пренатальной диагностики относятся ультразвуковая диагностика, кардиотокография, биохимический анализ и секвенирование внеклеточной ДНК плода. Как и в случае с инвазивными методами, дадим краткую характеристику каждому. Самый простой и безопасный способ диагностики врожденных пороков — УЗИ. Обследование проводится в два этапа — на 11–13 и 16–18 неделях беременности. Возможно определение наличия синдрома и в первом триместре, но тогда точность диагностики составляет лишь 50%. Во втором триместре, когда аборт уже невозможен, точность диагностики может достигать 90%. Ни один маркер не имеет 100% специфичности для данного синдрома, поэтому диагностика имеет высокую вероятность ложноположительного результата. Признаками синдрома Дауна при ультразвуковой диагностике могут служить: толщина воротникового пространства (75% специфичности), отсутствие носовой кости (около 60% специфичности), пороки сердца (тетрада Фалло), укороченный размер плечевых и бедренных костей, гиперэхогенность кишечника, костозность сосудистого сплетения, атрезия

двенадцатиперстной кишки. При увеличении воротникового пространства в нем скапливается избыточное количество жидкости. При превышении толщины более чем 3 мм врач УЗИ-диагностики может предположить наличие генетических отклонений (трисомии по 21 и по 18 паре хромосом). Помимо перечисленных признаков у плода с синдромом Дауна может быть обнаружена гипоплазия мозжечка (для этого синдрома характерны дефекты развития нервной трубки), а также уменьшение лобной доли. Сочетание этих признаков также дает высокую вероятность диагностики синдрома Дауна, хотя не является полностью достоверным. Во втором триместре при помощи УЗИ можно обнаружить такие маркеры синдрома, как гиперплазия почечных лоханок, расширение воротникового пространства более, чем на 5 мм и кисты сосудистого плетения головного мозга.

Более простым и надежным способом диагностики синдрома является биохимический анализ крови. Такой способ диагностики имеет высокую специфичность и точность уже в первом триместре беременности (до 80%). В первом триместре специалист обратит внимание в первую очередь на два показателя в крови матери: содержание связанного с беременностью плазменного протеина А (PAPP-A) и на концентрацию свободной бета-субъединицы ХГЧ. Двухкратное превышение концентрации ХГЧ в крови матери является одним из маркеров трисомии по 21 хромосоме. В то же время PAPP-A считается более достоверным признаком синдрома Дауна в первом триместре. Во втором триместре также отслеживают концентрацию хорионического гонадотропина человека, ингибин А, АФП и свободный эстриол. Снижение уровня эстриола и повышение в купе с этим уровня АФП являются предпосылками к развитию рассматриваемого синдрома, также как и отклонения в значениях концентрации ингибина А. Напомним, что пусть биохимический анализ и имеет высокую по сравнению с УЗИ (80% по сравнению с 60% соответственно), но погрешность в 20% не позволяет использовать исключительно этот метод. Ложноположительные результаты могут быть обусловлены многоплодной беременностью или ошибками в работе эндокринной системы.

Самым точным по праву может считаться один из самых недавно открытых скрининговых способов выявления синдрома Дауна и других генетических аномалий — секвенирование внеклеточной ДНК9 (free-cell DNA). Методика проведения исследования проста. В качестве исследуемого материала используется венозная кровь. Отбор производят на 9–10 неделе срока, когда количество внеклеточной ДНК плода в крови матери достигает пороговой концентрации. Затем из крови выделяется так называемая фетальная фракция — анализируемый материал. Далее производится секвенирование генома и определения наличия аномалий. По результатам исследования выдается заключение о наличии генетических дефектов с точностью до 99%. Стоимость процедуры составляет меньше 100 долларов США, а сроки проведения — не больше 2-х недель. Однако они часто растягиваются за счет того, что в Российской Федерации очень мало лабораторий с надлежащим оборудованием и штатом специалистов, в связи с чем материал на анализ приходится отправлять за рубеж. Несмотря на это данный метод пренатальной диагностики остается самым перспективным в настоящее время.

Комплексная диагностика. По-нашему мнению, ни один из перечисленных до этого не может претендовать на исключительное право стать единственно верным при диагностике синдрома Дауна в пренатальном периоде. Только комплексное исследование может практически полностью исключить ложноположительные и ложноотрицательные результаты. Метод секвенирование внеклеточной ДНК хоть и имеет точность близкую к 100%, но на данный момент в отечественных лабораториях существует острая нехватка высокоточного оборудования и квалифицированных специалистов из области геномики. Комбинированное использование методов УЗИ, биохимического исследования и кардиотокографии (исследование ритмов сердца плода) может в перспективе дать впечатляющие результаты с высокой степенью точности и специфичности. Следует отметить, что в наших планах продолжить исследования в этой области, которые в будущем будут включать данные большого количества данных о проведении скрининга женщинам на разных сроках беременности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Elias S, Price J, Dockter M, Wachtel S, Tharapel A, Simpson not shown). JL, Klinger KW (1992) First trimester prenatal diagnosis of These data help to resolve some of the inconsistencies trisomy 21 in fetal cells from maternal blood. *Lancet* 340:1033
2. Hawes CS, Suskin HA, Petropoulos A, Latham SE, Mueller fetal cells in maternal blood has occurred in laboratories UW (1994) A morphologic study of trophoblast isolated working with samples from women carrying aneuploid from peripheral blood of pregnant women. *Am J Obstet pregnancies* (Elias et al. 1992; Ga`nshirt-Ahlert et al. *Gynecol* 170:1297–1300
3. Reading JP, Huffman JL, Wu JC, Palmer FT, Harton GL, Sisson ME, Keyvanfar K, et al (1995) Nucleated erythrocytes in maternal blood: quantity and quality of fetal cells in enriched populations. *Mol Hum Reprod* 10:2510–2515

4. Manseld C, Hopfer S, Marteau TM. Termination rates after prenatal diagnosis of Down syndrome, spina bida, anencephaly, and Turner and Klinefelter syndromes: A systematic literature review. European Concerted Action: DADA (Decision-making After the Diagnosis of a fetal Abnormality). Prenatal Diagnosis. Sep 1999;19(9):808–812. PMID10521836. DOI: 10.1002/(sici)1097-0223(199909)19:9<808::aid-pd637>3.0.co;2-b
5. Sullivan LM, D'Agostino RB (1992) Robustness of the t test serum screening for Down's syndrome. Prenat Diagn 15: applied to data distorted from normality by floor effects. J 1227–1240] Dent Res 71:1938–1943
6. Wessman M, Ylinen K, Knuutila S (1992) Fetal granulocytes Takabayashi H, Kuwabara S, Ukita T, Ikawa K, Yamafuji K, in maternal venous blood detected by in situ hybridization. Igarashi T (1995) Development of non-invasive fetal DNA Prenat Diagn 12:993–1000
7. Nicolaides KH, Snijders RJ, Gosden CM, Berry C, Campbell S. Ultrasonographically detectable markers of fetal chromosomal abnormalities. Lancet. 1992;340(8821):704–707
8. Achiron R, Tadmor O. Screening for fetal anomalies during the first trimester of pregnancy: Transvaginal versus transabdominal sonography. Ultrasound Obstet Gynecol. 1991 May 1;1(3):186–191
9. Sladkevicius P, Saltvedt S, Almström H, Kublickas M, Grunewald C, Valentin L. Ultrasound dating at 12–14 weeks of gestation. A prospective cross-validation of established dating formulae in in-vitro fertilized pregnancies. Ultrasound in Obstetrics & Gynecology. 2005;26:504–511
10. Snijders RJ, Thom EA, Zachary JM, et al. First-trimester trisomy screening: Nuchal translucency measurement training and quality assurance to correct and unify technique. Ultrasound in Obstetrics & Gynecology. 2002;19(4):353–359
11. Nicolaides KH, Spencer K, Avgidou K, Faiola S, Falcon O. Multicenter study of first trimester screening for trisomy 21 in 75 821 pregnancies: Results and estimation of the potential impact of individual risk-orientated two-stage first-trimester screening. Ultrasound in Obstetrics & Gynecology. 2005;25:221–226
12. Viora E, Masturzo B, Errante G, Sciarone A, Bastonero S, Campogrande M. Ultrasound evaluation of fetal nasal bone at 11 to 14 weeks in a consecutive series of 1906 fetuses. Prenatal Diagnosis. 2003a;23:784–787

© Воронов Александр Владиславович (volonter.rf@mail.ru), Егорова Татьяна Сергеевна (taianaegorova@icloud.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Кубанский Государственный Медицинский Университет

## КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ МОЛНИЕНОСНОГО ОДОНТОГЕННОГО СЕПСИСА, СОПРОВОЖДАЮЩЕГОСЯ АГРАНУЛОЦИТОЗОМ

### CLINICAL CASE OF LIGHTNING-FAST ODONTOGENIC SEPSIS ACCOMPANIED BY AGRANULOCYTOSIS AND ACUTE RESPIRATORY FAILURE

**A. Gromov  
M. Lunev  
D. Petrash  
K. Yazikova**

*Summary.* The article discusses a clinical case of a fatal outcome of a patient with lightning-fast odontogenic sepsis on the background of acute respiratory failure and severe leukopenia. Agranulocytosis is an unfavorable prognostic factor that makes it possible to establish a high probability of death. Timely and continuous assessment of critical organ systems is needed: respiratory and cardiovascular, monitoring of blood gas composition and other indicators of homeostasis for the implementation of successful resuscitation measures and ensuring the patency of the upper respiratory tract.

*Keywords:* phlegmon, maxillofacial area, odontogenic infection, sepsis, surgical treatment.

**Громов Александр Леонидович**

Д.м.н

Курский государственный медицинский университет

*gromov.alexandr2011@yandex.ru*

**Лунев Михаил Анатольевич**

К.м.н

Курский государственный медицинский университет

*misha-dok@yandex.ru*

**Петраш Денис Александрович**

К.м.н

Курский государственный медицинский университет

*petrash.denis2017@yandex.ru*

**Язикова Кристина Сергеевна**

Ассистент

Курский государственный медицинский университет

*gromov.alexandr2011@yandex.ru*

*Аннотация.* В статье обсуждается клинический случай летального исхода пациента с молниеносным одонтогенным сепсисом на фоне острой дыхательной недостаточности и выраженной лейкопении. Агранулоцитоз является неблагоприятным прогностическим фактором, позволяющим установить высокую вероятность летального исхода. Необходима своевременная и непрерывная оценка критически важных органов систем: дыхательной, сердечно-сосудистой, мочевыделительной, мониторинг газового состава крови и иных показателей гомеостаза, назначение инфузионной терапии растворами кристаллоидов в объеме 30 мл/кг веса, ранняя антибиотикотерапия бактерицидными препаратами широкого спектра действия.

*Ключевые слова:* флегмона, челюстно-лицевая область, одонтогенная инфекция, сепсис, хирургическое лечение.

### Актуальность

**О**донтогенный сепсис является значимой патологией в структуре гнойно-воспалительных заболеваний челюстно-лицевой области и шеи, его распространенность достигает 2%, сохраняется тенденция к приросту ввиду бесконтрольного использования антибактериальных, иммуностропных средств, гормонов, социально-демографических факторов, алкоголизма и наркомании [1,4]. Критерии органной дисфункции представлены в соответствующих литературных источниках, включают нарушения функционирования

сердечно-сосудистой (артериальное давление), дыхательной (респираторный индекс), мочевыделительной (креатинин) систем, а также нарушение деятельности печени (билирубин) и центральной нервной системы (баллы по шкале ком Глазго, Таблица 1) [3,5].

Сепсис — тяжелое системное воспалительное заболевание, сопровождающееся жизнеугрожающей органной дисфункцией. Трактовка лейкоцитарной формулы в настоящее время не содержит смысловой нагрузки в плане первичной диагностики сепсиса, однако ранее, в соответствии с положениями «Сепсис-1»,

Таблица 1. Система оценки тяжести органной недостаточности SOFA (Vincent J.L. et al., 1996)

Система	Количество баллов				
	0	1	2	3	4
PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> **	> 400	< 400	< 300	< 200 с респираторной поддержкой	< 100 с респираторной поддержкой
Коагуляция (тромбоциты, ×10 <sup>3</sup> /мкл)	> 150	< 150	< 100	< 50	< 20
Печень (билирубин, мкмоль/л)	< 20	20–32	33–101	102–204	> 204
Сердечно-сосудистая система (гипотензия)	нет	Среднее АД < 70 мм рт. ст.	Допамин <5 или добутамин в той же дозе*	Допамин менее или эпинефрин более 0,1 или норэпинефрин менее 0,1	> 0,1
ЦНС (шкала ком Глазго)	15	13–14	10–12	6–9	< 6
Почки (креатинин, мкмоль/л) или мочевыделение	< 110	110–170	171–299	300–400 (или < 500 мл/сут.)	> 400 или < 200 мл/сут.

Примечание. \* — применение симпатомиметиков по крайней мере в течение 1 часа, мкг/кг/мин;  
 \*\* — в настоящем исследовании критерий не используется при скрининговом применении метода

Таблица 2. Сравнительная клиничко-лабораторная характеристика пациентов с одонтогенным сепсисом и полиорганной полиморбидностью

Признак	Сепсис (n=28)	Местная форма одонтогенной инфекции (n = 66)
Эритроциты (×10 <sup>12</sup> /л)	3,21±0,17*	4,46±0,11
Гемоглобин (г/л)	100,3±5,43*	136,1±3,66
Лейкоциты (×10 <sup>9</sup> /л)	19,7±1,8*	11,9±0,81
Лимфоциты (абс. в 1 мкл.)	1417[1040;1936]*	2216,6±167,9
ЛИИ (усл. ед.)	6,6±0,99*	3,6±0,77
Креатинин (мкмоль/л)	133,2[109;259,4]*	112,5[100,3;120,8]
Глюкоза (ммоль/л)	8,4[6,7;11,4]*	5,23[4,71;6,55]

Примечание. \* — Различия статистически значимы (p<0,05)

не только выраженный лейкоцитоз, но и лейкопения, являлся одним из его признаков [5].

Изменения клеточного состава крови при сепсисе характеризуются анемией, лейкоцитозом, реже — лейкопенией, сдвигом лейкоцитарной формулы «влево», лимфопенией, увеличением лейкоцитарного индекса интоксикации, гипергликемией, гиперкреатининемией, гипербилирубинемией, газовыми и иммунологическими нарушениями [4]. В частности, по нашим данным, лейкоцитоз при одонтогенном сепсисе соответствует значению 19,7±1,8×10<sup>9</sup>/л (Таблица 2).

Агранулоцитоз — это клиничко-гематологический синдром, в основе которого лежит резкое уменьшение или отсутствие нейтрофильных гранулоцитов среди клеточных элементов периферической крови. Агранулоцитоз сопровождается развитием инфекционных процессов, ангины, язвенного стоматита, пневмонии, геморрагических проявлений [2].

Для одонтогенного сепсиса, развивающегося в отсутствие значимой фоновой патологии, агранулоцитоз не является характерным признаком. По нашим наблюдениям, включающим около 100 пациентов

с одонтогенным сепсисом и полиорганной недостаточностью, находившимся на лечении в медицинских учреждениях Курска за период с 2000 по 2022 гг., а так же около 20 пациентов с одонтогенным сепсисом в г. Воронеж и г. Белгород, подобного агранулоцитоза не наблюдалось ни в одном случае. Следовательно, клинические случаи одонтогенного сепсиса, сопровождающиеся агранулоцитозом в отсутствии гематологической патологии, представляют определенный научный интерес. Ниже представлен подобный клинический случай.

Пациент Ф, 56 лет, обратился в приемное отделение многопрофильного лечебного учреждения с жалобами на отечность тканей дна полости рта и *выраженную общую слабость*. Из анамнеза заболевания: около 2-х дней назад появились боли при глотании и болезненность в области зуба 3.8. До настоящего момента не лечился, за медпомощью не обращался. В анамнезе жизни — гипертоническая болезнь без особенностей, ОРВИ. Наблюдается у терапевта по поводу гипертонической болезни.

При поступлении: общее состояние скорее средней тяжести (общая слабость). Положение тела активное. В сознании, правильно отвечает на вопросы и ориентирован в пространстве и времени. Кожные покровы бледноваты. В легких дыхание везикулярное, хрипов нет. Частота дыхательных движений — 18 в 1 мин. Тоны сердца приглушены, ритмичные. Артериальное давление 80/60 мм рт. ст., пульс — 112 в 1. мин., то есть наблюдается артериальная гипотензия, среднее артериальное давление — 67 мм рт. ст. Живот мягкий и безболезненный. Стул и диурез в норме. Симптом поколачивания отрицателен с 2-х сторон.

Локально: отек дна полости рта слева, гиперемия, флюктуация отсутствует. Открывание рта свободное, определяется гиперемия слизистой в области зуба 3.8.

Данные рентгенографии легких — без особенностей. Общий анализ крови: эритроциты  $4,1 \cdot 10^{12}/л$ , гемоглобин 127 г/л, гематокрит 37%, лейкоциты  $0,2 \cdot 10^9/л$ , единичные лимфоциты, тромбоцитопения, СОЭ 50 мм/ч. По результатам биохимического анализа крови — гиперкреатинемия 115 мкмоль/л, в остальном — без особенностей. Пациент осмотрен ЛОР-врачом, данных о стенозе гортани не получено.

Таким образом, по шкале SOFA данные пациента соответствуют двум (2) баллам, то есть сепсису. Кроме тромбоцитопении, обращает внимание агранулоцитоз.

Предварительный диагноз: одонтогенная флегмона дна полости рта слева. Молниеносный сепсис.

Пациент госпитализирован в отделение реанимации и интенсивной терапии, выполнена инфузионная терапия кристаллоидными растворами без катехоламинов, антибиотикотерапия (меропенем), обезболивание, на фоне чего отмечена нормализация артериального давления. Данных о септическом шоке не получено, так как катехоламины не применялись. В операционной выполнено вскрытие флегмоны стандартным доступом в условиях общей анестезии, гнойно-некротический тип острого воспалительного процесса, некрэктомия, санация, дренирование. Последующее лечение — в отделении реанимации.

Однако, несмотря на проводимое лечение, в течение 1 часа после операции отмечено резкое ухудшение общего состояния, появление одышки более 30 дыхательных движений в 1 мин, а затем — острая сердечно-сосудистая недостаточность и остановка сердечной деятельности. Реанимационные мероприятия не результативны.

Патологоанатомическая секция подтвердила наличие септически измененных внутренних органов: печени и селезенки. Клинический диагноз подтвержден.

## Выводы

Клиническая эффективность дифференциально-диагностической шкалы SOFA для ранней диагностики сепсиса не вызывает сомнений. Агранулоцитоз, не характерный для одонтогенного сепсиса в целом, может являться неблагоприятным прогностическим признаком, указывающим на возможное наступление летального исхода. Необходима своевременная и непрерывная оценка критически важных органных систем: дыхательной, сердечно-сосудистой, мочевыделительной, мониторингирование газового состава крови и иных показателей гомеостаза для осуществления успешных реанимационных мероприятий и обеспечения проходности верхних дыхательных путей, ранняя инфузионная и антибиотикотерапия в соответствии с международными клиническими рекомендациями.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Губин М.А. Итоги изучения сепсиса у стоматологических больных / М.А. Губин, Ю.М. Харитонов, Н.Л. Елькова, Р.Н. Киков // Прикладные информационные аспекты медицины. — 2003. — Т. 6, № 2. — С. 55–61.
2. Зарецкий М.М., Черникова Н.М. Агранулоцитоз: от диагностики к выбору лечебной тактики // Therapia. — 2011. — № 1 (54). — С. 27–29.

