

НОВАЯ НАУКА

Международный центр
научного партнерства



NEW SCIENCE

International Center
for Scientific Partnership

RESEARCH AND DEVELOPMENT - 2025

Сборник статей III Международной
научно-практической конференции,
состоявшейся 9 октября 2025 г.
в г. Петрозаводске

г. Петрозаводск
Российская Федерация
МЦНП «НОВАЯ НАУКА»
2025

УДК 001.12
ББК 70
Р43

Ответственные редакторы:
Ивановская И.И., Кузьмина Л.А.

Р43 Research and development - 2025 : сборник статей III Международной научно-практической конференции (9 октября 2025 г.). — Петрозаводск : МЦНП «НОВАЯ НАУКА», 2025. — 187 с. : ил., табл.

ISBN 978-5-00215-887-4

Настоящий сборник составлен по материалам III Международной научно-практической конференции RESEARCH AND DEVELOPMENT - 2025, состоявшейся 9 октября 2025 года в г. Петрозаводске (Россия). В сборнике рассматривается круг актуальных вопросов, стоящих перед современными исследователями. Целями проведения конференции являлись обсуждение практических вопросов современной науки, развитие методов и средств получения научных данных, обсуждение результатов исследований, полученных специалистами в охватываемых областях, обмен опытом. Сборник может быть полезен научным работникам, преподавателям, слушателям вузов с целью использования в научной работе и учебной деятельности.

Авторы публикуемых статей несут ответственность за содержание своих работ, точность цитат, легитимность использования иллюстраций, приведенных цифр, фактов, названий, персональных данных и иной информации, а также за соблюдение законодательства Российской Федерации и сам факт публикации.

Полные тексты статей в открытом доступе размещены в Научной электронной библиотеке Elibrary.ru в соответствии с Договором № 467-03/2018К от 19.03.2018 г.

УДК 001.12
ББК 70

ISBN 978-5-00215-887-4

Состав редакционной коллегии и организационного комитета:

Аймурзина Б.Т., доктор экономических наук
Ахмедова Н.Р., доктор искусствоведения
Битокова С.Х., доктор филологических наук
Блинкова Л.П., доктор биологических наук
Гапоненко И.О., доктор филологических наук
Героева Л.М., доктор педагогических наук
Добжанская О.Э., доктор искусствоведения
Доровских Г.Н., доктор медицинских наук
Дорохова Н.И., кандидат филологических наук
Ергалиева Р.А., доктор искусствоведения
Ершова Л.В., доктор педагогических наук
Зайцева С.А., доктор педагогических наук
Зверева Т.В., доктор филологических наук
Казакова А.Ю., доктор социологических наук
Кобозева И.С., доктор педагогических наук
Кулеш А.И., доктор филологических наук
Мантатова Н.В., доктор ветеринарных наук
Мокшин Г.Н., доктор исторических наук
Муратова Е.Ю., доктор филологических наук
Никонов М.В., доктор сельскохозяйственных наук
Панков Д.А., доктор экономических наук
Петров О.Ю., доктор сельскохозяйственных наук
Поснова М.В., кандидат философских наук
Рыбаков Н.С., доктор философских наук
Сансызбаева Г.А., кандидат экономических наук
Симонова С.А., доктор философских наук
Ханиева И.М., доктор сельскохозяйственных наук
Хугаева Р.Г., кандидат юридических наук
Червинец Ю.В., доктор медицинских наук
Чистякова О.В., доктор экономических наук
Чумичева Р.М., доктор педагогических наук

ОГЛАВЛЕНИЕ

СЕКЦИЯ ЮРИДИЧЕСКИЕ НАУКИ	7
МЕХАНИЗМЫ ПРОЯВЛЕНИЯ КОРРУПЦИИ В СФЕРЕ ОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ.....	8
<i>Ахмедханова Самира Телхатовна</i>	
ОСОБЕННОСТИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И ОЦЕНКИ ЭЛЕКТРОННЫХ ДОКАЗАТЕЛЬСТВ В КОНТЕКСТЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ ПРАВОСУДИЯ	13
<i>Мельник Александра Владимировна</i>	
ЭКСПЕРТ И СПЕЦИАЛИСТ В НАЛОГОВОМ ПРОЦЕССЕ РОССИИ: ПРОБЛЕМНЫЕ АСПЕКТЫ	19
<i>Миронова Анна Игоревна</i>	
СЕКЦИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ	26
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ РЕМОНТАМИ СТАНОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ	27
<i>Тарасьев Александр Александрович, Жмура Глеб Денисович</i>	
КРИТЕРИИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ УЧЕТНОЙ ИНФОРМАЦИИ.....	33
<i>Морунов Виталий Викторович</i>	
КОНВЕРГЕНТНЫЙ ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ РЕГИОНАЛЬНОГО РЕЖИМА СОДЕЙСТВИЯ РАЗВИТИЮ КЛАСТЕРОВ	38
<i>Мокина Анна Викторовна</i>	
СЕКЦИЯ ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ	43
ВОЛОНТЕРСТВО КАК СРЕДСТВО ПРЕОДОЛЕНИЯ ИНТЕРНЕТ-ЗАВИСИМОСТИ.....	44
<i>Торыбаева Жамиля Захановна, Жаркинбаева Динара Сабитовна</i>	
ПСИХОСОМАТИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ УЧАЩИХСЯ КАК ИНДИКАТОР УЧЕБНОГО СТРЕССА	51
<i>Эфендиева Камилла Вагифовна</i>	
СЕКЦИЯ ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ	56
МЕЖПРЕДМЕТНЫЕ СВЯЗИ В НАЧАЛЬНЫХ КЛАССАХ: КАК СДЕЛАТЬ УРОК РУССКОГО ЯЗЫКА ЭФФЕКТНЫМ И ЭФФЕКТИВНЫМ.....	57
<i>Крицкая Наталья Викторовна, Ляховская Елена Игоревна, Ошуркевич Ольга Александровна</i>	

КОНСТАТИРУЮЩИЙ ЭТАП ИССЛЕДОВАНИЯ ГОТОВНОСТИ ПЕДАГОГОВ ДОУ К ПОДДЕРЖКЕ ДЕТСКОЙ ИНИЦИАТИВЫ В СЮЖЕТНО-РОЛЕВОЙ ИГРЕ <i>Александрова Динара Вафаевна</i>	62
СЕКЦИЯ СОЦИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ	67
СОЦИОКУЛЬТУРНЫЕ И ИНФРАСТРУКТУРНЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ МАССОВОГО СПОРТА В РОССИИ..... <i>Авеневич Мария Романовна</i>	68
СПЕЦИФИКА КНИЖНОЙ ПРОДУКЦИИ КАК ОБЪЕКТА ПИАР-ПРОДВИЖЕНИЯ В ЦИФРОВОЙ СРЕДЕ <i>Николаева Анна Вадимовна, Абидова Ясмينا Анваровна</i>	73
СЕКЦИЯ ФИЛОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ.....	79
АВТОБИОГРАФИЯ В ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ЛИТЕРАТУРЕ (ПАРАЛЛЕЛИ МЕЖДУ АВТОБИОГРАФИЧЕСКИМИ ОБРАЗАМИ И СУДЬБОЙ В ТВОРЧЕСТВЕ ЭЛЬДАРА БАХИШ) <i>Баширова Саадат Мубариз</i>	80
СЕКЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ.....	85
СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА РЕНТГЕНОВСКИХ СНИМКОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ <i>Федюкевич Семен Альбертович</i>	86
РАЗБОР ФУНКЦИОНАЛА ПРОГРАММЫ «КОМПАС-3D» НА ПРИМЕРЕ ПОСТРОЕНИЯ КОРАБЕЛЬНОЙ РЫНДЫ <i>Парамзин Александр Рашитович</i>	91
THE PIVOT BRIDGE BY LEONARDO DA VINCI..... <i>Pokrovskaya Alina Vladislavovna</i>	95
МЕХАНИЗМ И ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПРОЦЕССА УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТА С ПОМОЩЬЮ ЗАКАЧКИ ЖИДКОСТИ ПОД ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ <i>Бизюков Александр Николаевич</i>	112
СЕКЦИЯ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ	117
PROPERTIES OF IONS IN AN EXTERNAL MAGNETIC FIELD <i>Khatuev Jakub Umarovich, Chochuev Dzhasharbek Borisovich, Urusova Baidimat Ischakovna</i>	118
ЦИФРОВАЯ РЕНТГЕНОГРАФИЯ В КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА ПАЙКИ СВЧ-ИЗДЕЛИЙ..... <i>Ботезату Дмитрий Андреевич</i>	125

СЕКЦИЯ ИНФОРМАТИКА	133
ОПТИМИЗИРОВАННАЯ ОБРАБОТКА И ФОРМИРОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ.....	134
<i>Исмухамедова Айгерим Мэлсатовна, Баканова Анна Павловна, Бельгинова Сауле Аскербековна</i>	
ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В РОССИЙСКОМ ОБРАЗОВАНИИ: ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОЕ ОБУЧЕНИЕ НА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПЛАТФОРМАХ	148
<i>Имамов Руслан Ильдарович</i>	
СЕКЦИЯ БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ.....	155
ПОЛУЧЕНИЕ ТРИАЗИНИЛАМИДОФОСФАТНЫХ ОЛИГОНУКЛЕОТИДОВ, СОДЕРЖАЩИХ ГИДРОФОБНЫЕ И КАТИОННЫЕ ГРУППЫ, И ИЗУЧЕНИЕ ИХ БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ	156
<i>Нилов Игорь Дмитриевич</i>	

СЕКЦИЯ ЮРИДИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 342

МЕХАНИЗМЫ ПРОЯВЛЕНИЯ КОРРУПЦИИ В СФЕРЕ ОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

Ахмедханова Самира Телхатовна

кандидат юридических наук, доцент кафедры уголовного права
Северо-Кавказский институт (филиал)
ВГУЮ (РПА Минюста России)

Аннотация: с давних времен коррупция и все ее неприятные последствия были широко известны обществу. В данной статье произведено исследование механизмов коррупции в сфере образования, где изучены различные коррупционные сети на всех уровнях образования, включая внутренние коррупционные схемы системы образования. Автор отмечает, что мотивы коррупции сильно зависят от уровня образования, и особое внимание уделено коррупционным сетям в учебных заведениях высшего образования. В заключении статьи автор подчеркивает необходимость проведения просветительской работы по противодействию коррупции в учебных заведениях при поддержке общественных организаций.

Ключевые слова: образование, наука, коррупция, механизмы, проявления.

MECHANISMS OF CORRUPTION IN THE EDUCATIONAL SECTOR OF RUSSIA

Akhmedkhanova Samira Telkhatovna

Abstract: since ancient times, corruption and all its unpleasant consequences have been widely known to society. This article examines the mechanisms of corruption in the educational sector, where various corruption networks at all levels of education are studied, including internal corruption schemes within the educational system. The author notes that the motives of corruption vary greatly depending on the level of education, and special attention is given to corruption networks in higher education institutions. In conclusion, the author emphasizes the need to conduct educational work on countering corruption in educational institutions with the support of public organizations.

Key words: education, science, corruption, mechanisms, manifestations.

Преступления, связанные с коррупцией, распространены во многих странах мира, являются серьезной проблемой для государств и приводят к падению доверию общества к власти. В нашей стране коррупция оказывает негативное воздействие на репутацию государства, вызывает недоверие к правительству, становится привлекательной для коррупционеров. Коррупция тесно связана с различными социальными институтами, такими как политика, экономика, культура и другие. Министерство образования и науки основной орган, устанавливающий стандарты образования, также подвержен риску коррупции из-за недостаточного контроля со стороны правоохранительных структур.

По мнению автора, необходимо усилить работу не только правоохранительных органов, но и создать институты общественного контроля над сферой образования. За последние года наблюдается снижение рейтингов высших учебных заведений по сравнению с советским периодом, что негативно сказывается на престиже всей высшей школы России. Огромное количество иностранных студентов получили возможность учиться в отечественных учебных заведениях, в связи с чем, необходимо повышать эффективность борьбы с коррупцией. Но коррупция в нашей действительности стала довольно частым явлением, в том числе, неотъемлемой частью учебных заведений в системе высшего профессионального образования [1, с. 1198-1209].

Коррупция в сфере образования остается проблемным вопросом в связи с повышенной латентностью и сложностью сбора доказательств в отношении виновных лиц, особенно в случаях взяточничества. Система коррупционных механизмов представляет собой взаимодействие между тем, кто дает взятки, и тем, кто их получает. По мнению С.Т. Ахмедхановой, коррупцию в образовании нужно рассматривать как специфическое явление на разных уровнях образовательной системы [2, с. 169-173].

В исследовании Р.А. Абрамова подчеркивается, что в образовательной сфере часто встречаются случаи коррупционных нарушений, таких как получение и предоставление подарков с разнообразными мотивами (для сдачи сессии, получения красного диплома, прохождения аккредитации учебных заведений и прочее); неправомерное зачисление в учебные учреждения без учета результатов конкурса; злоупотребление и превышение должностных полномочий; изготовление и продажа фальшивых документов об образовании и другие подобные преступления. У многих молодых людей закрепилось мнение о том, что обладание высшим образованием обеспечит им условия для благополучного и светлого будущего [1, с. 1198-1209]. Данная мотивация

встроена в их сознание с самого начала поступления в учебное заведение. Это приводит к тому, что мы часто видим в университете студентов, которые стремятся к диплому о высшем образовании не для получения знаний, а для самого диплома. Способ, которым они достигают этой цели, не имеет значения, и часто носит коррупционный характер. Потребность в таком образовании породила появление и успешное развитие учебных заведений, которые ставят своей целью помочь быстрее получить документ об образовании.

В связи с необходимостью быстрого получения образования студентами заочного отделения, из-за отсутствия учебного отпуска и других льгот со стороны работодателя возник высокий спрос на услуги коммерческих учебных заведений. В результате, для ускорения процесса получения документов, университеты предлагают коррупционные схемы, которые помогают студентам получить образование, не затрагивая прямую коррупцию. Однако многие учебные заведения находятся на грани закрытия, и поэтому студенты могут приобрести академическую справку за дополнительную плату и перевестись в другой вуз на последний курс [4, с. 189].

Важно отметить, что для каждого студента главное – посвятить года учебы изучению различных учебных дисциплин и предметов, погружаясь в научную литературу и знакомясь с авторами научных работ. Только полноценные знания и навыки, полученные в процессе обучения, помогут выпускнику достичь успехов в своей профессиональной деятельности. Посещение занятий свободного типа предполагает перевод всех студентов на дистанционную форму обучения, при этом они могут быть зачислены как на заочное, так и на очное отделение. Однако попытки студентов использовать коррупционные схемы для получения оценок без усилий делают бессмысленной цель обучения.

На протяжении каждого уровня образования процесс обучения имеет свои особенности, и коррупция на каждом этапе проявляется по-своему. В системе образования, включающей дошкольное, начальное, основное и среднее образование в соответствии со статьей 10 Федерального закона «Об образовании», автор считает, что основными факторами проявления коррупции являются демографическая обстановка и сокращение количества учебных учреждений в 90-х годах. Поэтому основные формы коррупционных практик заключаются в получении взяток за поступление ребенка в учебное заведение (детский сад, школу с конкурсным отбором, школу с престижным статусом), а также в обязательных платежах за ремонт, охрану и подарки.

В государстве не в полном объеме предпринимаются меры по устранению вымогательства платежей в фонд школы для производства ремонта, охраны, празднования дней рождений, покупку книг, несмотря на то, что такие формы коррупции обычно остаются незамеченными. Все денежные взносы от родителей оформляются как благотворительная помощь учебному заведению, и нет доказательств, подтверждающих наличие коррупционных схем. Мы изучили различные коррупционные механизмы, где одни работники образовательных учреждений выступают в роли нарушителей, а другие - учащиеся, студенты и их родители. Нельзя также игнорировать коррупцию внутри самих учебных заведений [3, с. 47-51].

В сфере образования в нашей стране наблюдается распространение коррупции во всех областях. Начиная с незаконных действий дошкольных учреждений и заканчивая деятельностью учебных заведений, включающей взятки и другие коррупционные механизмы. Среди них можно выделить премирование директором учебного заведения работника с последующим делением премии, увеличение нагрузки на педагога за вознаграждение, а также вознаграждение представителей проверяющих органов, включая высшие инстанции.

В настоящее время правовые механизмы воздействия не осуществляются в полном объеме, что требует, прежде всего, проведения общественных мероприятий в образовательных учреждениях для студентов и преподавателей. На этих мероприятиях следует разъяснять о вреде коррупции для жизни людей и развития страны и осуществлять антикоррупционное просвещение в рамках учебного процесса.

Список литературы

1. Федеральный закон "О противодействии коррупции" от 25.12.2008 N 273-ФЗ (последняя редакция) от 25 декабря 2008 года № 273-ФЗ
2. Абрамов Р.А. Проблемы управленческих специальностей ВПО в экономических вузах РФ // Политика и общество. 2015. № 9. С. 1198-1209.

3. Ахмедханова С. Т. Криминологический анализ детерминантов коррупционной преступности в области образования // Пробелы в российском законодательстве. – 2021. – Т. 14, № 7. – С. 169-173.

4. Ахмедханова С. Т. Основные уровни профилактики преступлений коррупционной направленности, совершаемых в системе образования // Закон и право. – 2023. – № 5. – С. 47-51. – (Право. Юридические науки) (Уголовно-правовые науки).