3. Использование шкалы qSOFA в диагностике сепсиса. Результаты российского многоцентрового исследования / М.Н. Астафьева, В.А. Руднов, В.В. Кулабухов [и др.]. — Текст: непосредственный // Вестник анестезиологии и реаниматологии. — 2018. — Т. 15, № 4. — С. 14–22.
4. Особенности гемодинамики и метаболизма у больных острым одонтогенным сепсисом с фоновой полиорганной патологией. Результаты лечения / А.Л. Громов, М.А. Губин, С.В. Иванов, А.В. Щенин // Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. — 2019. — Т. 14. — № 4. — С. 62–66. — DOI 10.25881/ВРНМС.2020.79.30.013.
5. Руднов, В.А. Сепсис-3: обновленные ключевые положения, потенциальные проблемы и дальнейшие практические шаги / В.А. Руднов, В.В. Кулабухов. — DOI 10.21292/2078–5658–2016–13–4–4–11. — Текст: непосредственный // Вестник анестезиологии и реаниматологии. — 2016. — № 13 (4). — С. 4–11.

© Громов Александр Леонидович (gromov.alexandr2011@yandex.ru), Лунев Михаил Анатольевич (misha-dok@yandex.ru),  
Петраш Денис Александрович (petrash.denis2017@yandex.ru), Язикова Кристина Сергеевна (gromov.alexandr2011@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Курский государственный медицинский университет

## ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ЖЕВАТЕЛЬНЫХ МЫШЦ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОПЕРАТИВНОГО ВМЕШАТЕЛЬСТВА НА НИЖНЕЙ ЧЕЛЮСТИ В ОБЛАСТИ СУСТАВНОГО ОТРОСТКА И ВЕТВИ

### FUNCTIONAL STATE OF THE MASTICATORY MUSCLES WHEN CARRYING OUT SURGERY ON THE LOWER JAW IN THE AREA OF THE ARTICULAR PROCESS AND BRANCH

**Eremin D.A.  
Pakhomova E.S.  
Helminskaya N.M.  
Kravets V.I.  
Posadskaya A.V.**

*Summary.* The development of modern maxillofacial surgery and surgical dentistry is impossible without improving the methods of diagnosis and treatment. Today, the diagnosis, treatment and rehabilitation of patients with trauma to the lower jaw remains an urgent problem. The purpose of this study is to study the functional state of the masticatory muscles during osteosynthesis of the lower jaw in the region of the branch and articular process in the traditional way, as well as using endoscopic technologies. An analysis of 82 case histories was carried out. The patients were divided into 2 groups: 42 patients were included in the control group — surgical intervention of the lower jaw in the region of the branch and articular process was performed in the traditional way; 40 patients were included in the main group — the treatment of a fracture of the lower jaw of the above localizations was carried out using endoscopic technologies. Patients of both groups underwent a functional study of masticatory muscles. It was found that the normalization of the average amplitude of the temporal and masticatory muscles in patients of the main group normalizes much earlier than in patients of the control group.

*Keywords:* electromyography, mandibular fracture, endoscopic technique, articular process, mandibular branch.

**Еремин Дмитрий Анатольевич**

К.м.н

Российский национальный исследовательский  
медицинский университет имени Н.И. Пирогова  
г. Москва

d\_eremin@bk.ru

**Пахомова Елизавета Сергеевна**

Ассистент

Российский национальный исследовательский  
медицинский университет имени Н.И. Пирогова  
г. Москва

pakhomova1980@bk.ru

**Хелминская Наталья Михайловна**

Д.м.н

Российский национальный исследовательский  
медицинский университет имени Н.И. Пирогова  
г. Москва

khelmiinskaya@mail.ru

**Кравец Виктор Иванович**

К.м.н

Российский национальный исследовательский  
медицинский университет имени Н.И. Пирогова  
г. Москва

vi\_kravets@mail.ru

**Посадская Александра Владимировна**

К.м.н

Российский национальный исследовательский  
медицинский университет имени Н.И. Пирогова  
г. Москва

shush79@mail.ru

*Аннотация.* Развитие современной челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии невозможно без совершенствования методов диагностики и лечения. Сегодня диагностика, лечение и реабилитация пациентов с травмой нижней челюсти остается актуальной проблемой. Частота травмы нижней челюсти имеет тенденцию к росту и остается на высоких значениях в соотношении с другими травмами челюстно-лицевой области и составляет более 37%. Целью данного исследования является изучение функционального состояния жевательных мышц при проведении остеосинтеза нижней челюсти в области ветви и суставного отростка традиционным способом, а также с использованием эндоскопических технологий. Проведен анализ 82 историй болезни больных. При проведении исследования пациенты были распределены на 2 группы: 42 пациента вошли в контрольную группу, которым проводили оперативное вмешательство на нижней челюсти в области ветви и суставного отростка традиционным способом; 40 пациентов вошли в основную группу — лечение перелома нижней челюсти вышеуказанных локализаций им проводилось с приме-





## Введение

**П**еренесенные травмы нижней челюсти представляют собой одну из наиболее распространённых причин патологических состояний в области височно-нижнечелюстного сустава. Согласно анализу литературных источников, переломы мыщелкового отростка нижней челюсти составляют от 30% до 37% в структуре переломов нижней челюсти [1, 2]. Повышенную частоту травм в данной области обуславливают анатомические особенности развития нижней челюсти: в частности, вокруг шейки мыщелкового отростка височно-нижнечелюстного сустава отмечается уязвимая зона, в которой кортикальная кость нижнечелюстной ветви переходит в губчатую кость головки суставного отростка [3,4].

Широкая распространённость травматизма костей лицевого скелета актуализирует своевременную диагностику состояния мышечного аппарата с использованием функциональных методов исследования [5, 6]. Одним из наиболее информативных методов диагностики является электромиографический метод, позволяющий получить достоверную информацию о состоянии жевательных мышц и нервных волокон у пациентов до и после фиксации отломков нижней челюсти в области ветви и суставного отростка традиционным методом [7, 8]. Электромиографический метод исследования также доказал свою эффективность для пациентов, которым выполнялся оперативный внутриротовой доступ с вовлечением методики эндоскопических технологий [9, 10].

Имеющиеся данные литературных источников говорят о том, что электромиографические исследования эффективны как для первичной диагностики, так и для высококачественной дифференциальной диагностики патологических процессов в области суставного отростка ветви нижней челюсти, что способствует разработке наиболее рациональных эффективных тактик лечения и повышению качества оказываемой квалифицированной медицинской помощи [11, 12]. Полученные

данные эндоскопических технологий. Пациентам обеих групп проводили функциональное исследование жевательных мышц до хирургического лечения и на этапах наблюдения после операции. В ходе научного исследования определено, что нормализация показателей средней амплитуды височных и жевательных мышц у пациентов основной группы нормализуется в более короткие сроки по сравнению с пациентами контрольной группы.

*Ключевые слова:* перелом нижней челюсти, суставной отросток, ветвь нижней челюсти, электромиография, жевательные мышцы, эндоскопическая техника.

данные позволяют разработать дифференцированный алгоритм применения методик устранения переломов нижней челюсти при локализации ветви и суставного отростка.

## Цель исследования

Провести корреляцию результатов анализа в ранний и отдаленный сроки исследования состояния жевательных групп мышц при применении основных методов остеосинтеза нижней челюсти у пациентов с переломами ветви нижней челюсти и суставного отростка путем проведения электромиографического исследования.

## Материалы и методы

Основным материалом данного исследования являются результаты комплексного клинического исследования 82 пациентов с переломами нижней челюсти в области ветви и суставного отростка. Возраст пациентов варьировался от 19 до 45 лет, все пациенты без сопутствующей патологии.

В ходе исследования пациентов сформированы 2 группы. Первая группа — основная (42 пациента), вторая группа — контрольная (40 пациентов).

Основная группа состояла из пациентов, для которых в ходе оперативного лечения при устранении перелома использовался метод фиксации отломков нижней челюсти посредством эндоскопической технологии, титановые пластины устанавливались в области ветви и суставного отростка при внутриротовом доступе. Квинтэссенция данного оперативного вмешательства заключалась в проведении разреза в проекции ветви нижней челюсти, с отслоением слизисто-надкостничного лоскута и частичного отслоения жевательной мышцы. Следующим этапом являлась установка троакара и эндоскопа  $d=2.4$  мм,  $30^\circ$ , а также выполнялась репозиция отломков в анатомически правильном положении, далее отломки фиксировались титановыми

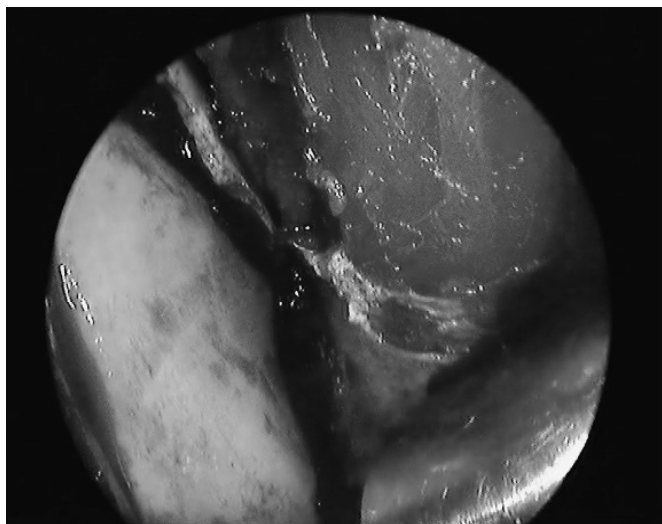


Рис. 1. Эндофотография перелома ветви нижней челюсти до и после оперативного вмешательства

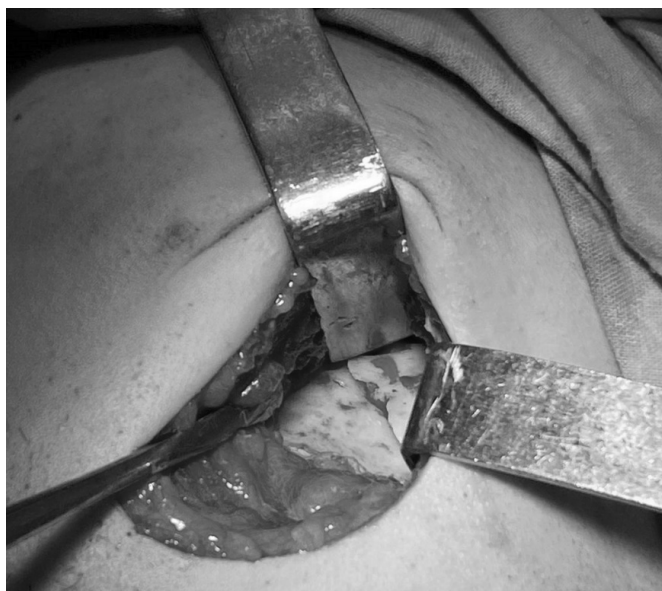


Рис. 2. Интраоперационное фото пациента К.,30 лет с переломом ветви нижней челюсти до и после остеосинтеза и фиксации отломков титановыми пластинами

мини-пластинами с шурупами. Техника выполнения операции представлена на рис 1.

В контрольной группе пациентам с переломом нижней челюсти в области ветви и суставного отростка остеосинтез проводился традиционным методом. Суть применения данного вида оперативного вмешательства заключалась в наличии разреза в позадинижнечелюстной области, с поэтапным остротупым рассечением мягких тканей, в частности, полным отслоением жевательной мышцы от нижнего наружного края нижней челюсти. Техника выполнения операции до фик-

сации отломков и после установки их в анатомически правильном положении с применением титановых конструкций представлена на рисунке 2.

Подтверждением проведенного остеосинтеза нижней челюсти, согласно силовым линиям, являлось рентгенологическое исследование нижней челюсти в прямой и боковой проекциях, что представлено на рисунке 3.

Помимо мануального исследования всем пациентам при проведении оценочного состояния функциональ-

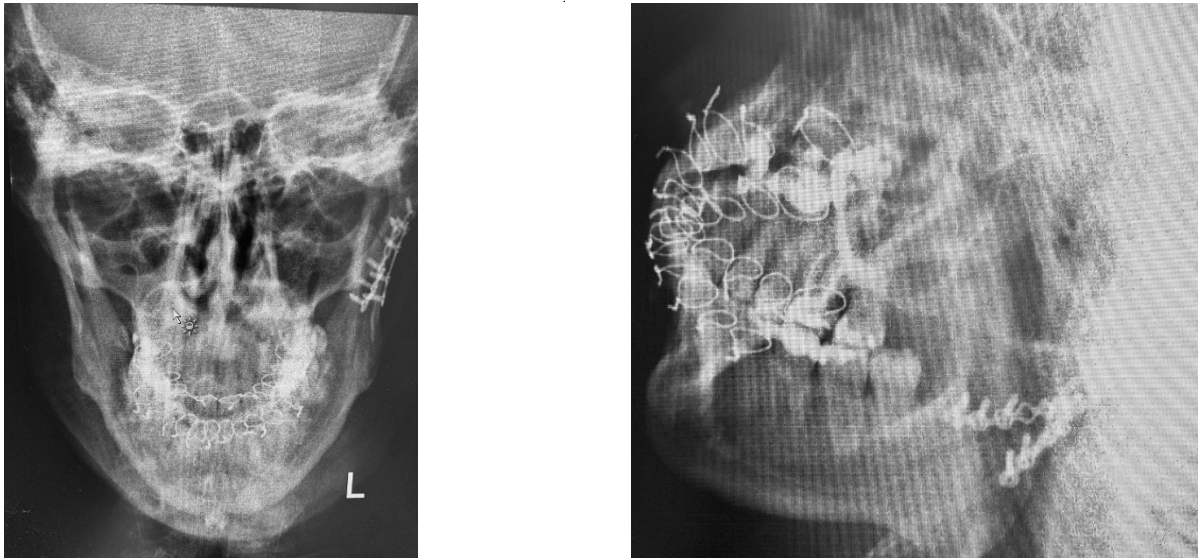


Рис. 3. Рентгенологическое исследование пациента К., 30 лет после остеосинтеза нижней челюсти.



Рис. 3

ности групп жевательных мышц проводилась электромиография.

100% пациентам с переломами нижней челюсти в области ветви и суставного отростка была выполнена поверхностная электромиография и проба-жевания на 21-е сутки, 28-е сутки и через 6 месяцев с момента проведения оперативного вмешательства. Основными параметрами динамических изменений являлись средняя амплитуда (мкВ) и время покоя (с).

Запись показателей ЭМГ жевательных мышц у пациентов с травмой ветви и суставного отростка проводили с помощью электромиографа «Синапсис» (фирма Нейротех, Россия, рис. 3).

#### Результаты исследования

Электромиографическое исследование достоверно показало состояние функциональности жевательных мышц на ранних и поздних послеоперационных

Таблица 1. Показатель поверхностной ЭМГ пациента М., средняя амплитуда (мкВ)

	M. temporal is dexter	M. masseter dexter	M. temporal is sinistra	M. masseter sinistra
21-е сутки	118	190	115	163
28-е сутки	225	315	274	395
6-й месяц	409	413	399	412

Таблица 2. Показатель поверхностной ЭМГ пациента К., 28 лет — средняя амплитуда (мкВ)

	M. temporal is dexter	M. masseter dexter	M. temporal is sinistra	M. masseter sinistra
21-е сутки	113	93	103	159
28-е сутки	214	180	267	396
6-й месяц	396	324	412	413



Рис. 4. Пациент М. 30 лет электромиография: проба-жевание.

сроках, а также позволило выявить нейромышечный дисбаланс, что сделало возможным объективно оценить восстановление функциональности жевательной мышц на раннем и позднем послеоперационном этапах.

Методика миографического исследования проводилось по классической схеме с применением поверхностных электродов. Поверхностные электроды были установлены на моторных точках жевательных мышц с помощью четырехканального электромиографа «SYNAPSIS». Для проведения сравнительного анализа миографического показателя средней амплитуды (мкВ) обеих групп использовалась проба-жевания. На рисунке 4 представлен **клинический пример** проведения электромиографии пациенту М., 30 лет с диагнозом: пе-

релом нижней челюсти в области ветви справа со смещением. Выполнено оперативное вмешательство в области ветви нижней челюсти внутриворотным доступом с применением эндоскопической техники.

В таблице 1. показаны параметры поверхностной миографии на 21-е сутки, 28-е сутки и на 6-й месяц после оперативного вмешательства.

Пациент К., 28 лет с диагнозом: перелом нижней челюсти в области ветви справа со смещением. Больному проводилась традиционная методика оперативного вмешательства нижней челюсти в области ветви с наличием разреза в позадинижнечелюстной области. В таблице 2 представлены результаты поверхностной миографии в те же временные этапы наблюдения.

## ВЫВОДЫ

На основании вышеизложенного можно утверждать, что нормализация показателей средней амплитуды височных и жевательных мышц у пациентов основной группы нормализуется значительно раньше, в сравнении с пациентами контрольной группы. Оценка показателей жевательной эффективности у обследуемых групп свидетельствует о том, что использование эндоскопических технологий при остеосинтезе нижней челюсти в области ветви и суставного отростка внутриворотным доступом является приоритетным. Клинико-экономические и организационные преимущества применения эндоскопического лечения больных с переломами мышечного

отростка и ветви нижней челюсти на основании полученных данных позволило сократить сроки стационарного лечения, период реабилитации и нетрудоспособности. Раннее снятие бимаксиллярных шин и резиновых тяг при острой травме нижней челюсти в проекции ветви и суставного отростка позволило активировать функцию жевания раньше, чем при традиционной методике лечения. Таким образом, можно говорить о том, что оперативное вмешательство на нижней челюсти в области суставного отростка и ветви посредством эндоскопической методики при внутриворотном доступе более эффективно относительно традиционной методики, при этом наиболее значимым методом диагностики является электромиографическое исследование.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Епифанов С.А., Скуредин В.Д., Балин В.Н. Эндоскопические технологии в хирургическом лечении больных с переломами мышечного отростка нижней челюсти // Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова. 2015. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/endoskopicheskie-tehnologii-v-hirurgicheskom-lechenii-bolnyh-s-perelomami-myschelkogo-otrostka-nizhney-chelyusti> (дата обращения: 02.09.2022).
2. Kang-Young Choi, Jung-Dug Yang. Current Concepts in the Mandibular Condyle Fracture Management Part I: Overview of Condylar Fracture. Arch Plast Surg. Jul 2012; 39(4): 291–300.
3. Fridrich K.L., Pena-Velasco G., Olson R.A. Changing trends with mandibular fractures: a review of 1,067 cases. J Oral Maxillofac Surg 1992;50:586–9.
4. Bos R.R., Ward Booth R.P., L.G. de Bont, "Man-dibular Condyle Fractures: A Consensus," British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, Vol. 37, No. 2, 1999, pp. 87–89.
5. Carneiro S., Vasconcelos B. Treatment of condylar fractures: A retrospective cohort study/ S. Carneiro, B. Vasconcelos /Medicina oral, Patologia. Oral. Cirugia. Bucal. — 2008.
6. Chossegros C., Cheynet F., Blanc J.L., et al. Short retromandibular approach of subcondylar fractures: clinical and radiologic long-term evaluation. /C. Chossegros, F. Cheynet, J.L. Blanc et al. // Oral. Surg. Ora.l Med. Oral. Pathol. Oral. Radiol. Endod. — 1996. — Vol.82(3). — P.248–52.
7. Nahlieli O., Baruchin A.M. Endoscopic technique for the diagnosis and treatment of inflammatory salivary gland diseases // J. Oral Maxillofac. Surg. — 1999. — Vol.57. — P. 1394–1401.
8. Ferrario VF., Sforza C., Serrao G. The influence of crossbite on the coordinated electromyographic activity of human masticatory muscles during mastication. — J Oral Rehabi — 1999 — № 26 — С.575–581.
9. Чуракаев М.В. Влияние таурина в комплексной терапии экземы на клинические и электромиографические показатели больных // Ульяновский медико-биологический журнал. 2016. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-taurina-v-kompleksnoy-terapii-ekzemy-na-klinicheskie-i-elektromiograficheskie-pokazateli-bolnyh> (дата обращения: 03.09.2022).
10. Романов А.С., Гелетин П.Н., Антюхова А.Д., Климовцов В.М. Электромиографическое исследование как один из методов дифференциальной диагностики заболеваний височно-нижнечелюстного сустава // Смоленский медицинский альманах. 2015. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/elektromiograficheskoe-issledovanie-kak-odin-iz-metodov-differentsialnoy-diagnostiki-zabolevaniy-visochno-nizhnechelyustnogo> (дата обращения: 04.09.2022).
11. Cook R.M., MacFarlane W.I. Subcondylar fracture of the mandible. A clinical and radiographic review. / R.M. Cook, W.I. MacFarlane // Oral. Surg. — 1969. — V.27. — P.297–304.
12. Druelinger I., Guenther M., Marshand, E.G. Radiographic evaluation of the facial complex / I. Druelinger, M. Guenther, E.G. Marshand // Emerg. Med. Clin. North. Am. — 2000. — V. 18. — P. 393–410.