5. Христинина Е.В. Особенности коррупционных механизмов в сфере образования // Сборник материалов Международной научной конференции, - 2014 г. Том 2. - С. 189-197.

© Ахмедханова С.Т.

ОСОБЕННОСТИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И ОЦЕНКИ ЭЛЕКТРОННЫХ ДОКАЗАТЕЛЬСТВ В КОНТЕКСТЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ ПРАВОСУДИЯ

Мельник Александра Владимировна

магистрант

Саратовская государственная юридическая академия

Научный руководитель: **Рассахатская Наталия Александровна**

кандидат юридических наук, доцент кафедры гражданского процесса

Саратовская государственная юридическая академия

Аннотация: в статье рассмотрены особенности предоставления и оценки наиболее часто встречающихся цифровых доказательств при рассмотрении гражданских дел в контексте электронного правосудия. Статья включает рекомендации по совершенствованию законодательства в данной области с учётом стремительного развития цифровых и информационных технологий.

Ключевые слова: электронное правосудие, цифровое доказательство, информационные технологии, веб-сайт, искусственный интеллект.

FEATURES OF PRESENTATION AND EVALUATION OF ELECTRONIC EVIDENCE IN THE CONTEXT OF DIGITALIZATION OF JUSTICE

Melnik Alexandra Vladimirovna

Scientific adviser: **Rassakhatskaya Natalia Alexandrovna**

Abstract: the article examines the features of providing and evaluating the most common digital evidence in civil cases in the context of electronic justice. The article includes recommendations for improving legislation in this area, taking into account the rapid development of digital and information technologies.

Key words: electronic justice, digital evidence, information technology, website, artificial intelligence.

Современное поколение людей не представляет свою дальнейшую жизнь без благ, которые стали доступны вследствие активного влияния новых технологий на общество. Компьютеризация и цифровизация постепенно

пронизывают без исключения все сферы общественной жизни. В настоящей статье особое внимание следует уделить электронному правосудию, осуществление которого возложено законом на суды, входящие в судебную систему России. Цифровизация предполагает организацию осуществления функций судебной власти посредством их частичного замещения различными информационными системами. На протяжении нескольких десятилетий судебная система России претерпевает глобальные перемены, обусловленные стремительным развитием общества, связанным с внедрением и применением информационных технологий. В 2025 году в деятельности судов реализованы следующие инструменты: официальные веб-сайты, системы аудио - и видеопотоколирования, комплексы видео-конференц-связи и веб-конференции, автоматизированные системы («Мировые судьи», «Амирс», ГАС «Правосудие», «Мой Арбитр», «КИС СОЮ», АИС «Верховный суд РФ»). Кроме того в настоящий момент в России в рамках федерального проекта «Цифровая экономика» происходит разработка и тестирование сервиса «Правосудие онлайн», направленного на упрощение процесса обращения в суд за судебной защитой. В рамках данной национальной программы планируется упрощение процессов: расчёта и оплаты государственной пошлины, определения территориальной подсудности, дистанционной подачи документов, участия в судебных заседаниях, получения судебных писем и направления судебных актов на исполнение. Важно отметить, что на основании Указа Президента РФ от 10.10.2019 № 490 «О развитии искусственного интеллекта в РФ» также предпринимаются попытки применения искусственного интеллекта в целях автоматизации однообразных действий, путём делегирования однотипных задач, возложенных на судью и сотрудников судебного аппарата. В 2025 году в Белгородской области был запущен пилотный образец искусственного интеллекта, который должен выполнять проверку поданных документов и осуществлять вынесение судебных приказов по заявлениям о взыскании задолженностей по налоговым платежам.

Заместитель генерального директора Судебного департамента при Верховном суде РФ А.Т. Ибрагимов отмечает: "Мы должны использовать возможности искусственного интеллекта и иных новаторских решений для повышения эффективности и безопасности наших систем, поскольку это позволит автоматизировать рутинные процессы, упрощая процедуру подготовки дел к судебному разбирательству и уменьшая сроки их рассмотрения» [4] .

В связи с широким распространением различных гаджетов и стремительным развитием технологий особую значимость начинают приобретать так называемые цифровые доказательства. Понятие «доказательства» определено законом в качестве сведений о фактах, полученных в установленном порядке, на основе которых суд устанавливает наличие или отсутствие обстоятельств, обосновывающих требования и возражения сторон, и иных обстоятельств, имеющих значение для правильного рассмотрения и разрешения дела [1]. Одна из ключевых дискуссий в науке процессуального права возникла в связи с определением возможности использования цифровых доказательств в рамках гражданских дел, рассматриваемых судами общей юрисдикции при том, что законом данный термин не закреплен, а сами доказательства не выделены в качестве средств доказывания. Среди учёных также возникают разногласия относительно того, что собой представляют цифровые доказательства и к каким средствам доказывания могут быть отнесены (письменным или вещественным), при том, что они, по своей природе, не обладают материальной формой, в связи, с чем могут быть выделены в отдельное средство.

ФЗ от 23.06.2016 № 220-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ в части применения электронных документов в деятельности органов судебной власти» внесены изменения: ст. 71 ГПК РФ - документы и материалы, полученные посредством использования сети Интернет, а также документы, подписанные электронной подписью, являются письменными доказательствами; ст. 3 – иск, заявление, жалоба и иные документы могут быть поданы в суд в электронном виде, в т.ч. в форме электронного документа. Термин «электронный документ» закреплен в п. 11.1. ст. 2 ФЗ от 27.07.2006 № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» и определён как документированная информация, представленная в электронной форме, пригодная для передачи и обработки в информационных сетях.

Наиболее часто встречающимися цифровыми доказательствами при рассмотрении гражданских дел являются электронные переписки в мессенджерах, электронной почте и СМС-сообщениях, распечатки веб-сайтов и интернет-страниц, а также аудио-, фото- и видеофайлы, содержащиеся на электронных носителях, в связи с чем в судебной практике были выработаны определённые правила их предоставления, фиксации и оценки. Как правило, сложности возникают на этапе представления, когда суд отказывает в их приобщении к материалам дела, ссылаясь на невозможность

достоверно установить лица, между которыми ведётся переписка, или идентифицировать лицо, составившее электронный документ. Соответственно, лица, участвующие в деле, должны учитывать необходимость доказывания принадлежности номера мобильного телефона или адреса электронной почты другой стороне переписки или факта составления документа конкретным лицом. Если переписка осуществлялась контрагентами, между которыми заключен договор, то достаточно представления такого договора, содержащего контактные данные сторон. В противном случае стороне необходимо представить вышеназванные доказательства и соблюсти предусмотренную законом форму их предоставления.

Следует отметить, что Пленум Верховного суда РФ разъяснил, что направление претензии посредством информационно-телекоммуникационной сети свидетельствует о соблюдении досудебного порядка урегулирования спора исключительно в случаях, когда такой порядок предусмотрен законом или договором либо, если данный способ переписки является сложившейся деловой практикой между сторонами [3]. Кроме того, Пленум Верховного суда РФ указал, что при рассмотрении дел о защите нарушенных интеллектуальных прав допустимыми доказательствами являются сделанные и заверенные лицами, участвующими в деле, распечатки материалов (скриншоты), размещенные в информационно-телекоммуникационной сети [2]. Таким образом, при представлении в суд вышеназванных доказательств можно отойти от их обязательной формы, указав на скриншоте адрес интернет-страницы, с которой сделана распечатка, и точное время её получения.

На практике часто встречаются случаи, когда потенциальному истцу неизвестен адрес регистрации (проживания) ответчика, в связи с чем возникают трудности при направлении претензии, однако, если известен номер мобильного телефона, то становится возможным её направление посредством мессенджера или СМС-сообщения в виде скана документа в формате PDF. В таком случае в суд должен быть предоставлен нотариально удостоверенный протокол осмотра доказательств – распечатки переписки.

Аудио-, фото- и видеоматериалы на электронных носителях также можно отнести к электронным доказательствам. При заявлении ходатайств о приобщении или истребовании такого рода доказательств лицо, участвующее в деле, обязано предоставить информацию суду: кем, когда и при каких обстоятельствах осуществлялась запись. Важно учитывать, что фотографии, аудио- и видеозаписи, тайно полученные посредством применения скрытых камер видеонаблюдения или подслушивающих устройств, считаются

полученными с нарушением закона и не могут быть приняты в качестве доказательства. Из этого правила имеется исключение, например, когда осуществляется запись разговора истца и ответчика, посвященного обсуждению обстоятельств, связанных со спорным правоотношением.

Развитие автоматизированных систем предусматривает также возможность обращения в суд посредством подачи электронных документов, заверенных электронно-цифровой подписью (ЭЦП). Важно отметить, что такой документ, как заявление об обеспечении доказательств, может быть подписан исключительно квалифицированной ЭЦП.