© Еремин Дмитрий Анатольевич ( [d\\_eremin@bk.ru](mailto:d_eremin@bk.ru) ), Пахомова Елизавета Сергеевна ( [pakhomova1980@bk.ru](mailto:pakhomova1980@bk.ru) ),  
Хелминская Наталья Михайловна ( [khelmiinskaya@mail.ru](mailto:khelmiinskaya@mail.ru) ), Кравец Виктор Иванович ( [vi\\_kravets@mail.ru](mailto:vi_kravets@mail.ru) ),  
Посадская Александра Владимировна ( [shush79@mail.ru](mailto:shush79@mail.ru) ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## ВЛИЯНИЕ ЭПИДЕРМАЛЬНОГО ФАКТОРА РОСТА НА СРОКИ ЗАЖИВЛЕНИЯ МАЛОЙ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОЙ ПОЛОСТИ ПОСЛЕ ОПЕРАЦИЙ НА СРЕДНЕМ УХЕ ПО ОТКРЫТОМУ ТИПУ

### THE EFFECT OF EPIDERMAL GROWTH FACTOR ON THE HEALING TIME OF THE SMALL POSTOPERATIVE CAVITY AFTER CANAL WALL DOWN MASTOIDECTOMY

**V. Isachenko  
S. Ognetrov**

*Summary.* The article discusses the problem of chronic suppurative otitis media in ear surgery and how to solve it. The advantages and disadvantages of the solution methods are described. Literature data are presented. The proposed method — the use of epidermal growth factor.

*Objective of the study.* To compare the rate of wound healing (epidermisation) in the small postoperative cavity of the temporal bone (less than 2 cc) obtained during sanitizing surgery on the middle ear in an open type with and without epidermal growth factor.

*Materials and Methods.* The study involved 105 patients. All participants in the statistical observation underwent general cavity sanitizing surgery on the middle ear. Then the patients were divided into 3 groups of 35 people. In some of the study participants, the drug “Ebermin” containing epidermal growth factor (group 1) was used in local treatment, while in others, local treatment was not used (group 2). In the third group of patients, silver sulfadiazine was used in local treatment. The preparations were applied to the postoperative cavity on the eighth day after the operation on the quilted jacket with a layer of 1 mm. The morphological state of the postoperative cavity (complete or incomplete epidermisation) was assessed using otomicroscopy.

The results of the study showed a significant positive effect of the epidermal growth factor on the rate of wound healing (epidermisation) in the small postoperative cavity of the temporal bone obtained during sanitizing surgery on the middle ear in an open manner.

*Keywords:* epidermal growth factor, wound healing.

**Исаченко Вадим Сергеевич**

Доктор медицинских наук, доцент  
ФГБУ по хирургии «СПб НИИ ЛОР» Минздрава России,  
г. Санкт-Петербург  
v.isachenko@niilor.ru

**Огнетов Сергей Юрьевич**

Кандидат медицинских наук  
ФГБОУ ВО «Ижевская государственная медицинская  
академия Минздрава России», г. Ижевск  
ognetrovlor@rambler.ru

*Аннотация.* В статье обсуждается проблема хронического гнойного среднего отита в хирургии уха и способы ее решения. Описаны преимущества и недостатки методов решения. Приведены данные литературы. Предложен свой метод — использование эпидермального фактора роста.

*Цель исследования.* Сравнить скорость ранозаживления (эпидермизации) в малой послеоперационной полости височной кости (объемом менее 2-х куб. см), полученной в ходе санитизирующей операции на среднем ухе по открытому типу с использованием эпидермального фактора роста и без него.

*Материалы и методы.* В исследовании участвовало 105 пациентов. Всем участникам статистического наблюдения была произведена общеполостная санитизирующая операция на среднем ухе. Затем пациенты были разделены на 3 группы по 35 человек. У одних участников исследования был использован в местном лечении препарат «Эбермин», содержащий эпидермальный фактор роста (1-я группа), у других — местное лечение не использовалось (2-я группа). В третьей группе пациентов — в местном лечении использовался сульфадиазин серебра. Препараты наносились в послеоперационную полость на восьмые сутки после операции на ватнике слоем 1 мм. Морфологическое состояние послеоперационной полости (полная или неполная эпидермизация) оценивалось при помощи отомикроскопии.

Результаты исследования показали значительное положительное влияние эпидермального фактора роста на скорость ранозаживления (эпидермизации) в малой послеоперационной полости височной кости, полученной в ходе санитизирующей операции на среднем ухе по открытому типу.

*Ключевые слова:* эпидермальный фактор роста, ранозаживление.

## Введение

**А**ктуальность проблемы хронического гнойного среднего отита в человеческой популяции не вызывает сомнений. И она будет всегда, по крайней мере, пока существует человек и вербальный способ передачи информации. Единственным радикальным и действенным способом решения этой проблемы хронического гнойного среднего отита является хирургическое лечение в полном объёме. Зачастую течение хронического среднего отита осложняется врастанием эпидермиса наружного слухового прохода в барабанную полость и формированием холестеатомы. Данная опухолеподобная структура содержит некротизированные эпидермальные клетки, массы кератина, кристаллы холестерина, и покрыта соединительнотканной капсулой. Холестеатома имеет тенденцию к разрушению структур височной кости за счёт различных патогенетических механизмов, таких как пассивный рост и ферментативная активность периматрикса, что в свою очередь приводит к развитию витальных осложнений. [1, 2]

Принципиальных вариантов операций на среднем ухе при хроническом отите существует два: по открытому (общеполостная санирующая операция, canal wall down) или закрытому типу (консервативная или щадящая санирующая операция, canal wall up). Золотой стандарт хирургического доступа в общемировой практике отсутствует, что отчасти связано с разнообразием анатомических особенностей каждого конкретного пациента. Выбор хирургической тактики лечения основывается на локализации и распространенности патологического процесса, предоперационном уровне слуха, функции лицевого нерва, типа пневматизации височной кости, возраста и социально-демографических условий проживания пациента. [3] (Аникин И.А., Бокучава Т.А., Хамгушкеева Н.Н., Князев А.Д. Влияние патологии протимпанума на результаты хирургического лечения пациентов с приобретенной холестеатомой среднего уха. Российская оториноларингология. 2020;19(5):25–35. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2020-5-25-35>) Каждый отохирург назовет массу доводов в пользу одной операции и минусов против других вариантов. Обычно доводы «За» называются в защиту той конкретной операции, которую практикует данный конкретный отохирург. Соответственно «минусы» остаются на стороне других типов хирургического лечения.

В ходе настоящего исследования в лечении больных хроническим гнойным средним отитом, осложненным холестеатомой, применялась тимпаноластика по открытому типу. Существенным преимуществом данного способа является тот факт, что риск рецидива холестеатомы значительно ниже. Так, в исследовании Санкт-Петербургского научно-исследовательского института уха,

горла, носа и речи установлено, что предикторами развития рекуррентной холестеатомы в обеих возрастных группах (взрослые и дети) явились такие факторы риска, как состояние тимпанального устья слуховой трубы (его obturация и/или анатомическое сужение) и закрытая методика операции. [3]

Чтобы быть объективными нужно указать и существенный недостаток открытого типа операции. Послеоперационная полость не способна к самоочищению, соответственно там (в полости) накапливаются эпидермальные массы, ушная сера. Один раз в полгода — год необходимо производить туалет уха, следовательно, пациент зависим от ЛОР-врача, что в свою очередь снижает качество жизни пациента. Почему же выбор был сделан в пользу открытого типа санирующей операции на среднем ухе? Научно-практический эксперимент был проведен в отделение оториноларингологии первой республиканской клинической больницы республики Удмуртия (БУЗ УР «1 РКБ МЗ УР»). Соответственно пациенты были из других городов и районов республики, что в свою очередь затрудняло повторные наблюдения в силу больших расстояний. Такие социально-экономические факторы, как кадровый дефицит ЛОР-врачей и трудности с проведением МРТ-диагностики (для исключения резидуальной и рекуррентной холестеатомы) также являлись аргументом в пользу выполнения тимпаноластики по открытому типу.

В процессе мастоидэктомии по открытому типу на месте санированных пораженных структур среднего уха образуется послеоперационная полость. Эта полость при благоприятном процессе репарации покрывается сначала грануляционной тканью, а затем эпителием (эпидермис). На данном этапе послеоперационного течения раневого процесса наиболее вероятно возникновение проблем. Заживление послеоперационной полости может протекать длительно, с образованием избыточных грануляций, рубцов и экссудацией, иногда требующих повторного вмешательства. [4] Полноценная эпителизация послеоперационной полости височной кости возникает только в 65–87% случаев [1]. Некоторые авторы приводят еще более низкие цифры. По данным Санкт-Петербургского НИИ уха, горла, носа и речи полная эпидермизация послеоперационной полости после санирующей операции на ухе наступает только в 46,5% случаев. Значит результат операции каждого второго пациента является неудовлетворительным (и даже чуть реже)! [6]

Использование эпидермального фактора роста, на наш взгляд, позволяет решить эту проблему. [7, 8]. Эпидермальный фактор роста (ЭФР) был первым ростовым фактором, обнаруженным еще в 1962 г. и до сих

пор рассматривается как классический представитель этих биологически активных веществ. Он состоит из 53 аминокислот, соединенных тремя дисульфидными связями, имеет молекулярный вес 6 кДа и действует как сильный митоген на различные клетки эндодермального, эктодермального и мезодермального происхождения. [9] Эпидермальный фактор роста усиливает миграцию и пролиферацию фибробластов, кератиноцитов, эндотелиальных и других клеток, которые принимают непосредственное участие в репарации, тем самым ускоряя процесс эпителизации. ЭФР как сам, так и в комбинации с другими цитокинами является важнейшим фактором, опосредующим процессы заживления ран и ангиогенеза. Эпидермальный фактор роста человеческий рекомбинантный является активным компонентом препарата «Эбермин» (Эбер Биотек С.А., Куба; номер регистрации П N012569/01, от 01.10.2007) и по своей сути является высокоочищенным пептидом. Он выделяется определенным штаммом дрожжей *Saccharomyces Cerevisiae*, в ДНК которого внедрён ген эпидермального фактора роста человека. Рекомбинантный человеческий эпидермальный фактор роста (рчЭФР), полученный в процессе технологии рекомбинантной ДНК, по своей структуре и активности полностью соответствует эндогенному эпидермальному фактору роста, который существует в человеческом организме.

Эбермин, который содержит рчЭФР и сульфадиазин серебра, оказывает комплексное репаративное и бактерицидное действие, рчЭФР усиливает миграцию и пролиферацию фибробластов, кератиноцитов, эндотелиальных и других клеток, которые принимают непосредственное участие в ранозаживлении, активизируя процессы эпидермизации, рубцевания и восстановления эластичности тканей.

Сульфадиазин серебра имеет широкий спектр антибактериального действия; он лизирует грамположительные и грамотрицательные микроорганизмы, а также грибы рода *Candida* и дерматофиты.

Гидрофильная основа лекарства оказывает дегидратирующее действие, понижает болевой симптом, создает и сохраняет необходимые лечебные концентрации лекарственных компонентов в месте воспаления. Эбермин оказывает положительное косметическое действие, уменьшает толщину и плотность рубца благодаря правильной ориентации и созревания коллагеновых волокон, снижая риск патологического рубцевания.

В результате предыдущих наших исследований было выявлено, что в группе пациентов, у которых после операции использовался цитокин («Эбермин»)

у всех (пациентов) была достигнута полная эпидермизация трепанационной полости. В контрольной же группе (без использования эпидермального фактора роста) у 18 пациентов ( $20,45 \pm 4,2\%$ ) к сроку 1 год после операции так и не была достигнута полная эпидермизация послеоперационной полости. [8]

Затем возник научный интерес сравнить скорости эпителизации послеоперационной полости с использованием эпидермального фактора роста и без него. Процесс эпидермизации или ранозаживления послеоперационной полости зависит от многих факторов. Сюда можно отнести возраст пациента — чем моложе пациент, тем лучше и быстрее идёт процесс ранозаживления; наличие тяжелых сопутствующих хронических заболеваний; индивидуальные физиологические особенности и так далее. Размеры полости среднего уха, полученной вследствие операции, существенно влияют на постоперационный период. Чем больше размеры полости, тем дольше и хуже протекает эпителизация костной полости. [10, 11] Чтобы нивелировать этот фактор мы разделили полости на большие и малые. К малой послеоперационной полости мы определили пространства объемом менее 2 мл. К большой постоперационной полости мы отнесли пространства объемом более 2 мл. [12]

#### Цель исследования

Сравнить скорость ранозаживления (эпидермизации) в малой послеоперационной полости височной кости (объемом менее 2-х куб. см), полученной в ходе санлирующей операции на среднем ухе по открытому типу с использованием эпидермального фактора роста и без него.

#### Материалы и методы

В исследовании участвовало 105 пациентов, из них 55 мужчин и 50 женщин, в возрасте от 18 до 55 лет. Эксперимент проводился в отделении оториноларингологии БУЗ УР «Первая республиканская клиническая больница МЗ УР». В группу исследования отбирались пациенты с диагнозом: хронический гнойный средний отит с холестеатомой, кариесом кости. Из исследования исключались пациенты с тяжелой сопутствующей патологией, которая могла повлиять на процессы ранозаживления. Например — сахарный диабет, хроническая сердечная недостаточность, хроническая легочная недостаточность, хронические почечная и печеночная недостаточности.

Всем пациентам научно-практического эксперимента была произведена общеполостная санлирующая операция на среднем ухе (санлирующая операция по от-



Таблица 1. Демографические и клинические параметры в группах с использованием эпидермального фактора роста, без использования и с использованием сульфадиазина серебра.

	Группа в которой использовался эпидермальный фактор роста, n=35	Группа без использования эпидермального фактора роста, n=35	Группа в которой использовался сульфадиазин серебра, n=35
Пол (М: Ж)	17:18	17:18	18:17
Возраст, лет, среднее значение	41,2	40,1	42,4
Сторона (правая: левая)	16:19	18:17	17:18

Таблица 2. Сроки ранозаживления (эпидермизации) послеоперационной полости в трёх группах в днях.

Время (среднее значение в днях) от операции до полной эпидермизации полости	Медианный тест, общ. медиана = 26,0000; Время (среднее значение в днях) от операции до полной эпидермизации полости. Группы Хи-квадрат = 45,99490 сс = 2 p = 0,0000		
	Группа в которой использовался эпидермальный фактор роста (I).	Группа без использования эпидермального фактора роста (II).	Группа в которой использовался сульфадиазин серебра (III).
Среднее значение в днях	19,11	28,03	27,29
≤ Медианы: наблюдений	35,00	10,00	11,00
Ожидаемые	18,66	18,66	18,66
Набл.-ожид.	16,33	-8,66	-7,66
> Медианы: наблюдений	0,00	25,00	24,00
Ожидаемые	16,33	16,33	16,33
Набл.-ожид.	-16,33	8,66	7,66

крытому типу, canal wall-down). Все оперативные вмешательства выполнял один и тот же доктор, используя типичные методы. В процессе хирургического вмешательства бормашиной резецировалась задняя костная стенка наружного слухового прохода и внешняя стенка эпитимпанума. Кроме того, осуществлялась тимпанотомия (исследование барабанной полости). Все патологическое (холестеатома, грануляции и другое) удалялось. Тимпанопластика осуществлялась либо сразу, либо в последующем через 6 или 12 месяцев. Из структур барабанной полости и сосцевидного отростка образовывалась общая трепанационная полость. В ходе операции производилось измерение объема послеоперационной полости. Если размер пространства был

менее 2-х куб. см., значит больной включался в наш эксперимент. После этого мягкие ткани наружного слухового прохода разрезались скальпелем и помещались в полученную полость. Затем в полость была уложена силиконовая пленка и произведена тампонада коллегеновой губкой. На 7 день после хирургического вмешательства тампон удалялся из уха.

Затем пациенты были разделены на 3 группы по 35 человек. У одних участников исследования был использован в местном лечении препарат «Эбермин» (1-я группа), у других — местное лечение не использовалось (2-я группа). Для определения степени влияния компонентов лекарственного препарата на ранозажив-

ление была сформирована третья группа пациентов, в местном лечении которых использовался «Дермазин» (сульфадиазин серебра). Препараты наносились в послеоперационную полость на восьмые сутки после операции на ватнике слоем 1 мм.

Морфологическое состояние послеоперационной полости (полная или неполная эпидермизация) оценивалось при помощи отомикроскопии (микроскоп ОРМІ Sensera) каждый день после удаления тампона в стационаре и один раз в неделю после выписки пациента на амбулаторный этап. На амбулаторном этапе, если при осмотре полости обнаруживалось, что эпидермизация близка к завершению — на следующие осмотры пациент приглашался с частотой один раз в три дня. Следует добавить, что при возникновении гнойно-воспалительных осложнений в ухе в послеоперационном периоде, помимо системной антибиотикотерапии, использовалось и местное лечение, исключая препараты, содержащие эпидермальный фактор роста и сульфадиазин серебра. После исчезновения симптомов воспаления местное лечение прекращалось, и пациенты наблюдались до полной эпителизации полости

#### Результаты и анализ исследований

Значимых различий по полу, среднему возрасту, стороне проведения операции (правое ухо: левое ухо) между тремя группами не было.

В результате проведенного дисперсионного анализа методом Краскела-Уоллиса и медианного теста, мы

можем утверждать, что с учетом числа наблюдений в каждой экспериментальной группе, которые лежат ниже (или равны) общей медианы и числа наблюдений, лежащих выше общей медианы, наиболее высокая скорость ранозаживления послеоперационной полости отмечается в I группе исследования, где применялся эпидермальный фактор роста.

Как отражает коробочная диаграмма размаха, с учетом минимальной асимметрии выброса, оптимальное время от операции до полной эпидермизации полости происходит в I группе исследования, где используется эпидермальный фактор роста.