В основном проблемы, связанные с электронными доказательствами, возникают в связи с отсутствием единой практики их представления и оценки, поскольку закон не закрепляет критерии, которым должны отвечать представляемые доказательства. Судам зачастую бывает проблематично сделать вывод о допустимости и достоверности доказательств, представленных в электронной форме. Для того чтобы минимизировать риски отказа в их приобщении к материалам дела сторонам необходимо соблюдать определенные правила. Во-первых, следует придерживаться процессуальной формы подачи доказательств. Например, осуществлять подачу электронного документа необходимо при наличии на нём неквалифицированной или квалифицированной ЭЦП, что в будущем позволит суду идентифицировать лицо, его составившее. Во-вторых, представлять доказательства вместе со сведениями, подтверждающими его достоверность. Так, при приобщении распечатки веб-сайта или электронной переписки необходимо соблюсти нотариальную форму их удостоверения, чтобы в дальнейшем у суда не появилось сомнений относительно его допустимости и достоверности. В случае если у суда имеются такие сомнения или заявлено о фальсификации представленных доказательств, в рамках рассмотрения дела должна быть произведена судебная экспертиза в порядке ст. 79 ГПК РФ.

Подводя итоги, важно отметить, что при производстве оценки суд должен не только руководствоваться положениями, предусмотренными в ст. 67 ГПК РФ, но и брать во внимание особенности присущие таким доказательствам. Соответственно, прежде чем давать им оценку, суду следует установить: достоверны ли источник и способ их получения, обеспечена ли их целостность и неизменность, принимались ли меры по их обеспечению. Учитывая, что с каждым годом роль современных технологий в обществе возрастает, а применение инновационных технологий судебной системой России показывает благотворные результаты, можно сделать вывод о том, что количество

цифровых доказательств, как и их значимость для правильного рассмотрения и разрешения гражданских дел, будет увеличиваться. Следовательно, необходимо унифицировать форму цифровых доказательств для минимизации расхождений в судебной практике посредством закрепления на законодательном уровне понятия «электронные доказательства», правил их предоставления и критериев оценки.

Список литературы

1. Гражданский процессуальный кодекс Российской Федерации от 14.11.2002 № 138-ФЗ (ред. от 31.07.2025) // Российская газета. - № 220. – 2002.
2. Постановление Пленума Верховного Суда РФ от 23.04.2019 № 10 "О применении части четвертой Гражданского кодекса Российской Федерации" // Российская газета. - № 96. – 2019.
3. Постановление Пленума Верховного Суда РФ от 22.06.2021 № 18 "О некоторых вопросах досудебного урегулирования споров, рассматриваемых в порядке гражданского и арбитражного судопроизводства" // Российская газета. - № 144. – 2021.
4. Российская газета. URL: <https://rg.ru/2025/04/23/sudit-pomozhet-kompiuter.html> (дата обращения: 04.10.2025).

© Мельник А.В.

ЭКСПЕРТ И СПЕЦИАЛИСТ В НАЛОГОВОМ ПРОЦЕССЕ РОССИИ: ПРОБЛЕМНЫЕ АСПЕКТЫ

Миронова Анна Игоревна

студент 3 курса

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

Аннотация: в статье проводится комплексный анализ процессуального статуса и практики участия эксперта и специалиста в налоговом процессе Российской Федерации. Рассматриваются ключевые проблемные аспекты, возникающие на стадиях налогового контроля и судебного обжалования. Автор исследует такие вопросы, как разграничение компетенций эксперта и специалиста, процедурные нарушения при назначении и проведении экспертизы, качество экспертных заключений и их оценка судами. Особое внимание уделяется проблеме обеспечения состязательности и равноправия сторон при использовании специальных знаний. На основе проведенного анализа формулируются выводы и предлагаются возможные пути совершенствования законодательства и правоприменительной практики для повышения эффективности и справедливости налогового процесса.

Ключевые слова: налоговый процесс, налоговые споры, эксперт, специалист, судебная экспертиза, специальные знания, заключение эксперта, заключение специалиста, налоговый контроль, права налогоплательщика, состязательность, доказательства, НК РФ.

EXPERTS AND SPECIALISTS IN THE RUSSIAN TAX PROCESS: PROBLEM ASPECTS

Mironova Anna Igorevna

Abstract: this article provides a comprehensive analysis of the procedural status and practice of expert and specialist participation in the Russian Federation tax process. Key problematic aspects arising at the stages of tax audit and judicial appeal are examined. The author examines issues such as the delineation of expert and specialist competencies, procedural violations in appointing and conducting expert examinations, the quality of expert opinions, and their assessment by the courts. Particular attention is paid to ensuring adversarial proceedings and equality of parties

when using specialized knowledge. Based on the analysis, conclusions are drawn and possible ways to improve legislation and law enforcement practice are proposed to enhance the efficiency and fairness of the tax process.

Key words: tax process, tax disputes, expert, specialist, forensic examination, specialized knowledge, expert opinion, specialist opinion, tax audit, taxpayer rights, adversarial proceedings, evidence, Russian Tax Code.

Институты эксперта и специалиста играют важную роль в российском налоговом процессе, поскольку разрешение подавляющего большинства налоговых споров требует применения специальных знаний в области бухгалтерского учета, финансов, оценки, права и иных смежных областей. Несмотря на детальную регламентацию их статуса в Налоговом кодексе РФ (НК РФ), правоприменительная практика выявила ряд системных проблем, которые создают дисбаланс в процессуальных возможностях сторон и зачастую влияют на исход дела.

На практике часто возникает терминологическая и сущностная путаница между двумя основными носителями специальных знаний – экспертом и специалистом. Несмотря на кажущуюся схожесть, их процессуальные статусы, права, обязанности и задачи кардинально различаются, что закреплено в нормах Налогового кодекса Российской Федерации.

Эксперт – это процессуальная фигура, привлекаемая для проведения экспертизы, которая является самостоятельным процессуальным действием. Его статус регламентирован статьей 95 НК РФ. Ключевой характеристикой экспертизы является проведение исследования на основе поставленных перед экспертом вопросов с последующим составлением заключения – самостоятельного доказательства по делу. Эксперт дает заключение от своего имени и несет за него персональную ответственность, что предопределяет его независимость и беспристрастность [4, с. 98].

Для назначения экспертизы необходимо вынесение мотивированного постановления должностного лица налогового органа, в котором формулируются вопросы, подлежащие разрешению, и указывается учреждение или конкретное лицо, которому поручается проведение экспертизы. Эксперт вправе знакомиться с материалами дела, относящимися к предмету экспертизы, заявлять ходатайства о предоставлении ему дополнительных материалов, участвовать в производстве конкретных процессуальных действий и задавать вопросы участникам этих действий.

В отличие от эксперта, специалист привлекается к участию в налоговом процессе для содействия в обнаружении, закреплении и изъятии доказательств, а также с применением технических средств. Его правовой статус определен статьей 96 НК РФ. Специалист не проводит самостоятельного исследования и не дает заключения как отдельного доказательства. Его роль заключается в консультативной и технической помощи должностному лицу налогового органа непосредственно в ходе проведения конкретного действия – будь то выездная налоговая проверка, осмотр помещений и территорий, истребование документов. Специалист помогает правильно составить опись изымаемых документов, использовать специальное программное обеспечение для извлечения данных с электронных носителей, дает пояснения по специфическим технологическим процессам проверяемого лица, оказывает помощь в применении измерительной аппаратуры. Его пояснения фиксируются в протоколе соответствующего процессуального действия [3, с. 145].

Особую значимость роль эксперта приобретает в судебных стадиях налогового процесса – при рассмотрении жалоб налогоплательщиков на решения налоговых органов. Суд, не обладая специальными познаниями в области бухгалтерского учета, налогообложения или оценки, часто оказывается перед необходимостью оценить правомерность выводов налоговой инспекции, которые нередко основаны на сложных экономических расчетах и интерпретациях. В этом случае заключение независимого судебного эксперта, назначенное по ходатайству одной из сторон или по инициативе суда, становится важнейшим, а иногда и решающим инструментом установления объективной истины по делу. Суд оценивает заключение эксперта наряду с другими доказательствами, проверяя его обоснованность, полноту и соответствие методикам.

Необходимо также отметить этический и профессиональный аспекты деятельности как эксперта, так и специалиста. От них требуется не только высокая квалификация, но и безупречная объективность и независимость. Заключение эксперта или консультация специалиста должны быть беспристрастными, основанными исключительно на профессиональных знаниях и представленных материалах, а не на интересах стороны, их привлекающей. Нарушение этого принципа, например, дача заведомо ложного заключения экспертом, влечет за собой уголовную ответственность. Процессуальная фигура специалиста, будучи менее формализованной, тем не менее также налагает на него ответственность за дачу заведомо ложных консультаций, которые могут ввести налоговый орган в заблуждение.

Эксперт обладает значительной процессуальной самостоятельностью: он вправе знакомиться с материалами дела, относящимися к предмету экспертизы, ходатайствовать о предоставлении ему дополнительных материалов, отказаться от дачи заключения, если поставленные вопросы выходят за пределы его специальных знаний. Наиболее часто в налоговом процессе назначаются судебно-бухгалтерские, финансово-экономические, товароведческие, технические, лингвистические и почерковедческие экспертизы. Например, бухгалтерская экспертиза может быть назначена для установления правильности отражения хозяйственных операций, определения размера заниженного дохода или завышенных расходов; товароведческая – для определения рыночной стоимости товаров; лингвистическая – для толкования условий договоров и иных документов.

Одной из наиболее острых проблем является низкое качество и предвзятость заключений экспертов, проводимых по инициативе налоговых органов в ходе выездных проверок. Налоговый орган, будучи заинтересованной стороной, часто заказывает экспертизу в подведомственных или лояльных ему экспертных учреждениях. Это создает системный риск «заказного» заключения, которое априори поддерживает позицию инспекции.

Вторая группа проблем связана с процедурными барьерами для налогоплательщика. Налогоплательщик лишен права на равных основаниях с налоговым органом инициировать проведение экспертизы на стадии проверки. Его ходатайства о привлечении специалиста или о назначении экспертизы зачастую игнорируются инспекцией.

Третья проблема – это дефицит истинной независимости и профессионализма экспертного сообщества. Рынок судебных экспертиз в налоговой сфере фрагментирован. Отсутствует единый реестр аккредитованных экспертов или экспертных организаций, специализирующихся именно на налоговых спорах и обладающих безупречной репутацией.

Четвертый вызов – это стоимость экспертиз. Проведение комплексной финансово-экономической или технологической экспертизы требует значительных финансовых затрат. Налоговый орган несет эти расходы из бюджета, в то время как для налогоплательщика, особенно среднего и малого бизнеса, стоимость качественной независимой экспертизы может быть неподъемной. Это создает неравенство сторон в доступе к средствам доказывания и нарушает принцип равной процессуальной защиты [6, с. 146].

Для преодоления указанных системных недостатков и повышения роли экспертного знания в налоговом процессе необходим комплекс мер.

1. Создание института независимых судебных экспертов и единого реестра. Целесообразно рассмотреть вопрос о формировании при судах или при уполномоченном федеральном органе (например, при Министерстве юстиции РФ) единого реестра судебных экспертов по налоговым и экономическим спорам. Включение в реестр должно происходить на основе строгого конкурсного отбора, с учетом образования, стажа, публикационной и практической деятельности эксперта.

2. Проблема обеспечения состязательности является сквозной для всего института использования специальных знаний. Налогоплательщик, желая оспорить заключение эксперта ИФНС, сталкивается с необходимостью представить альтернативное заключение. Однако его правовой статус в процессе остается неочевидным.

3. Повышение стандартов качества заключений и ответственности экспертов. Необходимо разработать и утвердить на уровне Верховного Суда РФ или федерального органа исполнительной власти типовые методики проведения наиболее востребованных в налоговых спорах экспертиз (трансфертное ценообразование, анализ деловой цели, оценка налоговых последствий реорганизации и др.). Заключение эксперта должно содержать не только выводы, но и детальное описание примененной методики, всех исходных данных, а также расчет вероятной погрешности. Введение гражданско-правовой и профессиональной ответственности эксперта за заведомо ложное заключение, подтвержденное вступившим в силу решением суда, стало бы действенным сдерживающим фактором.

4. Расширение процессуальных прав налогоплательщика на стадии налоговой проверки. НК РФ следует дополнить нормой, предоставляющей налогоплательщику право ходатайствовать перед налоговым органом о назначении экспертизы по конкретным вопросам, а в случае отказа – обжаловать такой отказ в вышестоящий орган.

5. Активное использование судами права на назначение комиссионной и комплексной экспертиз. В сложных спорах, где затрагиваются вопросы и бухгалтерского учета, и оценки имущества, и анализа технологических процессов, суды должны активнее назначать комиссионные (несколько экспертов одной специальности) и комплексные (эксперты разных специальностей) экспертизы. Это снижает риск субъективной ошибки и обеспечивает более всестороннее исследование.

6. Стимулирование судей к критической оценке заключений экспертов. В постановлениях Пленума Верховного Суда РФ и в рамках судейского сообщества необходимо пропагандировать практику тщательной проверки судами каждого заключения на предмет его обоснованности, полноты, соответствия вопросам и соблюдения процедуры назначения. Суд должен оценивать не только формальное соблюдение требований, но и логическую убедительность выводов эксперта, его беспристрастность [5, с. 149].

В заключение необходимо отметить, что существующие проблемные аспекты использования специальных знаний в налоговом процессе подрывают основные принципы правосудия – состязательность, равноправие сторон и независимость оценки доказательств. Ключевое отличие заключения эксперта от консультации специалиста заключается в его доказательственной силе. Заключение эксперта является самостоятельным видом доказательств в налоговом процессе. Оно не является рекомендацией или справкой, а представляет собой результат научного, методически выверенного исследования, на основе которого делаются выводы.

Список литературы

1. Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12.12.1993 с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 01.07.2020) // Российская газета №144 от 04.07.2020.

2. Налоговый кодекс Российской Федерации ч.1 (в ред. от 21.01.2025) и ч.2 (в ред. от 21.01.2025)// Собрание законодательства РФ, № 31, 03.08.1998, ст. 3824.

3. Колесниченко, О. В. Налоговое право: учебное пособие / О. В. Колесниченко. – Москва : РИОР : ИНФРА-М, 2023. – 204 с. – (Высшее образование). // Znanium : электронно-библиотечная система. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1911113> (дата обращения: 01.10.2025). – Режим доступа: по подписке.

4. Крохина, Ю. А. Налоговое право: учебник для вузов / Ю. А. Крохина. – 10-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2024. – 503 с. – (Высшее образование). // Юрайт: образовательная платформа. – URL:

<https://urait.ru/bcode/535411> (дата обращения: 01.10.2025). – Режим доступа: по подписке.

5. Тедеев, А. А. Налоговое право России: учебник для вузов / А. А. Тедеев, В. А. Парыгина. – 9-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2024. – 414 с. – (Высшее образование). // Юрайт : образовательная платформа. – URL: <https://urait.ru/bcode/536327> (дата обращения: 01.10.2025). – Режим доступа: по подписке.

6. Фархутдинов, Р. Д. Налоговое право: учебное пособие для вузов / Р. Д. Фархутдинов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2024. – 105 с. – (Высшее образование). // Юрайт : образовательная платформа. – URL: <https://urait.ru/bcode/535356> (дата обращения: 01.10.2025). – Режим доступа: по подписке.

© Миронова А.И.

СЕКЦИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ
РЕМОНТАМИ СТАНОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ
В УСЛОВИЯХ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ**

Тарасьев Александр Александрович

к.э.н., доцент

Жмура Глеб Денисович

магистрант

ФГБОУ ВО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Аннотация: В статье рассмотрены современные подходы к организации ремонтного обслуживания станочного оборудования с использованием цифровых платформ. Обоснована актуальность перехода от традиционных методов планово-предупредительного и реактивного ремонта к предиктивному обслуживанию на основе технологий Интернета вещей (IoT), систем класса CMMS и аналитики больших данных. Проведена апробация подхода на машиностроительном предприятии. Сделан вывод о высокой эффективности внедрения цифровой платформы и обозначены перспективы дальнейших исследований.

Ключевые слова: ремонт оборудования, цифровая платформа, предиктивное обслуживание, CMMS, эффективность управления.

**INCREASING THE EFFICIENCY OF MACHINE TOOL
REPAIR MANAGEMENT IN THE CONTEXT
OF IMPLEMENTING A DIGITAL PLATFORM**

Tarasyev Alexander Alexandrovich

Zhmura Gleb Denisovich

Abstract: this article examines modern approaches to organizing machine tool maintenance using digital platforms. It substantiates the need to transition from traditional preventive and reactive repair methods to predictive maintenance based on Internet of Things (IoT) technologies, CMMS systems, and big data analytics. The approach was tested at a machine-building company. The article concludes that the

digital platform implementation is highly effective and outlines prospects for further research.

Key words: equipment repair, digital platform, predictive maintenance, CMMS, management efficiency.

Современные промышленные предприятия функционируют в условиях высокой конкуренции, сокращения жизненного цикла продукции и необходимости строгого соблюдения сроков поставки. В этих условиях надежность и бесперебойность работы станочного оборудования становятся критически важным фактором эффективности производственного процесса.