#### Выводы

1. Проведя сравнительный анализ результатов трех групп, то становится видно выгодное отличие первой группы (среднее значение 19,11 дней). Отсюда можно сделать вывод о значительном положительном влиянии эпидермального фактора роста на скорость ранозаживления (эпидермизации) в малой послеоперационной полости височной кости (объемом менее 2-х куб. см), полученной в ходе saniрующей операции на среднем ухе по открытому типу.
2. Результаты регенерации эпителия из второй и третьей групп схожи. На основании этого можно утверждать, что сульфадиазин серебра принципиально не влияет на скорость эпидермизации послеоперационной полости височной кости, полученной в ходе saniрующей операции на среднем ухе по открытому типу.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аникин М.И., Канафьев Д.М., Аникин И.А., Бокучава Т.А. Холестеатома среднего уха: определение, вопросы классификации и этиопатогенеза (краткий обзор литературных данных). Часть I. Российская оториноларингология. 2016;3:115–124. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2016-3-115-124>
2. Аникин М.И., Канафьев Д.М., Аникин И.А., Бокучава Т.А. Холестеатома среднего уха (часть II): особенности клинической картины и диагностики (обзор литературных данных). Российская оториноларингология. 2016;4:82–92. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2016-4-82-92>
3. Аникин И.А., Бокучава Т.А., Хамгушкеева Н.Н., Князев А.Д. Влияние патологии протимпанума на результаты хирургического лечения пациентов с приобретенной холестеатомой среднего уха. Российская оториноларингология. 2020;19(5):25–35. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2020-5-25-35>
4. Стяжкин Д.Д., Дворянчиков В.В., Сыроежкин Ф.А., Коровин П.А. Актуальные вопросы мастоидопластики при реконструктивных операциях на среднем ухе. Российская оториноларингология. 2019;18(5):82–88. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2019-5-82-88>
5. Семенов Ф.В., Ридненко В.А., Немцева С.В. Анализ некоторых причин рецидива хронического гнойного среднего отита в послеоперационном периоде. // Вестник оториноларингологии. 2005. № 3. С. 48–49 URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9187159>
6. Янов Ю.К., Ситников В.П., Аникин И.А. [и др.] Болезнь оперированного уха: клиническая характеристика и патоморфологическое обоснование // Российская оториноларингология. 2005. № 4. С. 149–154 URL: <http://entru.org/archiv.html>
7. Огнетов С.Ю., Кравчук А.П. Способ эпидермизации послеоперационной полости у пациентов, перенесших общеполостную saniрующую операцию на среднем ухе // Здоровье и образование в XXI веке. 2017. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sposob-epidermizatsii-posleoperatsionnoy-polosti-u-patsientov-perenessih-obshepolostnuyu-saniryuyuschuyu-operatsiyu-na-srednem-uhe> (дата обращения: 19.12.2021).
8. Огнетов С.Ю. Проблема ранозаживления в хирургии уха и способы ее решения // Вестник современной клинической медицины. 2017. Т. 10, № 2. С. 43–47. DOI: 10.20969/VSKM.2017.10(2).43-47

9. Никитина З.К. Научно-методические основы комплексной технологии получения биологически активных веществ из рекомбинантных штаммов — продуцентов эпидермального фактора роста.: дис. . . . д-р биол.наук Москва, 2000. 299 с.
10. Николаев М.П., Пурышев А.С. Биокмпозиционные материалы для мастоидопластики послеоперационной полости при хроническом деструктивном среднем отите //Российская оториноларингология. 2006. № .2(21). С. 63–65 URL: <http://entru.org/archiv.html>
11. В.П. Ситников, Эль-Рефай Хусам, Е.С. Ядченко Эволюция взглядов на реконструктивную хирургию уха при хроническом гнойном среднем отите (обзор литературы) // Проблемы здоровья и экологии. 2011. № 2 (28). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/evolyutsiya-vzglyadov-na-rekonstruktivnyuyu-hirurgiyu-uha-pri-hronicheskom-gnoynom-srednem-otite-obzor-literatury> (дата обращения: 19.12.2021).
12. Огнетов С.Ю., Кравчук А.П. Влияние объема трепанационной полости височной кости на послеоперационный период у пациентов, перенесших общеполостную санирующую операцию на среднем ухе // Здоровье и образование в XXI веке. 2017. № 8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-obema-trepanatsionnoy-polosti-visochnoy-kosti-na-posleoperatsionnyy-period-u-patsientov-perenessih-obshchepolostnyuyu> (дата обращения: 19.12.2021).

© Исаченко Вадим Сергеевич (v.isachenko@niilor.ru), Огнетов Сергей Юрьевич (ognetovlor@rambler.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Ижевск

# АРТЕРИАЛЬНАЯ ГИПЕРТЕНЗИЯ ПРИ НОВОЙ КОРОНОВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ: РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ, ТЕЧЕНИЕ, ИСХОДЫ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

## ARTERIAL HYPERTENSION AND NEW CORONAVIRUS INFECTION: PREVALENCE, COURSE, OUTCOMES (LITERATURE REVIEW)

**S. Kagranova  
E. Chicherina**

*Summary.* The importance of studying the combination of a new coronavirus infection and arterial hypertension is considered. Issues requiring further study and research have been raised.

*Keywords:* arterial hypertension, new coronavirus disease, risk factor, unfavorable prognosis, comorbidities.

**Каграманова Сабина Руслановна**

Аспирант

Кировский государственный медицинский  
университет

kagramanovasabina@gmail.com

**Чичерина Елена Николаевна**

Д.м.н., профессор

Кировский государственный медицинский  
университет

*Аннотация.* Рассмотрены вопросы важности изучения сочетания новой коронавирусной инфекции и артериальной гипертензии. Подняты вопросы, требующие дальнейшего изучения и проведения исследований.

*Ключевые слова:* артериальная гипертензия, новая коронавирусная болезнь, фактор риска, неблагоприятный прогноз, коморбидность.

**О**пределение артериальной гипертензии (АГ) из российских клинических рекомендаций у взрослых: артериальная гипертензия — это синдром повышения систолического АД  $\geq 140$  мм.рт.ст. и/или диастолического АД  $\geq 90$  мм.рт.ст. [1].

По проведенному анализу 48 клинических рекомендаций по лечению АГ по всему миру можно сделать вывод: в 96% клинических рекомендаций данное заболевание определяется по уровню артериального давления  $\geq 140/90$  мм.рт.ст., и в 87% клинических рекомендаций рекомендуется целевое АД  $< 140/90$  мм.рт.ст., в 9% рекомендуется целевое АД  $< 130/80$  мм.рт.ст. Интересно, что, согласно рекомендациям Республики Кирибати, рекомендуемое целевое систолическое АД  $< 160$  мм.рт.ст., а согласно клиническим рекомендациям Египта, целевое АД  $< 150/95$  мм.рт.ст. [2].

Артериальная гипертензия является очень распространенным заболеванием в мире, и от нее страдают почти 1,39 миллиарда человек [3].

Согласно анализу 1201 исследования о распространенности АГ, в которых суммарно приняли участие 104 миллиона участников в возрасте 30–79 лет с 1990 года по 2019 год. В анализ были включены исследования из 184 стран, охватывающих 99% населения земного шара, в том числе исследования и из России. По дан-

ном анализа распространённость данного заболевания удвоилась с 331 (95% ДИ 306–359) миллионов женщин и 317 (292–344) миллионов мужчин в 1990 году до 626 (584–668) миллионов женщин и 652 (604–698) миллионов мужчин в 2019 году в связи с ростом численности населения и старением. В 2019 году более 1 миллиарда человек с артериальной гипертензией (82% всех пациентов с АГ в мире) проживали в странах с низким и средним уровнем дохода. Это число намного больше, чем было в 1990 году, поскольку распространённость данного заболевания во всех странах оставалась на том же уровне или увеличивалась по тем же причинам: рост численности населения и старение. В 2019 году во всем мире 41% (95% ДИ 38–45) женщин, среди всех женщин с установленным диагнозом артериальной гипертензией и 51% (48–54) мужчин, среди всех мужчин с установленным диагнозом артериальной гипертензией, не знали о своем заболевании. Частота лечения составила 47% (43–51) у женщин и 38% (35–41) у мужчин. Менее половины из тех, кто проходил лечение, достигли контроля над заболеванием, и показатели контроля составили 23% (20–27) среди женщин и 18% (16–21) среди мужчин с данным диагнозом. Аналогичным образом, несмотря на улучшение показателей выявления, лечения и контроля, в 2019 году больше людей не достигли эффективного контроля, по сравнению с 1990 годом, из-за значительного увеличения распространённости заболевания [4].

По приведенному выше анализу 48 клинических рекомендаций по лечению артериальной гипертензии можно сделать вывод: в 98% клинических рекомендаций были даны четкие рекомендации по немедикаментозному изменению образа жизни при лечении АГ. Клиническое руководство Ботсваны было единственным руководством, в котором не упоминались рекомендации по изменению образа жизни. При сравнении фармакологического лечения данного заболевания согласно рекомендациям: 8 различных вариаций 1 линии препаратов (стартовой терапии), 17 вариаций 2 линии препаратов и 6 вариаций 3 линии препаратов. Страны с низким уровнем дохода предпочтительно рекомендуют диуретики (63%) в качестве первой линии лечения, в то время как страны с высоким уровнем дохода предлагают более широкий выбор между классами антигипертензивных препаратов. В 44% клинических руководств, из которых 71% касались стран с более высоким уровнем дохода, рекомендуется начинать лечение с двухкомпонентной терапии при АД 160/100 мм.рт.ст. или выше [5].

Клиника артериальной гипертензии: зачастую артериальное давление  $\geq 140/90$  мм.рт.ст. может не сопровождаться никакими симптомами и выявляться случайно, при измерении артериального давления. Но возможны и проявления в виде появления головной боли, головокружения, мелькания мушек перед глазами.

Заболевание артериальной гипертензии было практически пересмотрено заново, после появления вируса, получившего название SARS-CoV-2. 7 января 2020 года возбудитель был идентифицирован как новый коронавирус, и последовала геномная характеристика и разработка метода тестирования. Вирус SARS-CoV-2 отличается как от SARS-CoV, так и от MERS-CoV, и считается более заразным, так как обладает более высокой способностью к передаче, что в конечном итоге и привело к продолжающейся пандемии. Коронавирусная болезнь 2019 года, вызванная тяжелым острым респираторным синдромом, ассоциируется со значительным высоким уровнем смертности и в настоящее время, представляет собой наиболее серьезную проблему в области глобального здравоохранения. Важно отметить, что почти в 90% случаев заболевание проявляется как легкое или умеренное, и только в 10% случаев требуется госпитализация [6]. Риск более тяжелых клинических проявлений коронавирусной инфекции увеличивается при наличии хронических сопутствующих заболеваний. По результатам некоторых исследований артериальная гипертензия ассоциируется с более высокой восприимчивостью к инфекции SARS-CoV-2, более тяжелым течением и увеличением смертей, связанных с коронавирусной инфекцией [7,8]. Однако в настоящее время прямая роль данного

заболевания, независимо от возраста и других сопутствующих заболеваний, как фактора риска заражения SARS-CoV-2 и исходов коронавирусной инфекции, особенно смертности, не установлена. Частая связь между COVID-19 и АГ неудивительна, учитывая высокую распространенность артериальной гипертензии во всем мире [9].

По данным исследования пациенты с коронавирусной болезнью и артериальной гипертензией с большей вероятностью будут страдать тяжелой пневмонией, чрезмерными воспалительными реакциями, повреждением органов и тканей и ухудшением течения заболевания по сравнению с пациентами с коронавирусной болезнью и без артериальной гипертензии [10]. Таким образом, сравнение пациентов с коронавирусной болезнью с артериальной гипертензией и без нее показало, что сосуществование SARS-CoV-2 и АГ увеличивает проблему неблагоприятного прогноза коронавирусной болезни.

Также есть данные, что данное заболевание увеличивает риск как смертности, так и тяжести течения коронавирусной инфекции примерно в 2,5 раза у пациентов в возрасте 60 лет и старше. Артериальная гипертензия была связана с повышением риска тяжелой формы коронавирусной инфекции (ОШ 2,49; 95% ДИ 1,98–3,12; I2 = 24%), а также со значительным повышением риска смертности (ОШ 2,42; 95% ДИ 1,51–3,90; I2 = 0%) [11]. Данные по влиянию АГ как фактора риска на смертность у пациентов с коронавирусной инфекцией противоречивы.

Согласно результатам ретроспективного исследования опубликованного в июле 2021 года и включившим в себя 983 пациента: артериальная гипертензия не влияет на исход COVID-19, что отличается от выводов, сделанных в других исследованиях. Однако авторы исследования все-таки оставляют вопрос открытым, так как утверждают, что показатели 28-дневной смертности и 60-дневной смертности пациентов с коронавирусной инфекцией и артериальной гипертензией, которым было  $\geq 70$  лет, был значительно выше, чем у тех, кому было  $< 70$  лет. Пациенты с летальным исходом, имеющие в анамнезе АГ, были старше, имели больше основных заболеваний (таких, как ишемическая болезнь сердца, нарушение мозгового кровообращения в анамнезе), высокие показатели артериального давления при первичном осмотре и более тяжелое клиническое состояние [12].

В другом ретроспективном исследовании, включившим в себя 44672 случая, результаты говорят, что данное заболевание не самое опасное сопутствующее заболевание, влияющее на смертность. Данные по смертности

в зависимости от сопутствующей патологии: 10,5% для пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями, 6,0% для артериальной гипертензии, 7,3% для диабета, 6,3% для хронических респираторных заболеваний, и 5,6% для онкологических заболеваний. Также в этом исследовании выявлена смертность для возрастной группы пациентов  $\geq 80$  лет — 14,8%, и данный показатель самый высокий среди всех возрастных групп [13].

Уровень смертности пациентов с коронавирусной инфекцией и артериальной гипертензией в разных странах: высокий в Италии (73,8%), Соединенных Штатах (55,4%) и Индии (22,1%). С другой стороны, этот по-

казатель относительно ниже в Бразилии (5,1%) и Китае (9,1%) [14].

Тем не менее, в настоящее время нет убедительных доказательств того, что АГ является независимым фактором риска ухудшения исходов у пациентов с коронавирусной инфекцией. Все исследования доказывают значимость изучения данной тематики в связи с высокой распространенностью данного заболевания повсеместно. Коронавирусная инфекция доказала и продолжает доказывать критическую важность исследований артериальной гипертензии для решения вопросов, важных для глобального здравоохранения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Артериальная гипертензия у взрослых. Клинические рекомендации 2020. Российский кардиологический журнал. 2020;25(3):3786.
2. Philip R., Beaney T., Appelbaum N., et al. Variation in hypertension clinical practice guidelines: a global comparison. BMC Med 2021; 19 (1): 117.
3. Mills K. T., Stefanescu A., and He J. The global epidemiology of hypertension. Nat. Rev. Nephrol. 2020; 16, 223–237.
4. NCD Risk Factor Collaboration. Worldwide trends in hypertension prevalence and progress in treatment and control from 1990 to 2019: a pooled analysis of 1201 population-representative studies with 104 million participants. The Lancet, 2021; 398(10304), 957–980.
5. Philip R., Beaney T., Appelbaum N., et al. Variation in hypertension clinical practice guidelines: a global comparison. BMC Med. 2021; 19: 117
6. Wang, D., Hu, B., Hu, C., Zhu, F., Liu, X., Zhang, J., et al. Clinical Characteristics of 138 Hospitalized Patients With 2019 Novel Coronavirus- Infected Pneumonia in Wuhan, China. JAMA. 2020; 323, 1061–1069.
7. Docherty A.B., Harrison E.M., Green C.A., Hardwick H.E., Pius R., Norman L., Holden K.A., Read J.M., Dondelinger F., Carson G., et al; ISARIC4C investigators. Features of 20133 UK patients in hospital with covid-19 using the ISARIC WHO clinical characterisation protocol: prospective observational cohort study. BMJ. 2020; 369: m1985.
8. Iaccarino G., Grassi G., Borghi C., Ferri C., Salvetti M., Volpe M.; SARS-RAS Investigators. Age and multimorbidity predict death among COVID-19 patients: results of the SARS-RAS Study of the Italian Society of hypertension. Hypertension. 2020; 76:366–372.
9. Savoia, C., Volpe, M., Kreutz, R. Hypertension, a Moving Target in COVID-19: Current Views and Perspectives. Circulation research. 2021; 128(7), 1062–1079.
10. Huang, S., Wang, J., Liu F., Liu J., Cao G., Yang C., et al. COVID-19 patients with hypertension have more severe disease: a multicenter retrospective observational study. Hyperten. Res. 2020; 43, 824–831.
11. Lippi, G., Wong, J., Henry B.M. Hypertension in patients with coronavirus disease 2019 (COVID-19): a pooled analysis. Pol. Arch. Intern. Med. 2020; 130, 304–309.
12. Li Z., Yuting W., Jinghua G., Jinxia Z., et al. Effects of hypertension on the outcomes of COVID-19: a multicentre retrospective cohort study. Annals of Medicine. 2021; 53:1, 770–776.
13. The Novel Coronavirus Pneumonia Emergency Response Epidemiology Team. The Epidemiological Characteristics of an Outbreak of 2019 Novel Coronavirus Diseases (COVID-19) — China, 2020. China CDC weekly. 2020, 2(8): 113–122.
14. Hakim, A., Hasan, M.M., Hasan M., et al. Major Insights in Dynamics of Host Response to SARS-CoV-2: Impacts and Challenges. Frontiers in microbiology. 2021; 12: 637554.

© Каграманова Сабина Руслановна (kagramanovasabina@gmail.com), Чичерина Елена Николаевна.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ОСОБЕННОСТИ ПОВРЕЖДЕНИЙ ПОЗВОНОЧНОГО СТОЛБА И СПИННОГО МОЗГА У ДЕТЕЙ РАЗНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП В РЕЗУЛЬТАТЕ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОГО ПРОИСШЕСТВИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕМНЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ДЕТСКИХ УДЕРЖИВАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

## FEATURES OF INJURIES OF THE SPINAL COLUMN AND SPINAL CORD IN CHILDREN OF DIFFERENT AGE GROUPS AS A RESULT OF A TRAFFIC ACCIDENT WHEN USING SEAT BELTS AND CHILD RESTRAINTS

**A. Maksumov  
O. Iskhakov  
S. Meshcheryakov**

*Summary.* The purpose of the work is to analyze the damage in the car interior of children of different age groups as a result of an accident. The aim of the work is to analyze injuries of the spine and spinal cord in children of different age groups as a result of an accident in the car. The study was conducted on the basis of the fact that accurate primary examinations of victims arriving after an accident were carried out at the Research Institute of emergency pediatric surgery and dermatology in Moscow. As a result, the first statistical data were obtained regarding the form in which the percentage spread occurs between which part of the spinal column is most likely to suffer and which is less susceptible to injury. Here, the assessment was made in relation to a group of vertebrae that experienced one or another type of injury, ranging from the appearance of cracks and fractures, ending with compression of the spinal cord. Separately, a group of children aged 0 to 18 was identified who received injuries incompatible with life. And also a correspondence was made between the injuries received and the methods of fixation that the children were fixed in road transport in the event of an unforeseen situation with a further accident.

After the statistical data of an objective analysis were obtained, based on a full examination of children of different groups, those measures were justified that can minimize the receipt of certain injuries during the occurrence of an accident. At the same time, traumatism during emergency situation is brought into full compliance with the means that can be used to reduce the occurrence of problems with different parts of the spine in children in the age group from 0 to 18 and years.

*Keywords:* trauma, children, age, spine, fracture, spinal, cord, traumatology, safety, cervical, patient, diagnostic, thoracic.

**Максумов Александр Алишерович**

Научный сотрудник, нейрохирург  
ГБУЗ НИИ «Неотложной детской хирургии  
и травматологии» ДЗМ  
dr.maksumov@gmail.com

**Исхаков Олимджан Садыкович**

Д.м.н., главный научный сотрудник, нейрохирург  
ГБУЗ НИИ «Неотложной детской хирургии  
и травматологии» ДЗМ

**Мещеряков Семен Владимирович**

К.м.н., научный сотрудник, нейрохирург  
ГБУЗ НИИ «Неотложной детской хирургии  
и травматологии» ДЗМ

*Аннотация.* Цель работы — анализ повреждений позвоночника и спинного мозга у детей разных возрастных групп в результате ДТП в салоне автомобиля. Исследование проводилось на базе того, что были проведены точные первичные обследования пострадавших, поступающих после несчастного случая НИИ неотложной детской хирургии и травматологии г. Москвы. В результате чего были получены первые статистические данные, касающиеся того, в каком виде происходит процентный разброс между тем, какая именно часть позвоночного столба страдает с наибольшей вероятностью, а какая подвержена травматизму меньше. Здесь оценка произведена по отношению к группе позвонков, которые испытали на себе тот или иной вид травмы, начиная от появления трещин и переломов, заканчивая сдавливанием спинного мозга. Отдельно была выявлена группа детей в возрасте от 0 до 18 лет, которые получали травмы, не совместимые с жизнью. А также проведено соответствие между полученными травмами и теми способами фиксации, которые были закреплены дети в автомобильном транспорте при возникновении непредвиденной ситуации с дальнейшей аварией.

После того, когда были получены статистические данные объективного анализа, основанные на полноценном обследовании детей разных групп, были обоснованы те меры, которые могут минимизировать получение тех или иных травм во время возникновения ДТП. При этом, травматичность во время аварийных ситуаций приведена в полное соответствие с теми средствами, которые могут быть использованы для снижения возникновения проблем с разными отделами позвоночника у детей в возрастной группе от 0 до 18 лет.

*Ключевые слова:* травма, дети, возраст, позвоночник, переломы, спинной, мозг, травматология, безопасность, шейный, пациент, диагностика, грудной.

Материалы  
и методы

**И**стории болезней 102 детей в возрасте от 0 до 18 лет, которые пострадали в результате ДТП (находились внутри салона автомобиля) и получали лечение в научно-исследовательском институте неотложной детской хирургии и травматологии города Москвы в период с 2009 по 2022 года. Основная группа — 52 ребенка (в момент ДТП находились в салоне автомобиля и при транспортировке которых были использованы РБ и ДУУ (n=52)), контрольная — 50 человек (находящиеся в салоне автомобиля, при транспортировке которых не использовались фиксирующие устройства безопасности (n=50)). В работе были использованы: клинические, лабораторные, инструментальные методы исследования. Статистический анализ результатов проводился в программе Microsoft Excel на рабочей станции с процессором Intel(R) Core™ i7 8665U 1.9 Гц — 2.11 Гц, 16 Гб Ram на платформе Windows 10.

## Результаты

Достоверно ( $p < 0,05$ ) чаще регистрировалось травматическое повреждение шейного отдела позвоночника среди исследуемых контрольной группы (44,0% случаев) и поясничного отдела позвоночника у детей основной группы (38,46% случаев). Высокие повреждения на уровне C0-C2 были зарегистрированы среди детей основной группы по сравнению с контрольной (в 100% случаев в диапазоне 0–2 лет; в 50% случаев в диапазоне 3–6 лет соответственно). Среди детей 7–12 лет результаты данного уровня поражения были сопоставимы, 13–18 лет отмечалось преобладание среди детей основной группы. Среди детей контрольной группы регистрация сочетанных травм (с повреждением более двух областей) достоверно чаще ( $p < 0,05$ ) отмечалась среди детей следующих возрастных периодизаций: 3–6 лет и 7–12 лет.

## Вывод

1. Повреждения шейного отдела позвоночника среди исследуемых контрольной группы составляли 44,0% случаев, основной-21,15% случаев соответственно. Повреждения поясничного отдела позвоночника у детей основной группы регистрировались в 38,46% случаев, контрольной-18,0% случаях соответственно.
2. Характер повреждений по типу переломов достоверно чаще регистрировался среди детей всех возрастов в контрольной группе.
3. Сочетанные повреждения достоверно чаще определялись среди детей контрольной группы в возрасте 3–6 лет и 7–12 лет.

## Введение

Несмотря на то, что за последнее десятилетие на некоторых континентах количество смертельных случаев и травм в результате дорожно-транспортных происшествий (ДТП) снизилось, в глобальном масштабе эта проблема продолжает усугубляться. По данным Всемирной Организации Здравоохранения ежегодное число погибших в мире в результате ДТП составляет порядка 1,35 млн. человек; около 50 млн. получают травмы [1].

Детский травматизм, обусловленный ДТП, относится к достаточно актуальной проблеме в Российской Федерации, причем самый частый вид травмы, который сопровождается высокими показателями смертности — это травма, происходящая в салоне автомобиля [2].

Следует отметить факт противоречивости имеющейся в отечественной и зарубежной литературе информации о частоте и характере повреждений позвоночника и спинного мозга у детей в общей структуре травм опорно-двигательной системы [3, 4, 5].

Сочетанное повреждение позвоночника и спинного мозга у детей является наиболее тяжелым и составляет 2–5% от общего числа тяжелых травм позвоночного столба [6]. Согласно данным ученых, структура нестабильных и осложненных травм позвоночного столба в сочетании с поражением спинного мозга составляет 23%, а 77% представлены нестабильными переломами позвоночника в различной области [7, 8, 9].

Исследователи во всем мире уделяют большое внимание анализу тяжести травм при авариях, проводя множество исследований в разных странах и в разных выборках с учетом различных факторов (скоростной режим, погодные условия, тип местности и т.д.). Особое внимание уделяется местоположению ребенка в автомобиле, использованию современных комплексов средств индивидуальной безопасности [10, 11, 12].

Дети взаимодействуют с ремнями безопасности (РБ) и детскими удерживающими устройствами (ДУУ) в автомобиле во время движения по дороге, а также до и во время столкновения. В связи с этим интересными представляются исследования, изучающие характер травматических повреждений у детей, при транспортировке которых используются РБ и ДУУ с учетом возрастной периодизации для развития персонализированного подхода в диагностике и лечении таких пациентов.

## Цель работы

Анализ повреждений позвоночника и спинного мозга у детей разных возрастных групп в результате



Таблица 1. Гендерно-возрастная характеристика исследуемых

	Контрольная группа (n=50)		Основная группа (n=52)	
	Абс	% от группы	Абс	% от группы
Мальчики, абс., отн.	24	48	22	42,31
Девочки, абс., отн.	26	52	30	57,69
Средний возраст, лет	13,78 ±0,67		10,56±0,53	
Всего, абс., отн.	50	100	52	100

ДТП при использовании ремней безопасности и детских удерживающих устройств.

### Материалы и методы

В работе были проанализированы истории болезней 102 детей, которые пострадали в результате ДТП (находились внутри салона автомобиля) и получали лечение в научно-исследовательском институте неотложной детской хирургии и травматологии города Москвы в период с 2009 по 2022 года.

Все исследуемые были разделены на 2 группы. Основную группу составили 52 ребенка, в момент ДТП, находящиеся в салоне автомобиля и при транспортировке которых были использованы РБ и ДУУ (n=52).

Контрольную группу составили 50 детей, пострадавшие в результате ДТП и находящиеся в салоне автомобиля, при транспортировке которых не использовались фиксирующие устройства безопасности (n=50) (Таблица 1).

Отбору подлежали пациенты, получившие позвоночно-спинномозговую травму в сочетании с повреждениями других областей тела в возрастной категории от 0 до 18 лет.

Критериями исключения явились дети пострадавшие при транспортировке в других транспортных средствах, а также дети получившие высокоэнергетические воздействия в результате других обстоятельств травмы.

Главным условием проведения исследования являлось наличие добровольного письменного информированного согласия законных представителей или самих пациентов, если это позволял возраст исследуемого пациента (старше 15 лет), в целях соответствия положениям Всемирной медицинской ассоциации, которые затрагивают вопросы медицинской этики.

Данное исследование прошло проверку этическим комитетом и проходило в рамках этических норм 7

В обеих группах наиболее часто фиксировались травмы в результате лобового столкновения (39 детей основной группы (75% случаев) и 22 ребенка группы контроля (44% случаев) соответственно). Большинство детей двух сравниваемых групп находились на задних пассажирских сидениях (за пассажиром) при столкновении.

При поступлении ребенка проводился опрос ребенка и законных представителей, сбор жалоб, определялись обстоятельства травмы. Выполнение клинического обследования было проведено с применением методик оценок неврологической, хирургической, педиатрической, ортопедической характеристик. Это было связано с тем фактом, что дети имели сочетанные повреждения.

Лабораторная и инструментальная диагностика соответствовала принятым внутренним протоколам ведения пациентов, имеющих тяжелые сочетанные повреждения. Первично выполняли общий анализ крови с определением уровня гемоглобина крови, эритроцитов, тромбоцитов, лейкоцитов и СОЭ. Снижение уровня гемоглобина и другие изменения в общем анализе крови могли свидетельствовать о кровотечении, в том числе и внутреннем. В общем анализе мочи обращали особое внимание на наличие/отсутствие гематурии.

В случае выявления сопутствующей патологии была проведена консультация профильными специалистами.

Лучевые методы исследования: ультразвуковое исследование (УЗИ), рентгенография, компьютерная томография (КТ), магнитно-резонансная томография (МРТ)), с помощью которых также было возможно определение посттравматических изменений сосудов.

Проведение спондилографии не в полной мере позволяло верифицировать контузионные повреждения позвонков, повреждения костных фрагментов небольшого размера. Также не в каждой клинической ситуации данная методика позволяла оценивать вероятность



Рис. 1. Сравнительная характеристика анализа повреждений среди исследуемых основной и контрольной групп (в процентном соотношении).

Примечание: \*  $p < 0,05$  - достоверность различия признака между исследуемыми группами.

компрессии и степень повреждения структур позвоночника и спинного мозга. В таких случаях выполнение мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) представлялось более целесообразным. У пациентов с диагностированными переломами шейных отделов позвоночника целесообразным являлось выполнение МР-ангиографии. Она позволяла оценить наличие/отсутствие диссекции позвоночных артерий в данном отделе в связи с их физиологическими особенностями: большой подвижностью и близостью к костным структурам.

Статистический анализ результатов проводился в программе Microsoft Excel на рабочей станции с процессором Intel(R) Core™ i7 8665U 1.9 ГГц — 2.11 ГГц, 16 ГБ Ram на платформе Windows 10.

На первом этапе статистического анализа осуществлялся сбор данных по результатам клинического, объективного и инструментального методов исследования по изучаемым группам признаков.

На втором этапе анализа осуществлялись обобщение собранного материала, его группировка в соответствии с изучаемыми параметрами, сортировка материала и выборка consistentных данных. Применялись параметрические и непараметрические методы статистического анализа.

С их помощью на основе рассчитанных данных был вычислен коэффициент статистической значимости ( $p$ ) изучаемых показателей между группами в заданной выборке.

#### Результаты исследования

Данные, полученные в нашей работе, свидетельствуют о достоверно ( $p < 0,05$ ) частой регистрации травматического повреждения шейного отдела позвоночника среди исследуемых контрольной группы (44,0% случаев) и поясничного отдела позвоночника у детей основной группы (38,46% случаев).

Таблица 2. Сравнительный анализ характера повреждений среди исследуемых основной и контрольной групп согласно возрастной периодизации

Показатель	0–2		3–6		7–12		13–18	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
Основная группа								
Перелом	0	0	3	100	11	68,75	5	45,45
Вывих	1	50*	0	0	0	0	3	27,27
Перелом + вывих	1	50*	0	0	5	31,25	3	27,27
Всего	2	100	3	100	16	100	11	100
Контрольная группа								
Перелом	1	100*	2	100	2	66,67	22	73,33*
Вывих	0	0	0	0	1	33,33	1	3,33
Перелом + вывих	0	0	0	0	0	0	7	23,33
Всего	1	100	2	100	3	100	30	100

Анализ повреждений среди исследуемых основной и контрольной групп приведен на Рисунке 1.

Достоверно часто ( $p < 0,05$ ) регистрировались случаи поражения шейного и грудного отделов позвоночника среди исследуемых основной группы в возрастном диапазоне 0–2 лет (в 50% случаев). В контрольной группе у пострадавших 0–2 лет и 7–12 лет наблюдались повреждения грудного отдела позвоночника в 100% и 80% случаев соответственно.

Повреждения поясничного отдела позвоночника верифицировались в 50% случаев ( $p < 0,05$ ) среди детей 7–12 лет основной группы и в 22,5% случаях детей 13–18 лет контрольной группы.

Достоверно чаще ( $p < 0,05$ ) высокие повреждения на уровне C0–C2 были зарегистрированы среди детей основной группы по сравнению с контрольной (в 100% случаев в диапазоне 0–2 лет; в 50% случаев в диапазоне 3–6 лет соответственно). Среди детей 7–12 лет результаты данного уровня поражения были сопоставимы, 13–18 лет отмечалось преобладание среди детей основной группы. Характеристика повреждений в зависимости от возрастной периодизации групп приведена в Таблице 2.

Достоверно чаще ( $p < 0,05$ ) характер повреждений по типу переломов регистрировался среди детей всех возрастов в контрольной группе по сравнению с основной (в 54% и 36,54% случаев соответственно (в % от группы)).

Среди детей 13–18 лет основной группы достоверно чаще ( $p < 0,05$ ) регистрировались сочетанные травмы по сравнению с исследуемыми контрольной группы. Среди детей контрольной группы регистрация сочетанных травм (с повреждением более двух областей) достоверно чаще ( $p < 0,05$ ) отмечалась среди детей следующих возрастных периодизаций: 3–6 лет и 7–12 лет.

### Обсуждение результатов

ДУУ и РБ — основные меры технического характера для реализации предупреждения травматизации детей при ДТП. Так, например, преимущество детских кресел является надежная фиксация тела ребенка, смягчающая силу удара как при лобовом, так и при боковом столкновениях. Кроме того, кресло образует своеобразную капсулу и предохраняет от переломов ребер и конечностей.

Использование ДУУ при транспортировке ребенка в личном автомобиле значительно снижает травматизм и смертность при ДТП и многими исследователями рекомендуются к активному применению [10, 11, 12, 13]. В частности, по некоторым данным, ДУУ на 60% снижают смертность при ДТП и на 40% — травматизм [13]. В нашем исследовании также было отмечено, что менее значимые травматические повреждения наблюдались у пациентов основной группы по сравнению с контрольной. Среди детей контрольной группы в 44,0% случаях верифицировались повреждения шейного отдела позвоночника: у детей 0–2 лет и 3–6 лет, что усугубляло тяжесть объективного статуса. Сочетанные по-

вреждения чаще фиксировались у детей контрольной группы в возрасте 3–6 лет и 7–12 лет. Среди пациентов основной группы такие повреждения наблюдались среди исследуемых подросткового и юношеского возрастов.

#### Вывод

1. Повреждения шейного отдела позвоночника среди исследуемых контрольной группы составляли 44,0% случаев, основной –21,15% случа-

ев соответственно. Повреждения поясничного отдела позвоночника у детей основной группы регистрировались в 38,46% случаев, контрольной — 18,0% случаях соответственно.

2. Характер повреждений по типу переломов достоверно чаще регистрировался среди детей всех возрастов в контрольной группе.

3. Сочетанные повреждения достоверно чаще определялись среди детей контрольной группы в возрасте 3–6 лет и 7–12 лет.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Khabat Amin, Marie Skyving, Carl Bonander, Maria Krafft, Finn Nilson,
2. Fall- and collision-related injuries among pedestrians in road traffic environment — A Swedish national register-based study, *Journal of Safety Research*, Volume 81, 2022, Pages 153–165, ISSN0022–4375, <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2022.02.007>.
3. Цындра, В.Н. К вопросу о перспективах предоставления административных услуг органами внутренних дел / В.Н. Цындра // Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции (29 мая 2015 г.) / редкол.: В.В. Грицай, В.В. Денисенко, О.В. Шкеля, М.Е. Труфанов, А.С. Шиенкова. Краснодар, 2015. — С. 206–209.
4. Повреждения позвоночника и спинного мозга у детского населения / А.В. Залетина, С.В. Виссарионов, А.Г. Баиндурашвили и др. // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. — 2017. — № 12–1. — С. 69–73.
5. Структура повреждений позвоночника у детей в регионах Российской Федерации / А.В. Залетина, С.В. Виссарионов, А.Г. Баиндурашвили и др. // *Хирургия позвоночника*. — 2017. — Т. 14, № 4. — с. 52–60.
6. Савенкова, Е.Н. Сравнительный анализ повреждений у детей при некоторых видах транспортных травм в нелетальных случаях / Е.Н. Савенкова, А.А. Ефимов, Л.М. Курзин, и др. // *Вестник ТГУ*. — 2018. — Т. 19, № 3. — С. 983–985.
7. Результаты анализа оказания медицинской помощи при дорожно-транспортных происшествиях на территории Липецкой области / Л.Е. Механтьева, Т.П. Склярова, А.В. Енин, Ю.Б. Летникова // *Научно-медицинский вестник Центрального Черноземья*. — 2019. — № 78. — С. 24–29. — EDN EVRPPC.
8. Chien, L. Age, Sex, and Socio-Economic Status Affect the Incidence of Pediatric Spinal Cord Injury: An Eleven-Year National Cohort Study [электронный ресурс] / L. Chien, J.C. Wu, Y.C. Chen, et al. // *PLoS One*. — 2012. — Vol. 7., N.6. P. e39264.
9. DeVivo M.J. Epidemiology of traumatic spinal cord injury: trends and future implications // *Spinal Cord*. — 2012. — Vol.50. — P. 365–372.
10. Khabat Amin, Marie Skyving, Carl Bonander, Maria Krafft, Finn Nilson,
11. Fall- and collision-related injuries among pedestrians in road traffic environment — A Swedish national register-based study, *Journal of Safety Research*, Volume 81,
12. , Pages 153–165, ISSN0022–4375, <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2022.02.007>.
13. P. Lin, R. Guo, E. Bialkowska-Jelinska, et al. Development of countermeasures to effectively improve pedestrian safety in low-income areas *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 6 (2) (2019), pp. 162–174.
14. Traumatic Fracture of the Pediatric Cervical Spine: Etiology, Epidemiology, Concurrent Injuries, and an Analysis of Perioperative Outcomes Using the Kids' Inpatient Database / GW Poorman, FA Segreto, BM Beaubrun // *Int J Spine Surg*. — 2019. — Vol. 13, № 1. — P. 68–78.
15. Ye IB, Girdler SJ, Cheung ZB, White SJ, Ranson WA, Cho SK. Risk Factors Associated with 30-Day Mortality After Open Reduction and Internal Fixation of Vertebral Fractures. *World Neurosurg*. 2019 May;125: e1069–e1073.
16. S.Q. Xie, N. Dong, S.C. Wong, et al. Bayesian approach to model pedestrian crashes at signalized intersections with measurement errors in exposure *Accident Analysis & Prevention*, 121 (2018), pp. 285–294.
17. X. Zhai, H. Huang, N.N. Sze, et al. Diagnostic analysis of the effects of weather condition on pedestrian crash severity *Accident Analysis & Prevention*, 122 (2019), pp. 318–324.

© Максумов Александр Алишерович ( dr.maksumov@gmail.com ),

Исхаков Олимджан Садыкович, Мещеряков Семен Владимирович .