Простои, вызванные неисправностями, напрямую влияют на себестоимость продукции, производительность труда и финансовый результат предприятия [1]. По оценкам международных консалтинговых агентств, доля затрат, связанных с простоем оборудования, может достигать 15–20% от общих производственных расходов.

Традиционно в промышленности применялись два основных подхода к техническому обслуживанию оборудования: реактивный ремонт и планово-предупредительная система (ППР). Первый из них, так называемый «ремонт по факту отказа», характеризуется организационной простотой, но неизбежно приводит к непредсказуемым остановкам производственного процесса и высоким затратам на восстановление работоспособности. Второй подход, основанный на регламентных сроках обслуживания и профилактических мероприятиях, обеспечивает большую предсказуемость, но при этом не учитывает реального состояния узлов и агрегатов [2]. В результате предприятие несет избыточные расходы на преждевременные ремонты, одновременно не исключая риск внезапного выхода оборудования из строя.

Развитие концепции Индустрия 4.0 открывает принципиально новые возможности в сфере управления ремонтами [3]. Современные цифровые решения основаны на применении датчиков Интернета вещей (IoT), автоматизированных систем управления техническим обслуживанием (CMMS), систем управления производственными процессами (MES), а также технологий машинного обучения и анализа больших данных. Их интеграция позволяет реализовать переход к предиктивному обслуживанию, при котором прогнозирование возможных отказов строится на реальных данных о состоянии оборудования. Подобные подходы находят широкое применение как в зарубежной, так и в российской практике. Так, компании General Motors и

BMW успешно внедрили системы предиктивного обслуживания, а в отечественной промышленности подобные решения применяются на предприятиях КАМАЗ и Сибур, что подтверждает их эффективность в различных условиях эксплуатации [4].

Методологическая основа цифровой трансформации ремонтного обслуживания заключается в сборе и комплексной обработке данных от различных источников [5, 6]. В первую очередь используются датчики, фиксирующие вибрацию, температуру и электрические нагрузки, а также эксплуатационные журналы и базы данных MES-систем. Полученные данные становятся входом для аналитических инструментов CMMS и систем машинного обучения, которые позволяют формировать прогнозы и рекомендации по обслуживанию оборудования. Для оценки эффективности внедряемых решений применяются ключевые показатели (KPI), такие как среднее время наработки на отказ (MTBF), среднее время восстановления (MTTR), коэффициент готовности оборудования и объем затрат на ремонтное обслуживание.

Схема интеграции цифровой платформы в производственный процесс представлена на рисунке 1. Она включает последовательные этапы: установку IoT-датчиков на оборудование, передачу данных в систему их сбора, дальнейший ввод информации в CMMS, обработку при помощи алгоритмов машинного обучения и формирование планов ремонтов. Следующий шаг заключается в интеграции с системами MES и ERP, которые обеспечивают организацию и контроль исполнения ремонтных мероприятий. Подобный замкнутый цикл позволяет не только своевременно выявлять потенциальные риски, но и оперативно принимать управленческие решения.



Рис. 1. Схема интеграции цифровой платформы

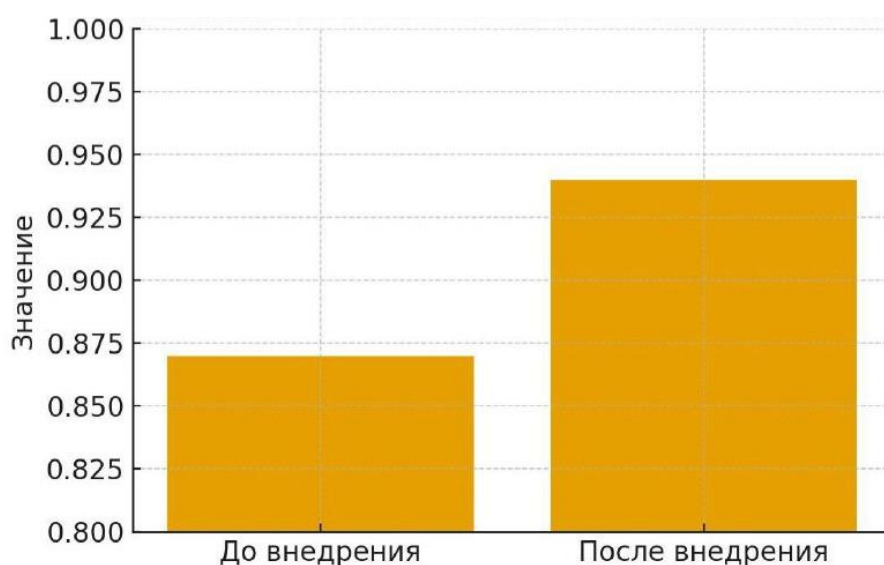
Апробация предложенного подхода была проведена на машиностроительном предприятии. Сравнительный анализ показателей до и после внедрения цифровой платформы позволил выявить существенные улучшения (Таблица 1).

Таблица 1

Сравнительный анализ показателей внедрения цифровой платформы

Показатель	До внедрения	После внедрения	Изменение
MTBF, ч	420	515	+22,6%
MTTR, ч	8,2	6,7	-18,3%
Коэффициент готовности	0,87	0,94	+8,0%
Внеплановые простои, %	9,5	7,4	-22,1%
Затраты на ремонты, млн руб./год	25,3	21,6	-14,6%

Так, среднее время наработки на отказ увеличилось с 420 до 515 часов, что соответствует росту на 22,6%. Среднее время восстановления сократилось с 8,2 до 6,7 часа (уменьшение на 18,3%). Коэффициент готовности оборудования вырос с 0,87 до 0,94, что свидетельствует о повышении надежности производственного процесса (рисунок 2).

**Рис. 2. Динамика коэффициента готовности оборудования**

Доля внеплановых простоев снизилась на 22,1%, а годовые затраты на ремонтное обслуживание уменьшились с 25,3 до 21,6 млн рублей, что эквивалентно экономии почти 15% (рисунок 3).

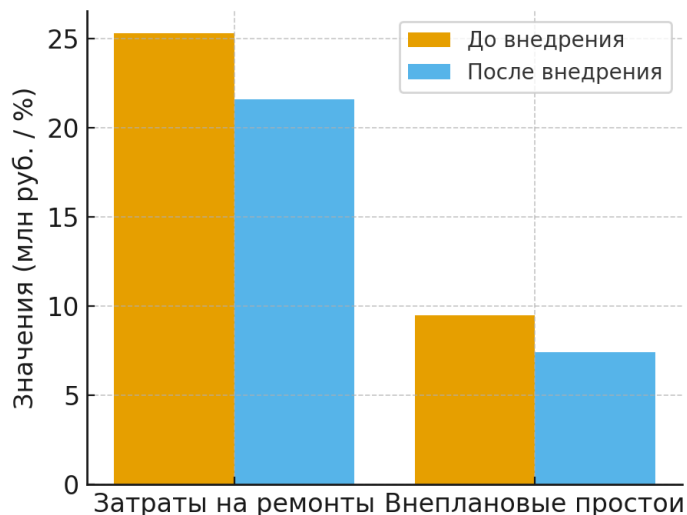


Рис. 3. Экономический эффект внедрения цифровой платформы

Результаты исследования подтверждают, что переход к предиктивному обслуживанию обеспечивает значительный положительный эффект для предприятия. Наибольший вклад в повышение эффективности вносят три компонента: непрерывный мониторинг оборудования при помощи IoT-датчиков, аналитика отказов на основе алгоритмов машинного обучения и автоматизация процессов планирования в CMMS. Однако, наряду с преимуществами, существуют и определенные ограничения. К ним относятся высокая стоимость внедрения подобных систем, необходимость подготовки и переподготовки персонала, а также сложность интеграции новых решений с действующими MES- и ERP-системами.

Заключая проведенное исследование, следует отметить, что внедрение цифровой платформы управления ремонтами позволяет перейти к предиктивной модели обслуживания оборудования. Экономический эффект выражается в снижении затрат на ремонт на 12–15%, сокращении внеплановых простоев на 18–22% и росте коэффициента готовности до уровня 0,94. Перспективные направления дальнейших исследований связаны с расширением применения технологий искусственного интеллекта, созданием цифровых двойников оборудования и масштабированием полученных решений на различные отрасли промышленности.

Список литературы

1. ISO 55000:2014 Asset management — Overview, principles and terminology. Geneva: ISO, 2014.
2. Moubray, J. Reliability-Centered Maintenance. 2nd ed. New York: Industrial Press, 1997. 418 p.
3. Lee, J.; Bagheri, B.; Kao, H. A. A cyber-physical systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems // Manufacturing Letters. – 2015. – Vol. 3. – P. 18–23.
4. Jardine, A. K. S.; Lin, D.; Banjevic, D. A review on machinery diagnostics and prognostics // Mechanical Systems and Signal Processing. – 2006. – Vol. 20, № 7. – P. 1483–1510.
5. Mobley, R. Predictive Maintenance. Burlington: Elsevier, 2002. 440 p.
6. Гусев, А. В. Цифровизация технического обслуживания станочного оборудования // Вестник машиностроения. – 2022. – № 7. – С. 55–60.