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ЭТИОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ГЕРПЕСВИРУСНЫХ ИНФЕКЦИЙ У ДЕТЕЙ В КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

## ETIOLOGICAL STRUCTURE OF HERPES VIRUS INFECTIONS IN CHILDREN IN THE KABARDINO-BALKARIAN REPUBLIC

**Zh. Pazova  
E. Pshukova  
D. Arkhestova  
A. Pazova**

*Summary.* Herpesvirus infections are an actual problem of pediatrics and pediatric infectology. The purpose of this article is to study the etiological structure of herpesvirus infections in children hospitalized at the Center for the Prevention and Control of AIDS and Infectious Diseases, Nalchik. The study analyzed the etiological structure of herpes infections in hospitalized children according to case histories for the period from January to June 2022. 1067 case histories of two infectious departments were studied. On the basis of the results obtained, conclusions were formulated that allow one to form an idea of the etiological structure of herpesvirus infections in children of the Kabardino-Balkarian Republic.

*Keywords:* herpesvirus infections, etiological structure, child population, Kabardino-Balkarian Republic, children's infectology.

**Пазова Жанна Юрьевна**

К.м.н

Кабардино-Балкарский государственный  
университет

Им. Х.М. Бербекова

Врач

Центр по профилактике и борьбе со СПИДом  
и инфекционными заболеваниями

г. Нальчик

razov2@yandex.ru

**Пшукова Елена Мухадиновна**

К.м.н

Кабардино-Балкарский государственный  
университет

Им. Х.М. Бербекова

г. Нальчик

pshukova71@mail.ru

**Архестова Диана Руслановна**

К.м.н

Кабардино-Балкарский государственный  
университет

Им. Х.М. Бербекова

г. Нальчик

diana\_z.a@mail.ru

**Пазова Алина Григорьевна**

Первый Московский государственный медицинский  
университет

Имени И.М. Сеченова

г. Москва

pazova.a1973@yandex.ru

*Аннотация.* Герпесвирусные инфекции — актуальная проблема педиатрии и детской инфектологии. Целью данной статьи является изучение этиологической структуры герпесвирусных инфекций у детей, госпитализированных в ГБУЗ «Центр по профилактике и борьбе со СПИДом и Инфекционными заболеваниями» г. Нальчика. В ходе исследования проанализирована этиологическая структура герпетических инфекций у госпитализированных детей на основании данных историй болезни за период с января по июнь 2022 года. Исследованы 1067 историй болезни двух инфекционных отделений. На основании полученных результатов были сформулированы выводы, позволяющие сформировать представление об этиологической структуре герпесвирусных инфекций у детей Кабардино-Балкарской Республики.

*Ключевые слова:* герпесвирусные инфекции, этиологическая структура, детское население, Кабардино-Балкарская Республика, детская инфектология.

**В** настоящее время герпесвирусные инфекции являются одной из наиболее актуальных проблем современной педиатрии и детской инфектологии. По состоянию на 2016 г. (последний год, когда были составлены экспертные оценки ВОЗ), вирус простого герпеса-1 присутствовал у 3.7 миллиарда человек до 50 лет, что на тот момент составляло 66% мирового населения [1]. Результаты имеющихся исследований говорят о том, что, в преимущественном количестве случаев, заражение вирусом простого герпеса-1 происходит в детском возрасте [2, 3, 4].

В связи с этим, борьба с вирусами герпеса человека остается серьезной клинической проблемой. Заражение Herpesviridae приводит к пожизненной инфекции, которая может реактивироваться в любое время [5]. Герпесвирусы контролируются врожденной и адаптивной иммунными системами. После инфицирования адаптивный иммунный ответ, прежде всего CD8(+) Т-клеток, имеет решающее значение для установления и поддержания латентного периода. Латентные герпесвирусы характеризуются наличием вирусной ДНК в инфицированных клетках и ограниченной репликацией вируса или ее отсутствием [6,7]. Данные свойства герпесвирусных инфекций бросают вызов клиницистам и разработчикам противовирусных средств. Особенно важно изучать герпесвирусные инфекции в контексте детского возраста.

Масштабное исследование, проведенное учеными США, выявило, что у младенцев и детей младшего возраста вирус простого герпеса-6 является основной причиной обращений в отделение неотложной помощи, при этом у детей часто наблюдаются фебрильные судороги. Была также выявлена вероятность перинатальной передачи с возможной бессимптомной, транзиторной или персистирующей неонатальной инфекцией [8].

Систематизированный литературный обзор и контент-анализ показали, что у пациентов детского возраста чаще всего встречаются следующие виды вирусов: цитомегаловирус, вирус Эпштейна-Барра, вирус простого герпеса-1, вирус простого герпеса-2, вирус герпеса человека-6. При этом «инфицирование происходит в большинстве случаев в первые 2–3 года жизни детей воздушно-капельным и контактно-бытовым путем, а также внутриутробно от больной матери» [9, 10, 11].

Герпесвирусная инфекция, приобретенная внутриутробно, может стать причиной самопроизвольных выкидышей, пороков внутриутробного развития, особенно патологий головного мозга, перинатальных летальных исходов. Герпесвирусные инфекции характеризуются персистенцией в организме человека

в течение длительного времени, так как они «обходят» иммунный ответ организма, что ведет к развитию вторичного иммунодефицита, сокращению интерферона-альфа и интерферона-гамма. В результате это создает благоприятные условия для активации вируса и интеграции вирусной ДНК в клеточный геном [12, 13].

Таким образом, значимость герпесвирусных инфекций также определяется высокой распространенностью среди взрослого и детского населения, патогенным влиянием на плод с формированием тяжелых пороков развития, индукцией аутоиммунной, онкологической, соматической патологии (патологии нервной системы, желудочно-кишечного, респираторного трактов), формированием вторичного иммунодефицитного состояния у детей, неблагоприятными последствиями для здоровья ребенка. Перечисленное выше обуславливает актуальность изучения герпесвирусных инфекций, составления их этиологической структуры, что создаст фундамент для дальнейшего совершенствования диагностики и лечения.

## Цель

Цель данного исследования заключается в изучении этиологической структуры герпесвирусных инфекций у детей, госпитализированных в ГБУЗ «Центр по профилактике и борьбе со СПИДом и Инфекционными заболеваниями» г. Нальчика.

## Материалы и методы исследования

Авторами исследования проанализирована этиологическая структура герпетических инфекций у детей, госпитализированных в ГБУЗ «Центр по профилактике и борьбе со СПИДом и Инфекционными заболеваниями» г. Нальчика, на основании данных историй болезни за период с января по июнь 2022 года.

Исследованы 1067 историй болезни пациентов двух инфекционных отделений ГБУЗ «Центр по профилактике и борьбе со СПИДом и Инфекционными заболеваниями» г. Нальчика. У 143 пациентов (13,4%) диагностирована и этиологически расшифрована герпесвирусная инфекция. Диагноз устанавливался с учетом анамнестических, клинических и лабораторных данных. Лабораторная идентификация возбудителей проводилась посредством выявления специфических антител класса М и G с определением индекса авидности последних методом ИФА, а также посредством молекулярно-биологического исследования методом ПЦР (качественная) с целью определения вирусной ДНК в крови, моче, слюне, ликворе. Клинический диагноз устанавливался согласно общепринятой классификации для Цитомегаловирусной инфекции (ЦМВИ)

и инфекций, вызванной вирусами простого герпеса 1, 2 типов (ВПГ- 1, 2), ВГ-6 типа, классификации Эпштейн-Барр вирусной инфекции (ЭБВИ), предложенной Симоньян и соавт. с обязательным выделением периода возникновения (врожденная или приобретенная согласно МКБ-10).

### Результаты работы и их обсуждение

Инфекции, вызванные семейством герпесвирусов, отмечались у 143 детей (13,4%). Анализ этиологической структуры выявил преобладание цитомегаловирусной инфекции (ЦМВИ) у 81 ребенка (56,7%). Детей с Эпштейн-Барр (ЭБВ) вирусной инфекцией было значительно меньше — 22 ребенка (15,4%). С инфекцией, вызванной вирусами простого герпеса (ВПГ) 1, 2 типов выявлено 5 детей (3,4%), микст-инфекция (ЭБВИ и ЦМВИ) выявлена у 13 (9,1%).

Хроническая приобретенная ЦМВИ диагностирована у 25 детей (17,5%). Из них висцеральная форма, фаза репликации выявлена у 15 детей (60%), латентное течение без репликации вируса отмечалось у 10 детей (40%). Приобретенная ЭБВ-инфекция, хроническое течение выявлена у 21 ребенка (14,9%). При этом из них репликация вируса отмечалась у 9 детей (42,8%). Неактивная фаза хронической ЭБВ-инфекции — у 12 детей (57,2%). Инфекция, вызванная ВПГ 1,2 типов, протекала в виде реактивации хронического процесса, с репликативной активностью у всех 5 детей. Микст инфекция (ЦМВ и ЭБВ) имела хроническое течение, при этом репликация ЦМВ выявлена у всех 13 детей.

Диагноз острого инфекционного мононуклеоза установлен у 41 ребенка (28,6%). При этом у 5 детей (12,1%) из их числа возбудителем заболевания оказался ЦМВ (острая ЦМВ-инфекция), у 13 детей (31, 8%) — ЭБВ, у 23 детей (56,1%) этиология не была установлена. У 19 детей (46,3%) острый инфекционный мононуклеоз протекал на фоне хронической, латентно протекающей ЦМВИ. Из заболевших острым инфекционным мононуклеозом 6 детей (14,6%) имели высокоavidные антитела класса G к ВГ-6 типа (индекс avidности 75% и выше).

Анализируя возрастную структуру постнатально приобретенных герпесвирусных инфекций, необходимо отметить, что они были выявлены у 79 пациентов (55,3%). Преобладающей возрастной группой здесь были дети от 1 года до 5 лет — 65 детей (82,2%), детей до 1 года было 10 (12,6%), старше 5 лет — 4 ребенка (5,2%). Из них вторичное иммунодефицитное состояние выявлено у 43 детей (54,4%). При бактериологическом исследовании мазков из ротоглотки условно-патогенная флора (*Candida albicans*, *Staphylococcus aureus*,

*Streptococcus pyogenes*) выявлена у 32 детей (40,5%). При этом грибы рода *Candida* были обнаружены у 24 детей (75%).

Врожденную инфекционную патологию имели 64 ребенка (44,7%). Из них у 56 детей (87,5%) диагностирована ЦМВИ. Из них активная ЦМВИ, с репликацией вируса отмечалась у 36 детей (64%) и протекала в виде висцеральной формы у 27 детей, генерализованной формы — у 3 детей, с преимущественным поражением ЦНС — у 6 детей. У 20 детей (36%) врожденная латентно протекающая ЦМВИ утяжеляла течение основного заболевания.

Врожденная ЭБВ-инфекция верифицирована только у 1 (0,7%) ребенка. Врожденная микст-инфекция (ЦМВ и ЭБВ) выявлялась чаще — у 7 детей (4,9%), протекая в висцеральной форме с репликативной активностью обоих вирусов.

Исследуя анамнез и состояние здоровья детей с врожденными инфекциями, было выявлено, что из них 10 детей (15,6%) родились недоношенными, 35 детей (54,6%) родились от матерей с отягощенным акушерско-гинекологическим анамнезом, 42 детей (65,9%) родились в результате патологически протекавшей беременности. Проблемы со здоровьем в раннем неонатальном периоде имели 16 (25%) детей, пороки развития внутренних органов выявлены у 11 детей (17,2%), судороги в неонатальном периоде у 14 детей (21,8%), задержка физического развития выявлена у 35 детей (54,7%), иммунодефицитное состояние у 17 детей (26,5%).

В возрасте до 6 месяцев было госпитализировано 36 детей (56,3%), инфицированных внутриутробно; от 6 месяцев до 1 года — 22 детей (34,3%); старше года — 6 детей (9,4%). У 20 детей (31,3%) диагноз врожденной инфекции был установлен впервые только во время обследования и лечения в стационаре. 22 ребенка (34,4%) имели направительный диагноз острый энтероколит либо ОРВИ с кишечным синдромом. У 9 детей (14%) имела место недооценка анамнестических и клинико-лабораторных данных на разных этапах помощи в стационаре. Необходимо отметить и тот факт, что 34 ребенка (82,9%) с синдромом инфекционного мононуклеоза имели направительный диагноз ОРВИ и ангина.

### Выводы

На основании выполненного систематизированного литературного анализа, контент-анализа, ретроспективного статистического исследования и анализа 1067 историй болезни пациентов двух инфекционных отделений ГБУЗ «Центр по профилактике и борьбе со СПИ-

Дом и Инфекционными заболеваниями» г. Нальчика были сформулированы следующие результаты:

- ◆ Цитомегаловирусная инфекция является наиболее частым возбудителем врожденной герпесвирусной инфекции, находясь на первом месте по этиологической значимости (87,5%).
- ◆ Эпштейн-Барр вирус является наиболее значимым этиологическим фактором постнатально приобретенных герпесвирусных заболеваний в возрастной группе от 1 года до 5 лет (46,7%).

- ◆ У 75% детей с заболеваниями, вызванными герпесвирусами, в мазках из ротоглотки определялась *Candida albicans*.
- ◆ Дети с верификацией врожденной герпетической инфекции на этапе стационара до поступления, то есть на догоспитальном этапе, не были обследованы на герпесвирусные инфекции.
- ◆ 82,9% детей с инфекционным мононуклеозом имели направительный диагноз ангина или острая респираторно-вирусная инфекция.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Официальный сайт Всемирной организации здравоохранения. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/herpes-simplex-virus> (дата обращения: 10.08.2022).
2. Григорьев К.И., Борзакова С.Н. Герпесвирусная инфекция у детей // Медицинская сестра. 2016. № 7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/herpesvirusnaya-infektsiya-u-detey> (дата обращения: 15.08.2022).
3. Бокова Т.А. Герпесвирусные инфекции у детей: современные возможности терапии. Лечащий врач. 2015; 6: 37–39.
4. Боковой А.Г., Ковалев И.В., Маккавеева Л.Ф. и др. Возможности современной диагностики герпесвирусных инфекций у детей. Детские инфекции. 2013; 2: 8–11.
5. Evans CM, Kudesia G, McKendrick M. Management of herpesvirus infections. Int J Antimicrob Agents. 2013;42(2):119–28.
6. Abb J. Prophylaxe und Therapie von Herpesinfektionen [Prevention and therapy of herpesvirus infections]. Zentralbl Bakteriол Mikrobiol Hyg B. 1985;180(2–3):107–120.
7. Cockerell CJ. Herpesvirus infections. J Int Assoc Physicians AIDS Care. 1995;1(3):12–16.
8. Hall CB, Long CE, Schnabel KC, Caserta MT, McIntyre KM, Costanzo MA, Knott A, Dewhurst S, Insel RA, Epstein LG. Human herpesvirus-6 infection in children. A prospective study of complications and reactivation. N Engl J Med. 1994;18;331(7):432–438.
9. Савенкова М.С., Вашура Л.В., Абдулаев А.К., Анджель А.Е., Балакирева Г.М., Румянцева И.Г., Кузнецова Е.С. Значение герпесвирусных инфекций у детей // Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского. 2016. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/znachenie-herpesvirusnyh-infektsiy-u-detey> (дата обращения: 05.09.2022).
10. Абдулаев А.К. Клинико-функциональное значение герпесвирусного инфицирования у детей с рецидивирующими заболеваниями респираторного тракта: Автореф. дисс. . . канд. мед. наук. М., 2011: 29.
11. Кускова Т.К., Белова Е.Г. Семейство герпесвирусов на современном этапе. Лечащий врач. 2004; 5: 611.
12. Камбачокова З.А., Хамурзова М.А., Арамисова Р.М., Тиммеева Л.М., Шогенова Ж.Л., Шокуева А.Г., Кипкеева Т.Б., Дадаев М.Х. Иммунопатогенетические нарушения у больных герпесвирусными инфекциями // Антибиотики и химиотерапия. 2020. № 9–10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/immunopatogeneticheskie-narusheniya-u-bolnyh-herpesvirusnymi-infektsiyami> (дата обращения: 04.10.2022).
13. Ершов Ф.И. Антивирусные препараты: Справочник. 2-е изд. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2006: 311.

© Пазова Жанна Юрьевна ( pazov2@yandex.ru ), Пшукова Елена Мухадиновна ( pshukova71@mail.ru ),  
Архестова Диана Руслановна ( diana\_z.a@mail.ru ), Пазова Алина Григорьевна ( pazova.a1973@yandex.ru ).  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



DOI 10.37882/2223-2966.2022.10-2.20

# КОМБИНИРОВАННЫЙ БИОХИМИЧЕСКИЙ СКРИНИНГ ПЕРВОГО ТРИМЕСТРА БЕРЕМЕННОСТИ, КАК ВОЗМОЖНЫЙ ПРЕДИКТОР АНТЕНАТАЛЬНОЙ ГИБЕЛИ ПЛОДА.

## COMBINED BIOCHEMICAL SCREENING OF THE FIRST TRIMESTER OF PREGNANCY AS A POSSIBLE PREDICTOR OF ANTENATAL FETAL DEATH

*E. Palyutina  
I. Kozlovskaya  
S. Tikhomirova  
E. Sotina*

*Summary.* Despite significant progress in decrease of infant mortality, the rate of antenatal fetal death remains constant and low controllable. Due to the stillbirth multifactoriality it is relevant to perform an in-depth analysis of gestation course cases and acts of delivery to identify possible predictors of antenatal fetal death aiming at the development of preventive activities. The article reviews the analysis of possible connection of combined biochemical first trimester screening of pregnant patients having antenatal fetal death with a normal karyotype.

*Keywords:* antenatal fetal death, first trimester ultrasound and biochemical screening.

*Палютина Елена Юрьевна*

К.м.н

Ярославский государственный медицинский университет  
peyu260562@mail.ru

*Козловская Ирина Александровна*

К.м.н

Областной перинатальный центр  
kia801980@mail.ru

*Тихомирова Светлана Владиславовна*

К.б.н

Ярославский государственный медицинский университет;

Цитогенетик ГБУЗ Ярославской области  
«Областной перинатальный центр»  
svetlana-yar-2010@yandex.ru

*Сотина Елена Михайловна*

Врач патологоанатом высшей квалификационной категории

ГБУЗ Ярославской области «Областной перинатальный центр»  
sota.len@yandex.ru

*Аннотация.* Несмотря на значительный прогресс по снижению младенческой смертности коэффициент антенатальной гибели плода остается стабильным и мало управляемым. В связи с мультифакторностью мертворождения, актуальным является углубленный анализ случаев течения беременности и родов для выявления возможных предикторов антенатальной гибели плода с целью разработки профилактических мероприятий. В статье рассматривается анализ возможной связи результатов комбинированного биохимического скрининга I триместра беременности в группе пациенток с антенатальной гибелью плода с нормальным кариотипом.

*Ключевые слова:* антенатальная гибель плода, биохимический и ультразвуковой скрининг первого триместра беременности.

**Н**есмотря на значительный прогресс по снижению коэффициента младенческой смертности с 11,0 в 2005 году до 4,5 к 2020 году, коэффициент антенатальной гибели плода остается стабильным и мало управляемым. В литературе ежегодно публикуется множество работ, где обсуждаются возможные факторы риска гибели плода во время беременности. Еще в 2014 году Коротова С.В. с соавторами рекомендовала разработать математическую модель прогнозирования

данного осложнения в каждом триместре беременности для дальнейшего формирования групп повышенного риска и более тщательного динамического наблюдения за состоянием плода [6]. Результатом исследований американских и британских коллег 2017 года было создание «калькулятора МР (мертворождения), который продемонстрировал свою клиническую эффективность и простоту использования. Но, главный недостаток этого калькулятора — отсутствие критериев отбора значи-

мых факторов риска, которые могут быть применены к иной популяции с целью коррекции модели. Каждый случай антенатальной гибели плода подлежит клиническому разбору. На рецензию, как правило предоставляют обменную карту беременной, историю родов и протоколов посмертного патологоанатомического исследования плода и гистологического исследования последа. Перед рецензентом стоит вопрос — кто виноват? — врач или пациент. Большинство авторов сходятся во мнении, что прежде всего это патология плаценты и пуповины, внутриутробная задержка роста плода, внутриутробная инфекция, экстрагенитальная патология, осложнения, возникшие во время беременности и т.д. А, что является первостепенным, а что следствием? Волков В.Г. и Кастор М.В. в своей статье за 2020 год приводит сравнительную характеристику классификаций мертворождения по Международной классификации болезней X пересмотра (МКБ-10) и лучшей из имевшихся на сегодня системы классификации — Causes of Death and Associated Conditions (CODAC) [2]. Особо следует подчеркнуть, что в CODAC кодируются только причины и сопутствующие состояния мертворождения (МР), но не ее механизмы. Так, авторы системы CODAC справедливо отмечают, что никакая система классификации МР сама по себе не компенсирует недостаток данных и ошибки выбора: в качестве причин могут быть выбраны наиболее легко наблюдаемые состояния, которые на самом деле могут быть вовсе не связаны с мертворождением [9]. Туманова У.Н. и Щеголев А.И. в своей статье за 2017 год предлагает расширить объем морфологического исследования последа, включающий не только макроскопические и гистологические, но и иммуногистохимические и молекулярно-генетические тесты [7]. Но, не стоит забывать, что возможности федеральных научно-исследовательских центров и региональных учреждений разные. Какое исследование должны проходить все беременные в первом триместре беременности? Это комплексное скрининговое исследование первого триместра беременности, включающее биохимическое исследование крови в медико-генетической лаборатории и ультразвуковое исследование, цель которого выявление возможной хромосомной, генетической патологии и пороков развития плода. Важным аспектом биохимического скрининга является то, что отклонения маркерных белков могут служить прогностическим признаком неблагоприятного течения беременности [4].

### Цель исследования

Проанализировать возможную связь уровня сывороточных маркеров комплексного скринингового исследования в первом триместре беременности с антенатальной гибелью плода у пациенток с нормальным кариотипом плода.

### Материалы и методы

Для достижения поставленной цели был проведен ретроспективный анализ 91 обменных карт с результатами биохимического и ультразвукового исследований, проведенных специалистами медико-генетической лаборатории совместно со специалистами ультразвуковой диагностики Областного перинатального центра города Ярославля за 2017–2020 годы и анализ историй родов и протоколов посмертного патологоанатомического исследования плодов и гистологического исследования последов. Группу сравнения составили 122 пациентки, родившие живых детей в срок с оценкой по шкале Апгар 8–9 баллов.

Оценка проводилась по критериям, входящим в программу «Astraia». Алгоритм пренатального скрининга ASTRAIA состоит из ультразвукового исследования беременной женщины строго на сроках 11–13,6 недель, трансабдоминальным или трансвагинальным путем и определения концентрации сывороточных маркеров аномалий развития плода биохимическим методом. В программу расчета индивидуального риска включаются возраст матери, этническая принадлежность, вес и рост пациентки на дату забора крови, паритет, курение, наличие сахарного диабета 1 и 2 типа, вариант зачатия, уровень PAPP-A белка, свободной  $\beta$ -субъединицы ХГЧ и данные, полученные при ультразвуковом исследовании: толщина воротникового пространства (ТВП), наличие носовой кости, копчиково-теменной размер (КТР), частота сердечных сокращений (ЧСС) плода и наличие ультразвуковых маркеров аномалий плода. К сожалению, до 2020 года при расчете рисков не учитывали пульсационный индекс в маточных артериях, полученный при доплерометрии. Снижение маточного кровотока повышает риски не только задержки внутриутробного роста плода, преэклампсии, но и риск антенатальной гибели плода.

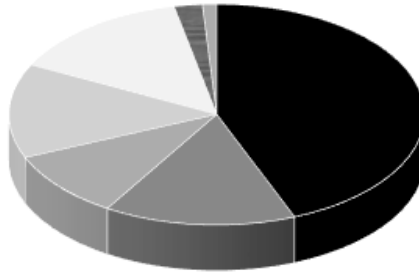
**Критерии исключения:** срок антенатальной гибели плода менее 22 недель, многоплодная беременность, наличие врожденных пороков развития плода и нарушений кариотипа по результатам комплексного ультразвукового и биохимического скрининга.

Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью программы SPSS22.

### Результаты исследования и обсуждение

При анализе полученных данных следует отметить, что наибольший процент 49,5% случаев антенатальной гибели произошел в сроке с 28 недель до 36 недель и 6 дней, т.е. на начало третьего триместра, что не проти-

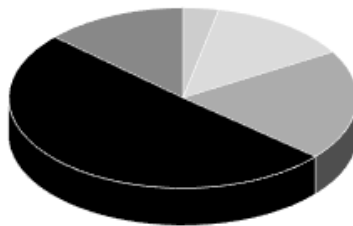
### ПРИЧИНЫ АНТЕНАТАЛЬНОЙ ГИБЕЛИ ПЛОДОВ



- причина неясна 43,9%
- внутриутробная задержка роста плода 14,9%
- внутриутробная инфекция 9,8%
- преждевременная отслойка нормально расположенной плаценты 13,8%
- патология пуповины 14,3%
- гемолитическая болезнь новорожденного 2,2%
- неимунная водянка 1,1%

Рис. 1. Причины антенатальной гибели плодов по результатам патоморфологических исследований

### ГИСТОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОСЛЕДОВ В ОСНОВНОЙ ГРУППЕ



- патология пуповины 3,3%
- без патологии 13,2%
- признаки воспаления 19,8%
- плацентарная недостаточность 50,5%
- сочетание признаков плацентарно недостаточности и воспаления 13,2%

Рис. 2. Результаты гистологического исследования последов в группе с антенатальной гибелью плода;

Таблица 1. Сравнительная характеристика основной группы и группы сравнения по паритету

Подгруппа по паритету	Кол-во AFD N=91	%	Кол-во NOR N=122	%	p<0,05
Первобеременные первородящие	22	24,1%	30	24,5%	0,945
Повторнобеременные первородящие	7	7,7%	12	9,8%	0,588
Повторнобеременные повторнородящие	62	68,1%	80	65,6%	0,696

воречит другим исследованиям [10], в 24,2% случаев это были глубоко недоношенные плоды, а на доношенный срок приходилось только 26,3% случаев.

Плоды мужского пола составили 52 случая (57,2%), плоды женского пола — 39(42,8%), достоверной разницы между группами не выявлено.

До настоящего времени причина антенатальной гибели плода устанавливается на основании посмертного патологоанатомического исследования плода и гистологического исследования последа. Адекватность оценки причин смерти зависит от многих причин: время нахождения мертвого плода в утробе матери, время от момента родоразрешения до начала исследований, где и как хранился материал для исследования?!

По результатам 91 посмертного патологоанатомического исследования плодов можно сделать выводы, что причины гипоксии плодов с последующей их гибелью (рисунок 1.) можно разделить на три большие группы — это прежде всего острая гипоксия в результате преждевременной отслойки нормально расположенной плаценты (ПОНРП) с кровотечением — 13,8% случаев, что привело к экстремному родоразрешению путем операции кесарево сечение и выпадение петель пуповины вне лечебного учреждения — 2 случая, родоразрешенных через естественные родовые пути. Вторая большая группа, это хроническая гипоксия в результате патологии со стороны пуповины в 14,3% случаев: прежде всего это тугое обвитие пуповиной, истинные узлы пуповины и сдавление пуповины опухолью и патологии плаценты, которая привела к внутриутробной задержке роста плода (ВЗРП) в 14,9% случаев. Третья большая группа — это выявленная внутриутробная инфекция (ВУИ) в 9,8% случаев.

Отдельно следует отметить, что в 43,9% случаев у плодов патологии не было выявлено в рамках ограниченных возможностей патоморфологии на свето-оптическом уровне (в данном случае необходимо проведение цитогенетических исследований — секвенирование и иммуногистохимических исследований).

При анализе 91 гистологического заключения последов мертворожденных плодов были получены дан-

ные представленные на рисунке 2, из которых следует, что в 50,5% случаев причиной поздних плодовых потерь явилась плацентарная недостаточность, признаками которой являлись гипоплазия плаценты, нарушение созревание плаценты (диссоциированное созревание ворсин), нарушение кровообращения в плаценте (межворсинчатые тромбы, фиброз ворсин, ишемические инфаркты, недостаточность плаценты с признаками материнской мальформации), что не противоречит данным, полученным другими авторами [2].

В 19,8% случаев были выявлены воспалительные изменения в плаценте такие как хориоамнионит, хорионит, плацентит, фуникулит. В последние годы было установлено, что нелеченая инфекция у беременной может стать причиной формирования плацентарной недостаточности [6]. До сих пор дискутируется вопрос: является ли патология плаценты причиной гибели плода или только способствует ее развитию [7]. В 13,2% случаев патологию плаценты установить существующими доступными методами не удалось, что требует проведения более углубленного исследования в том числе и молекулярно-генетического. Обобщая вышеполученные данные, можно сделать вывод, что в большинстве своем причиной антенатальной гибели плода является несостоятельность плаценты. Плацентарная недостаточность после 22 недель — это дефект закладки хориона или она всегда вторична? В связи с тем, что практически все маркеры, используемые при проведении биохимического скрининга, имеют плодное происхождение — продуцируются цитотрофобластом, количественное их изменение может свидетельствовать о нарушении процессов формирования и развития плаценты, а следовательно, служить ранним маркером возможного развития таких осложнений беременности, как ФПН [5, 4]. Учитывая эту гипотезу, мы провели анализ данных, необходимых при проведении комплексного ультразвукового и биохимического исследований и полученных в итоге результатов.

По возрасту пациентки обеих групп были идентичны между собой — 31,15±6,29 лет в основной группе и 30,42±4,84 лет в группе сравнения. Сексенова А.Б. и соавторы утверждали, что возраст и паритет не играют существенную роль в исходе беременности и в развитии антенатальной гибели плода [1]. При анализе

Таблица 2. Сравнительная характеристика основной группы и группы сравнения по возрасту

Подгруппа по возрасту	Кол-во AFD N=91	%	Кол-во NOR N=122	%	p<0,05	RR
17–19 лет	4	4,4%	1	0,008%	0,089	
20–24 года	7	7,7%	15	12,2%	0,275	
25–30 лет	36	39,5%	40	32,8%	0,309	
31–35 лет	23	25,2%	52	42,6%	0,009	0.622
36–40 лет	11	12,1%	12	9,8%	0,601	
41–45 лет	10	11%	3	2,4%	0,011	1.899



Рис. 3. Весо-ростовые показатели в группах сравнения

паритета в сравниваемых группах мы действительно не получили достоверных различий между группами (таблица 1).

При сравнительном анализе подгрупп по возрасту была найдена достоверная разница, представленная в таблице 2.

Если относительный риск (RR) меньше 1, то шанс антенатальной гибели плода достоверно снижается в подгруппе пациенток в возрасте 31–35 лет, а при RR больше 1 шанс повышается в подгруппе 41–45 лет. Erika Ota и соавторы [8] 2020 году опубликовали результаты 43 Кокрейновских обзоров по целесообразности тех или иных мероприятий во время беременности для предотвращения мертворождения. Были получены четкие доказательства пользы от сопровождения беременных женщин акушеркой как источника первичной медицинской помощи и явные доказательства

вреда — это сокращение числа посещений женской консультации, которое вероятно, приведет к увеличению перинатальной смертности. Полученные нами данные не противоречат этим утверждениям. Следует отметить, что в основной группе 5 пациенток из 91 не состояли на диспансерном учете по беременности, что достоверно ( $p=0,009$ ) отличает эту группу от группы сравнения, в которой все женщины наблюдались в женской консультации. Достоверная ( $p<0,0001$ ) разница между группами была выявлена и по количеству явок в женскую консультацию:  $9,84\pm 3,54$  явок в основной группе и  $12,7\pm 2,63$  явок в группе сравнения. При этом срок постановки на учет по беременности в обеих группах был идентичный:  $9,33\pm 3,53$  недели в основной группе и  $9,34\pm 2,83$  недели в группе сравнения.

Карелина О.Б. и соавторы [3] в своем исследовании выявили, что одними из факторов риска асфиксии новорожденных являются рост женщины менее 160 см

Таблица 3. Ультразвуковые данные, полученные при комплексном скрининговом исследовании первого триместра в группах сравнения

УЗИ показатели	AFD	NOR	p<0,05
Частота сердечных сокращений плода (ударов/минуту)	157,07±10,8 N=71	159,39±7,876 N=94	0,111
Толщина воротникового пространства плода (мм)	1,79±0,45 N=70	1,69±0,353 N=114	0,095
Копчико-теменной размер плода (мм)	64,48±8,93 N=71	62,76±8,646 N=116	0,193

Таблица 4. Уровни свободной бета-субъединицы ХГЧ в исследованных группах

Биохимические показатели	AFD N=69	NOR N=108	p<0,05
бета-субъединицы ХГЧ (МЕ/л)	34,45±19,5	50,88±29,6	0,00001
бета-субъединицы ХГЧ (МоМ)	1,05±0,55	1,47±0,88	0,0005

и наличие ожирения (особенно II и III степеней), которое могло стать фоном для развития преэклампсии и плацентарной недостаточности. При анализе весо-ростовых показателей были выявлены достоверные различия между группами: в основной группе пациентки были меньше ростом 163,13±5,48 см против 165,59±5,48 (p=0,0014), но больше весом 69,59±15,84 против 65,32±12,672 (p=0,034) (рисунок 3).

При более детальном анализе было выявлено, что достоверно (p=0,001) большее количество женщин 28(30,8%) имели ИМТ 30 и более в основной группе, а в группе сравнения только 13 (10,6%) пациенток.

Следует отметить, что УЗИ в первом триместре беременности не прошли 18 (20%) женщин из основной группы и 9 (7%) беременных из группы сравнения (p=0,008), RR=1.699. А обязательное полное комплексное скрининговое исследование с 11 недели до 13 недели и 6 дней беременности, включающее биохимическое исследование крови и ультразвуковое исследование прошли только 69 (76%) беременных основной группы и 108 (89%) пациенток группы сравнения (p=0,015) RR=0.638. Полученные результаты могут быть связаны с низкой информированностью беременных о важности данного исследования или ограниченной доступности метода, особенно для жительниц области.

Для расчета рисков хромосомных аномалий и сроков развития плода использовались данные из заключения УЗИ: срок беременности, копчико-теменной размер плода (КТР) и толщина воротникового пространства (ТВП). Группы были абсолютно идентичны по данным полученным при скрининговом ультразвуковом исследовании первого триместра в группах сравнения (таблица 3).

Отсутствие достоверных отличий между группами можно объяснить критериями исключения.

Маркеры, используемые при проведении биохимического скрининга в основном, продуцируются цитотрофобластом и их количественное изменение может свидетельствовать о нарушении процессов формирования и развития плаценты. При анализе уровней свободной бета-субъединицы ХГЧ и плазменного ассоциированного с беременностью белка PAPP-A в крови пациенток были получены следующие данные, представленные в таблице 4.

Несмотря на то, что полученные данные находятся в пределах референтных значений, тем не менее уровень свободной бета-субъединицы ХГЧ в группе с антенатальной гибелью плода достоверно ниже, чем в группе с благоприятным перинатальным исходом. Еще Макаров И.О. и соавторы [5] в 2011 году доказали, что уровень ХГЧ на ранних этапах развития плода может служить прогностическим критерием дальнейшего течения беременности. При более детальном исследовании уровней свободной бета-субъединицы ХГЧ была выявлена достоверная разница между группами сравнения, представленная в таблице 4.

Уровень свободной бета-субъединицы ХГЧ более 2 МоМ снижает риск антенатальной гибели плода — RR0,383 с ДИ 0,168–0,87.

При анализе уровня плазменного ассоциированного с беременностью белка PAPP-A (таблица 5.) в крови пациенток групп сравнения, полученные данные находились в пределах референтных значений и достоверной разницы между ними не было. Макаров И.О. и соавторы [5] указывают на то, что при хромосомных аномалиях концентрация PAPP-A в первом и начале

Таблица 5. Уровни свободной бета-субъединицы ХГЧ в группах сравнения

Биохимические показатели	AFD N=69	%	NOR N=108	%	p<0,05
бета-субъединицы ХГЧ менее 0,5 МоМ	7	0,1%	6	0,05%	0,254
бета-субъединицы ХГЧ от 0,5 до 2,0 МоМ	57	82,6%	77	71,3%	0,087
бета-субъединицы ХГЧ более 2 МоМ	5	7,2%	25	23,1%	0,006

Таблица 6. Уровни PAPP-A в исследованных группах

Биохимические показатели	AFD N=69	NOR N=108	p<0,05
PAPP-A (ME/л)	2,64±2,19	3,34±2,84	0,087
PAPP-A (МоМ)	0,98±0,57	1,08±0,58	0,266

Таблица 7. Уровни PAPP-A в группах сравнения

Биохимические показатели	AFD N=69	%	NOR N=108	%	p<0,05
PAPP-A менее 0,5 МоМ	11	15,9%	12	11,1%	0,352
PAPP-A от 0,5 до 2,0 МоМ	52	75,3%	88	81,4%	0,329
PAPP-A более 2,0 МоМ	6	8,6%	8	7,4%	0,757

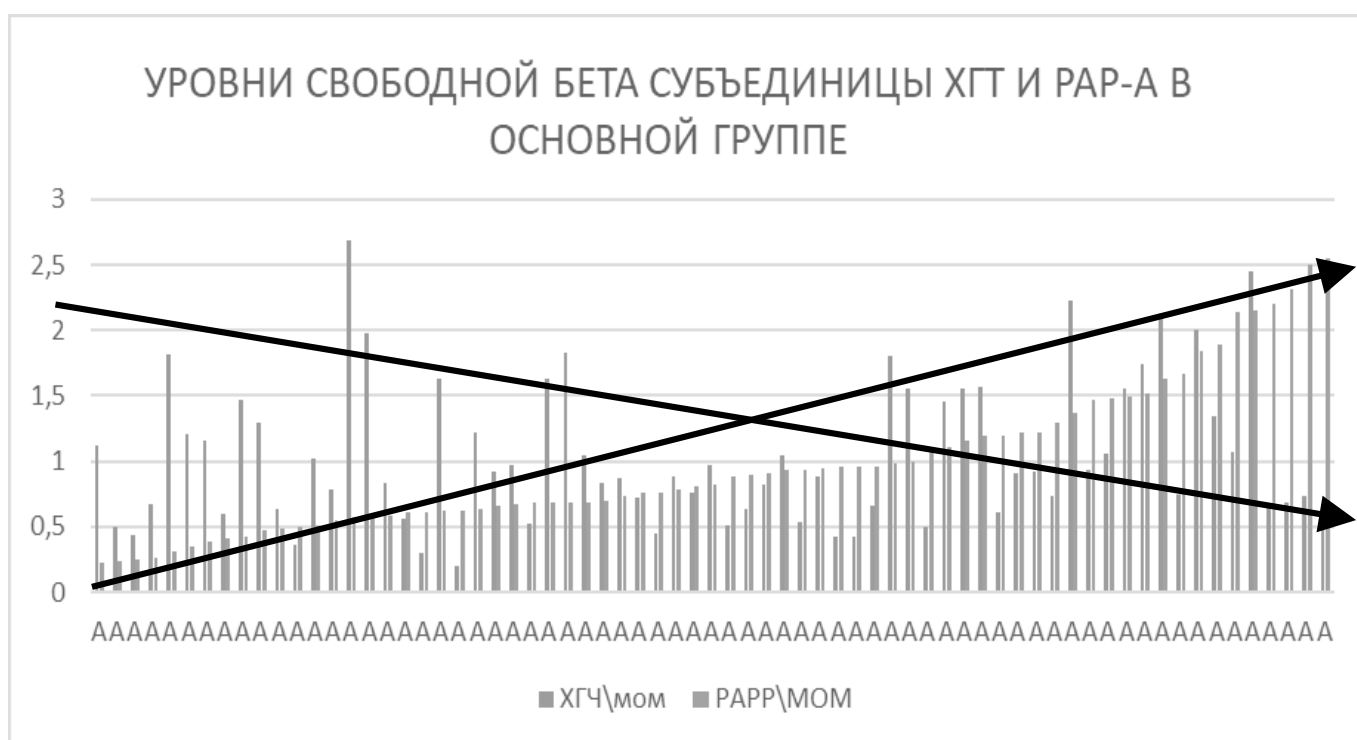


Рис. 4. Графическое соотношение уровня свободной бета-субъединицы ХГЧ к уровню плазменного ассоциированного с беременностью белка PAPP-A в группе с антенатальной гибелью плода.