© Тарасьев А.А., Жмура Г.Д.

КРИТЕРИИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ УЧЕТНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Морунов Виталий Викторович

к.э.н., доцент

ГАОУ ВО «Альметьевский государственный
технологический университет «Высшая школа нефти»

Аннотация: в современных условиях цифровизации и усложнения финансово-экономических процессов особое значение приобретает вопрос обеспечения экономической безопасности учетной информации. Учетная информация служит первоосновой для принятия управленческих решений, составления бухгалтерской (финансовой) отчетности, контроля и планирования деятельности экономических (хозяйствующих) субъектов. Нарушение ее достоверности, целостности или конфиденциальности способно привести к серьезным экономическим, правовым и репутационным последствиям.

Ключевые слова: экономическая безопасность, экономическая безопасность учетной информации, критерии экономической безопасности учетной информации, учетная информация.

CRITERIA FOR ECONOMIC SECURITY OF ACCOUNTING INFORMATION

Morunov Vitaly Viktorovich

Abstract: in today's digitalized and increasingly complex financial and economic environment, the issue of ensuring the economic security of accounting information is becoming particularly important. Accounting information serves as the primary basis for management decision-making, the preparation of financial statements, and the monitoring and planning of economic entities. A breach of its reliability, integrity, or confidentiality can lead to serious economic, legal, and reputational consequences.

Key words: economic security, economic security of accounting information, criteria for economic security of accounting information, accounting information.

Экономическая безопасность экономического (хозяйствующего) субъекта - это состояние защищенности его ресурсов, интересов и информации от внутренних и внешних угроз, способных дестабилизировать устойчивость, снизить прибыльность или нарушить нормативные требования. В структуре экономической безопасности выделяют такие подкомпоненты, как финансовая, производственная, кадровая, правовая и информационная безопасность.

Учетная информация, в свою очередь, представляет собой систему сведений, получаемых в результате ведения бухгалтерского, налогового и управленческого учета, необходимых для принятия экономических решений.

Понятие экономической безопасности учетной информации можно определить, как комплексную характеристику состояния, при котором учетная информация:

- формируется корректно и полно;
- защищена от искажений и несанкционированного доступа;
- доступна для уполномоченных пользователей в необходимое время;
- используется в рамках правового поля.

Эти свойства и формируют критерии, по которым оценивается экономическая безопасность учетной информации. Обеспечение экономической безопасности учетной информации предполагает установление и соблюдение определенных критериев, которые отражают уровень защищенности информации от искажений, манипуляций, потерь и несанкционированного доступа. На основе анализа научных работ представляется возможным выделить следующие ключевые критерии:

1) достоверность: фундаментальный критерий, обеспечивающий соответствие учетной информации фактическим хозяйственным операциям, законодательным и нормативным требованиям. Нарушение достоверности может привести к неправильному расчету налогов, искажению финансовой отчетности и даже уголовной ответственности.

2) конфиденциальность: предполагает ограничение доступа к учетной информации только для уполномоченных лиц. Особенно важно это в условиях цифровизации, когда хищение или утечка учетных данных может нанести значительный ущерб предприятию.

3) целостность учетной информации означает защиту от случайных или преднамеренных изменений. Этот критерий особенно актуален для автоматизированных учетных систем, где необходимо отслеживать каждый этап трансформации данных.

4) актуальность: учетные данные должны быть своевременно обновлены и отражать текущее состояние предприятия. Устаревшая информация может привести к неверным управленческим решениям и снижению конкурентоспособности.

5) доступность: информация должна быть доступна для использования в необходимое время без технических или организационных препятствий. При этом важно соблюдать баланс между доступностью и конфиденциальностью.

6) непротиворечивость: учетные данные должны быть логически согласованы и непротиворечивы как внутри отдельных форм отчетности, так и между различными источниками учета. Это предотвращает двойное толкование данных и снижает риски при аудите.

7) контролируемость: подразумевает возможность отслеживания всех этапов формирования, обработки и хранения информации. Наличие процедур внутреннего и внешнего контроля способствует выявлению и предотвращению нарушений.

Каждый из указанных критериев взаимосвязан: нарушение одного нередко влечет за собой ухудшение других. Так, потеря целостности учетной информации может подорвать ее достоверность, а отсутствие контроля — снизить конфиденциальность и актуальность.

Для повышения эффективности системы экономической безопасности учетной информации экономическим (хозяйствующим) субъектам рекомендуется использовать комбинированные методы обеспечения: технические (антивирусные системы, шифрование), организационные (регламенты доступа), правовые (договоры о конфиденциальности) и контрольные (аудит, мониторинг рисков).

Реализация критериев экономической безопасности учетной информации требует применения комплекса организационных, правовых, технических и аналитических методов. Эти методы позволяют минимизировать учетные риски, сохранить достоверность данных и обеспечить устойчивость управленческих решений. Выделим ключевые подходы, используемые в современной практике:

- 1) Формирование эффективной учетной политики
- 2) Внедрение систем внутреннего контроля и аудита
- 3) Применение современных ИТ-решений

- 4) Оценка и мониторинг учетных рисков
- 5) Подготовка и повышение квалификации персонала
- 6) Нормативно-правовое регулирование

Несоблюдение критериев экономической безопасности учетной информации может привести к широкому спектру негативных последствий: от искажений отчетности до финансовых санкций, потери репутации и даже уголовной ответственности.

Учетная информация - это не просто технические данные, необходимые для формирования отчетности, а стратегический ресурс экономического (хозяйствующего) субъекта, от качества и защищенности которого напрямую зависят управленческие, налоговые, инвестиционные и юридические решения. В условиях цифровизации, роста конкуренции и усложнения нормативно-правовой среды возрастает потребность в системном обеспечении ее экономической безопасности. Несоблюдение хотя бы одного из выделенных критериев способно повлечь за собой существенные негативные последствия - от ошибок в отчетности и финансовых потерь до судебных процессов и утраты деловой репутации.

Список литературы

1. Федеральный закон от 06.12.2011 № 402-ФЗ (ред. от 12.12.2022) «О бухгалтерском учете» // СПС «Консультант плюс», 2025
2. Морунов В.В. Роль внутреннего контроля в обеспечении экономической безопасности учетной информации: теоретические и нормативные аспекты // Финансовый менеджмент. № 1 (2024). с. - с. 93-101 (ISSN 1607-968X)
3. Морунов В.В. Роль и значение учетно-экономической информации при обеспечении экономической безопасности: нормативно-правовой анализ // Финансовый менеджмент. № 5 (2024). с. 314-322 (ISSN 1607-968X)
4. Морунов В.В. Исследование нормативного регулирования экономической безопасности: учетные аспекты // Финансовый менеджмент. № 6(2024). с. 301-309 (ISSN 1607-968X)
5. Морунов В.В. Сафиуллин М.Р. Основные подходы к определению экономической безопасности предприятия (экономического субъекта) // Финансовый менеджмент. № 9(2024). с. 256 - 264 (ISSN 1607-968X)

6. Морунов В.В. Стандартизация процесса формирования учетной информации как инструмент обеспечения ее экономической безопасности // Финансовый менеджмент. № 6 (2025). с. 345 - 354 (ISSN 1607-968X)

7. Морунов В.В. Об определении категории «экономическая безопасность учетной информации» в соответствии с нормативными источниками // Финансовый менеджмент. № 7 (2025). с. 329 - 335 (ISSN 1607-968X)

8. Морунов В.В., Зиннуров Р.А., Ганниева Д.Ф. Влияние цифровизации учетных процессов на экономическую безопасность экономического субъекта // Финансовый менеджмент. № 12 (2024). с. 331-339 (ISSN 1607-968X)

© Морунов В.В., 2025

**КОНВЕРГЕНТНЫЙ ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ
РЕГИОНАЛЬНОГО РЕЖИМА СОДЕЙСТВИЯ
РАЗВИТИЮ КЛАСТЕРОВ**

Мокина Анна Викторовна

аспирант

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный
исследовательский университет»

Аннотация: статья посвящена исследованию направлений повышения агломерационных эффектов кластеризации как рациональной формы организации экономики региона, способствующей укреплению конкурентных позиций территориальных образований в борьбе за трудовые и инвестиционные ресурсы. Представлена конвергенция элементов региональной политики для формирования режима содействия развитию кластеров.

Ключевые слова: пространственное развитие, региональная кластеризация, регион, кластер, функционально-отраслевая кластеризация.