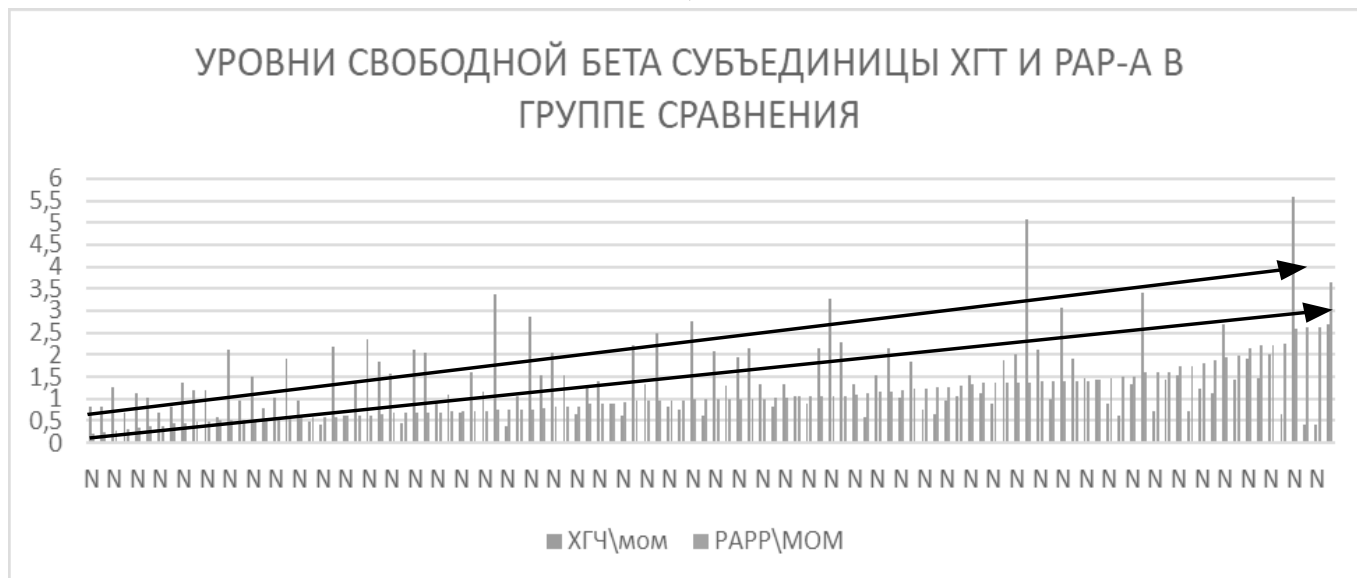


Рис. 5. Графическое соотношение уровня свободной бета-субъединицы ХГЧ к уровню плазменного ассоциированного с беременностью белка PAPP-A в группе сравнения.

второго триместра существенно снижается, причем наиболее выражено это снижение на 10–11 неделе беременности (около 0,5 МоМ). Но следует отметить, что из исследования были исключены пациентки с подозрением на хромосомную патологию.

Макаров И.О. и соавторы [5] отмечают, что низкий уровень PAPP-A в I триместре беременности может являться прогностическим маркером развития плацентарной недостаточности и задержки роста плода.

Не было выявлено достоверной разницы между группами и при детальном анализе уровней PAPP-A (таблица 6.)

Макаров И.О. и соавторы [5] исключают целесообразность изолированного определения лишь одного из описанных маркеров и обосновывают необходимость использования сочетанного теста (PAPP-A и  $\beta$ -ХГЧ) для дифференциальной диагностики физиологической и осложненной беременности. Было показано, что физиологическому течению беременности свойственны одинаково направленные изменения данных маркеров: низким концентрациям PAPP-A соответствуют низкие уровни  $\beta$ -ХГЧ, высокие уровни PAPP-A сопровождаются повышением содержания  $\beta$ -ХГЧ.

При графическом анализе биохимических маркеров основной группы вырисовываться «ножницы», т.е. разнонаправленные изменения PAPP-A и  $\beta$ -ХГЧ, что могло быть прогностическим признаком осложненное течение беременности.

А при графическом анализе биохимических маркеров в группе сравнения вырисовываются «параллели», т.е. одинаково направленные изменения PAPP-A и  $\beta$ -ХГЧ, что могло быть прогностическим признаком благоприятного течения беременности.

## Выводы

Таким образом, в результате проведенного исследования можно сделать выводы: что в основе снижения риска антенатальной гибели плода лежит своевременное информирование женщины о важности ранней постановки на учет по беременности и 100% доступность проведения комплексного ультразвукового и биохимического исследования в сроке 11–13 недель и 6 дней, вне зависимости от места проживания. При проведении ультразвукового скринингового исследования первого триместра следует не только в обязательном порядке определять кровотоки в маточных артериях, но и включать полученные пульсационные индексы в расчет рисков при проведении биохимического скрининга.

При выявлении разнонаправленных значений биохимических маркеров (даже в том случае, если показания укладываются в нормативные значения) формировать группы риска по возможным осложнениям течения беременности с последующим динамическим наблюдением и обязательным проведением ультразвукового исследования с доплерометрией с начала третьего триместра беременности.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Антенатальная гибель плода: возможные причины и анализ / А.Б. Сексенова, Ж.О. Бузумова, Ж.У. Базарбаева (и др.) // Вестник КазНМУ. — 2017. — № 3. — С. 11–13.
2. Волков В.Г. Современные взгляды на проблему классификации и определения причин мертворождения / В.Г. Волков, М.В. Кастор // Российский вестник акушера гинеколога. — 2020. — Т. 20, № 3. — С. 29–34.
3. Карелина О.Б. Факторы риска асфиксии новорожденных у женщин с ожирением / О.Б. Карелина, Н.В. Артымук // Фундаментальная и клиническая медицина. — 2016. — Т. 1, № 2. — С. 30–37.
4. Кащеева Т.К. Новые технологии и тенденции развития пренатальной диагностики / Т.К. Кащеева, Т.В. Кузнецова, В.С. Баранов // Журнал акушерства и женских болезней. — 2017. — Т. 66, № 2. — С. 33–39.
5. Прогнозирование неблагоприятных исходов беременности на основании биохимического скрининга 1 триместра / И.О. Макаров, Е.В. Юдина, Е.И. Боровкова (и др.) // Акушерство. Гинекология. Репродукция. — 2011. — Т. 5, № 1. — С. 18–21.
6. Современный взгляд на проблему антенатальной гибели плода / С.В. Коротова, И.Б. Фаткуллина, Л.С. Намжилова (и др.) // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). — 2014. № 7. — С. 5–10.
7. Туманова У.Н. Поражения плаценты в генезе мертворождения (обзор литературы) / У.Н. Туманова, А.И. Щеголев // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2017. № 3. — С. 77–81.
8. Antenatal interventions for preventing stillbirth, fetal loss and perinatal death: an overview of Cochrane systematic reviews / Erika Ota, Katharina da Silva Lopes, Philippa Middleton (and all) // Система базы данных Кокрейна, пересмотренная 18 декабря 2020 года. — 12. — P.12.
9. Causes of death and associated conditions (Codac) — a utilitarian approach to the classification of perinatal deaths. BMC Pregnancy Childbirth. / J. Frøen, H. Pinar, V. Flenady (and all). — 2009. — 9 (1). — P.22.
10. Stillbirth and intrauterine fetal death: role of routine histopathological placental findings to determine cause of death Ultrasound / J. Man, J.C. Hutchinson, A.E. Heazell (and all) // Obstet Gynecol. — 2016. — Nov. 48 (5). — P. 579–584.

---

© Палютина Елена Юрьевна (peyu260562@mail.ru), Козловская Ирина Александровна (kia801980@mail.ru),  
Тихомирова Светлана Владиславовна (svetlana-yar-2010@yandex.ru), Сотина Елена Михайловна (sota.len@yandex.ru).  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## НАШИ АВТОРЫ OUR AUTHORS

**Abashin I.** — Postgraduate student, Federal Scientific Center-All-Russian Research Institute of Experimental Veterinary Medicine named after K.I. Scriabin and Ya.R. Kovalenko of the Russian Academy of Sciences, Moscow  
abashin.il@yandex.ru

**Ahmed Talaat Tawfeeq Tharwat** — Belarusian National Technical Univesity  
ahmedtharwat6773@gmail.com

**Andrianov A.** — ООО «Progress TIM»

**Arkhestova D.** — Candidate of Medical Sciences, Kabardino-Balkarian State University them. Kh.M. Berbekova, Nalchik  
diana\_z.a@mail.ru

**Arvanova S.** — Senior Lecturer, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, Nalchik  
sani\_07@mail.ru

**Avduevskaya N.** — Applicant, Vologda branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Center of VIEV RAS, Vologda  
natali.avduevskaya@mail.ru

**Bataeva Yu.V.**,—Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Astrakhan State University named after V.N. Tatishchev

**Bataeva Yu.** — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Astrakhan State University named after V.N. Tatishchev

**Belov D.** — Dentist-surgeon, state budgetary institution of the Ryazan region «Spasskaya RB», Spassk-Ryazansky city  
slimyys@yandex.ru

**Bratilova D.** — Undergraduate, Astrakhan State University named after V.N. Tatishchev

**Bratilova D.** — Undergraduate, Astrakhan State University named after V.N. Tatishchev  
aveatab@mail.ru

**Brovkin A.** — Postgraduate student, RGAU-MSHA named after K.A. Timiryazev  
cool1602@yandex.ru

**Chicherina E.** — MD, Professor, Kirov State Medical University

**Chigina N.** — Candidate of Pedagogical Sciences, Samara State Agrarian University  
Chigina\_nelli@mail.ru

**Chochieva A.** — Assistant, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, Nalchik  
aska\_89-07@mail.ru

**Davudova E.** — Dagestan State University  
dezella@mail.ru

**Egorova T.** — Kuban State Medical University  
taianaegorova@icloud.com

**Eremin D.** — Candidate of Medical Sciences, Pirogov Russian National Research Medical University  
d\_eremin@bk.ru

**Ezaova A.** — Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, Nalchik  
alena\_ezaova@mail.ru

**Georgieva M.** — Senior Lecturer, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, Nalchik  
maryana.g@list.ru

**Gorbatov A.** — Cand. veterinarian. sci., Federal Scientific Center-All-Russian Research Institute of Experimental Veterinary Medicine named after K.I. Scriabin and Ya.R. Kovalenko of the Russian Academy of Sciences, Moscow  
incidentor@yandex.ru

**Grigoryan L.** — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Astrakhan State University named after V.N. Tatishchev

**Grigoryan L.** — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Astrakhan State University named after V.N. Tatishchev  
lilyagrigoryan90@gmail.com

**Gromov A.** — Kursk State Medical University  
alexandr2011@yandex.ru

**Helminskaya N.** — Doctor of Medical Sciences, Pirogov  
Russian National Research Medical University  
khelmiinskaya@mail.ru

**Isachenko V.** — Doctor of Medical Sciences, Associate  
Professor, Saint Petersburg Research Institute of Ear, Throat,  
Nose and Speech Ministry of Healthcare of Russia, Saint-  
Petersburg  
v.isachenko@niilor.ru

**Iskhakov O.** — MD, Chief Researcher, Neurosurgeon,  
Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and  
Traumatology, DZM

**Kagramanova S.** — Postgraduate student, Kirov State  
Medical University  
kagramanovasabina@gmail.com

**Kalinichenko E.** — Candidate of Sociological Sciences,  
Saratov State University of Genetics, Biotechnology and  
Engineering  
kalinichenkoau@mail.ru

**Kamuz V.** — Samara State Agrarian University  
Kamuz-vv@yandex.ru

**Korolev P.** — Master, Academy of the State Fire Service of  
the Ministry of Emergencies of Russia, Moscow  
pavelpavel2415@mail.ru

**Kozlovskaya I.** — Candidate of Medical Sciences, Yaroslavl  
Region "Regional Perinatal Center"  
kia801980@mail.ru

**Kozyreva N.** — Cand. biol. sci., Federal Scientific Center-  
All-Russian Research Institute of Experimental Veterinary  
Medicine named after K.I. Scriabin and Ya.R. Kovalenko of  
the Russian Academy of Sciences, Moscow  
nk07-73@rambler.ru

**Kravets V.** — Candidate of Medical Sciences, Pirogov  
Russian National Research Medical University  
vi\_kravets@mail.ru

**Krestyanova E.** — Samara State Agrarian University  
Krest1970@mail.ru

**Kuznetsov P.** — Graduate student, Moscow Technical  
University of Communications and Informatics, Moscow  
peter.kuznetsov@gmail.com

**Lagutina N.** — Associate Professor, RGAU-MSHA named  
after K.A. Timiryazev  
lagnv@rambler.ru

**Latypov B.** — Ufa State Petroleum Technological  
University  
Linksmtv@gmail.com

**Losanov K.** — Senior Lecturer, Kabardino-Balkarian State  
University named after H.M. Berbekov, Nalchik  
losanovh@mail.ru

**Lunev M.** — Associate professor, Kursk State Medical  
University  
misha-dok@yandex.ru

**Makarina D.** — Graduate student, Moscow Technical  
University of Communications and Informatics, Moscow  
makarina.diana1995@yandex.ru

**Maksumov A.** — Researcher, neurosurgeon, Research  
Institute of Emergency Pediatric Surgery and Traumatology,  
DZM  
adr.maksumov@gmail.com

**Maltseva O.** — Senior Lecturer, Samara State Agrarian  
University  
Nechaeva-og@mail.ru

**Mamleyeva A.** — ООО «Progress TIM»  
andrianov66@gmail.com

**Martynov D.** — Associate Professor, RGAU-MSHA named  
after K.A. Timiryazev  
dmrwmc@rgau-msha.ru

**Medvedev Yu.** — Ryazan State Medical University  
slimyys@yandex.ru

**Medzhidov Z.** — Candidate of Economics, Dagestan State  
University of National Economy  
zaur-medzhidov@mail.ru

**Meshcheryakov S.** — Candidate of Medical Sciences, Researcher, Neurosurgeon, State Budgetary Institution of Health Research Institute «Emergency Pediatric Surgery and Traumatology» DZM

**Mouraov A.** — Candidate of technical Sciences, North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University)  
mag-skgmi@yandex.ru

**Mukhetdinov A.** — Ufa State Petroleum Technological University  
amir.muhetdinov@yandex.ru

**Novichenko A.** — Associate Professor, RGAU-MSHA named after K.A. Timiryazev  
novichenko@rgau-msha.ru

**Ognetov S.** — Candidate of Medical Sciences, Izhevsk State Medical Academy, Izhevsk  
ognetovlor@rambler.ru

**Pakhomova E.S.** — assistant, Pirogov Russian National Research Medical University  
pakhomova1980@bk.ru

**Palyutina E.** — Candidate of Medical Sciences, Yaroslavl State Medical University  
peyu260562@mail.ru

**Pazova A.** — First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov, Moscow  
pshukova71@mail.ru

**Pazova Zh.Y.** — Candidate of Medical Sciences, Kabardino-Balkarian State University them. Kh.M. Berbekova, doctor, Center for Prevention and Control of AIDS and Infectious Diseases, Nalchik  
pazov2@yandex.ru

**Petrash D.** — Associate professor, Kursk State Medical University  
petrash.denis2017@yandex.ru

**Popov O.** — Professor, Candidate of Technical Sciences, Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow  
olegp45@yandex.ru

**Posadskaya A.** — Candidate of Medical Sciences, Pirogov Russian National Research Medical University  
shush79@mail.ru

**Potekhin S.** — Postgraduate student, Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation, Moscow  
spotekhin-20@edu.ranepa.ru

**Pshukova E.** — Candidate of Medical Sciences, Kabardino-Balkarian State University them. Kh.M. Berbekova, Nalchik  
pshukova71@mail.ru

**Romashkova O.** — Doctor of Engineering, Professor, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow  
ox-rom@yandex.ru

**Rozaov I.** — Bauman Moscow State Technical University

**Rusakov A.** — Laboratory assistant, Astrakhan State University named after V.N. Tatishchev

**Rusakov A.** — Laboratory assistant, Astrakhan State University named after V.N. Tatishchev

**Salamova M.** — Postgraduate student, North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University)  
salamova\_m\_t@mail.ru

**Shakhovskaya K.** — Master's degree, RGAU-MSHA named after K.A. Timiryazev  
sh.kira2014@yandex.ru

**Shlyakhov V.** — Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Astrakhan State University named after V.N. Tatishchev

**Shlyakhov V.** — Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Astrakhan State University named after V.N. Tatishchev  
shliakhov.v@yandex.ru

**Sotina E.** — Pathologist of the highest qualification category, State Budgetary Institution of Healthcare of the Yaroslavl Region "Regional Perinatal Center"  
sota.len@yandex.ru

**Sotnikov A.** — Bauman Moscow State Technical University  
sotnikov@bmstu.ru

**Sudarikova E.** — Leading Researcher of the Plekhanov Russian University of Economics  
sudarikova.ev@rea.ru

**Svyatyy V.** — ООО «Progress TIM»

**Syreskina S.** — Candidate of Pedagogical Sciences, Samara State Agrarian University  
syreskinasv@mail.ru

**Taran V.** — Candidate of cultural, All-Russian Institute of scientific and technical information RAS  
allscience@lenta.ru

**Tatiana V.** — Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow  
krba2012@yandex.ru

**Tikhomirova S.** — Candidate of Biological Sciences, Yaroslavl State Medical University; Cytogeneticist of the State Budgetary Healthcare Institution of the Yaroslavl Region "Regional Perinatal Center"  
svetlana-yar-2010@yandex.ru

**Tlepsheva D.** — Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, Nalchik  
tliepshieva@list.ru

**Voronin V.** — Post-graduate student, Moscow City University, Moscow  
mgvoron@gmail.com

**Voronov A.** — Kuban State Medical University  
voloonter.rf@mail.ru

**Yazikova K.** — Assistant, Kursk State Medical University  
gromov.alexandr2011@yandex.ru

**Yevgrafov A.** — Associate Professor, RGAU-MSHA named after K.A. Timiryazev  
evgrafov-aleksey@mail.ru

**Ziyazetdinov T.** — Ufa State Petroleum Technological University  
ziyazetdinov.timur@gmail.com

## 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](mailto:redaktor@nauteh.ru) ).