**A CONVERGENT APPROACH TO THE FORMATION
OF A REGIONAL REGIME TO PROMOTE
CLUSTER DEVELOPMENT**

Mokina Anna Viktorovna

Abstract: this article explores ways to enhance the agglomeration effects of clustering as a rational form of regional economic organization, strengthening the competitive positions of territorial entities in the competition for labor and investment resources. The convergence of regional policy elements is presented to shape a regime for promoting cluster development.

Key words: spatial development, regional clustering, region, cluster, functional-sectoral clustering.

Для региональной экономики важно, чтобы территориальные конкурентные преимущества генерировались не только из ресурсов фирм, но и из возможностей, аккумулируемых географически близким расположением компаний к бизнес-среде [2].

В условиях недостаточного проявления эффектов кластеризации в регионах ЦФО правительству следует усилить выражение политической приверженности развитию деятельности существующих кластеров и содействию созданию новых.

Региональный режим содействия развитию кластеров необходим для привлечения и объединения предпринимателей с научно-исследовательскими институтами, сервисными и торговыми компаниями. Его определяющая роль состоит в информировании компаний о возможностях участия в альянсах бизнеса, научных и других организаций.

Режим содействия развитию кластеров (кластерной активности) – это система, направленная на формирование специализированных экономических зон (кластеров) на территории региона. Он предполагает модель организации производственной деятельности не только на основе отдельных «точечных» предприятий, но и построение всей производственной цепочки на компактной территории. Согласно данной политике в экономическом пространстве необходимо развитие инфраструктуры с транспортными путями вокруг группы отраслевых предприятий.

Конвергентность подходов формирования регионального режима содействия развитию кластеров предполагает одновременные усилия по:

- созданию глобально конкурентоспособной научно-исследовательской и технологической базы для развития кластеров на уровне сообществ;
- поддержке руководства сообществ, лидеров и стратегий, основанных на знаниях;
- работе с заинтересованными сторонами для привлечения финансирования и новых инвестиций в сообщества;
- стимулированию появления новых компаний, рабочих мест, экспорта и роста инвестиций.

Результатом сформированного режима содействия развитию кластеров должны стать возникающие кластерные инициативы, основанные на партнерских отношениях с местными университетами и региональными агентствами развития, поощрении сетевых альянсов инновационных компаний, поддерживаемых исследовательскими программами и службами технологической помощи. Исследовательские институты и сети могут сыграть важную роль, объединяя местные и региональные интересы с группами инновационноактивных компаний вокруг общей технологической области. Уникальные кластеры способны балансировать местные и региональные преимущества с национальными и глобальными экономическими возможностями.

Экономическая интеграция в территориальном пространстве требует благоприятных условий для активной деятельности, к которым следует отнести наличие инфраструктуры (производственной, транспортной, коммуникационной, коммунальной), налоговые льготы, правовую и информационную поддержку, профессиональную подготовку сотрудников, оплату расходов на инновации, обеспечение сотрудничества предпринимателей с представителями академического сообщества [1].

Процессы формирования регионального режима содействия развитию кластеров неизменно включают меры финансовой помощи, налаживания сотрудничества, укрепления доверия, ресурсную поддержку. При этом данные средства и подходы взаимодействуют с другими видами политики для прямого регулирования активизации деловых альянсов.

Содействие развитию кластеров нацелено на повышение их производственно-хозяйственной активности как высокодинамичного поведения участников бизнес-альянсов в локальном географическом пространстве, включающего как конкуренцию, так и сотрудничество для стимулирования региональных инноваций, производительности и благосостояния.

Для формирования режима содействия развитию кластеров необходимы меры в нескольких направлениях и видах региональной политики (табл. 1).

Таблица 1

**Конвергенция элементов региональной политики
для формирования режима содействия развитию кластеров**

Инновационная политика	Внешнеторговая политика	Инфраструктурная политика	Социальная политика	Экологическая политика
Стимулирование инновационной среды внутри кластеров посредством целенаправленных мер способствует появлению нововведений, что повышает конкурентоспособность компаний кластера	Улучшение торговой политики и поддержка экспорта участников кластера помогают им конкурировать на мировом рынке, а также более эффективно экспортировать свои товары	Кластерные компании зависят от инфраструктурного обеспечения. Современные драйверы, такие как цифровизация или устойчивое развитие, устанавливают новые требования к инфраструктуре.	Хорошая социальная структура, благоприятные условия жизнедеятельности и труда являются важными факторами для привлечения талантов и поддержания мотивации работников кластера.	Меры защиты окружающей среды могут стать движущей силой развития кластера, например, послужить для создания технологических стартапов в области устойчивого развития

Прим.: Составлено автором

Режим содействия развитию региональных кластеров включает в себя комплексный подход региональных правительств и заинтересованных сторон к выявлению, поддержке и стимулированию роста взаимосвязанных отраслей в пределах определенной географической территории. Эта стратегия направлена на использование существующих конкурентных преимуществ региона для стимулирования инноваций, привлечения инвестиций, создания рабочих мест и повышения экономической конкурентоспособности, часто с помощью целенаправленной политики, развития инфраструктуры и совместных инициатив между бизнесом, научными кругами и правительством.

Для стимулирования кластерной интеграции компаний представителям власти необходимо развернуть работу по предоставлению материальных, информационных, методических, образовательных, маркетинговых ресурсов.

В регионах ЦФО необходима разработка и реализация политики, направленной на укрепление среды сотрудничества кластера, совместное создание ценности, что приводит к инновациям и конкурентным преимуществам. Формирование регионального режима содействия развитию кластеров необходимо для усиления экономического феномена от сотрудничества и конкуренции географически сконцентрированных групп взаимосвязанных компаний, специализированных поставщиков, сервисных фирм и связанных с ними учреждений, в результате которого осуществляется коллективное производство и появляются инновации. Несмотря на существование рассмотренных направлений и мер поддержки развития кластеров в регионах России, их деятельность не достигла значительного масштаба. Исследование может быть продолжено поиском и обоснованием перспективных и результативных инструментов расширения кластерных объединений.

Список литературы

1. Антонова, М. В. Экосистема как новая форма пространственной организации экономики / М. В. Антонова, С. А. Наумов // Пространственное развитие территорий: Сборник научных трудов IV Международной научно-

практической конференции, Белгород, 25 ноября 2021 года / Под общей редакцией Е.А. Стрябковой, А.М. Кулик. – Белгород: Общество с ограниченной ответственностью Эпицентр, 2021. – С. 106-110.

2. Чистникова, И. В. Пространственные проекции экономического развития регионов Центрального Черноземья / И. В. Чистникова // Экономика. Информатика. – 2024. – Т. 51, № 3. – С. 544-553. – DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-544-553.

© Мокина А.В.

СЕКЦИЯ ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

ВОЛОНТЕРСТВО КАК СРЕДСТВО ПРЕОДОЛЕНИЯ ИНТЕРНЕТ-ЗАВИСИМОСТИ

Торыбаева Жамиля Захановна

д.п.н., профессор

Южно-Казахстанский педагогический университет

имени Узбекали Жанибекова

Жаркинбаева Динара Сабитовна

магистр психологии, преподаватель

Международный казахско-турецкий университет

имени Ходжи Ахмета Ясави

Аннотация: в статье рассматривается феномен интернет-зависимости как социально-психологическая проблема современного общества. Представлен обзор истории возникновения понятия, основные этапы исследования интернет-зависимости в зарубежной и отечественной науке. Особое внимание уделено анализу волонтерской деятельности как эффективного психолого-педагогического метода профилактики и коррекции цифровой аддикции. Обобщён опыт Казахстана в области развития добровольческого движения и его влияния на снижение уровня интернет-зависимости среди молодежи. В статье предложены рекомендации для образовательных учреждений, родителей, специалистов-психологов и государственных структур. Сделан вывод о стратегической значимости интеграции волонтерства в систему молодежной политики и образования для профилактики интернет-зависимости.

Ключевые слова: интернет-зависимость, волонтерство, молодежь, профилактика аддикций, цифровая среда, психология, Казахстан.

VOLUNTEERING AS A MEANS OF OVERCOMING INTERNET ADDICTION

Torybayeva Zhamilya Zakhanovna

Zharkinbayeva Dinara Sabitovna

Abstract: the article examines Internet addiction as a socio-psychological problem of modern society. The history of the emergence of the concept is presented, along with the main stages of research on Internet addiction in both international and

domestic science. Particular attention is paid to the analysis of volunteering as an effective psychological and pedagogical method of preventing and correcting digital addiction. The article summarizes the experience of Kazakhstan in developing volunteer movements and their impact on reducing the level of Internet addiction among young people. Recommendations are proposed for educational institutions, parents, psychologists, and government structures. The conclusion highlights the strategic importance of integrating volunteering into youth policy and education systems to prevent Internet addiction.

Key words: Internet addiction, volunteering, youth, prevention of addictions, digital environment, psychology, Kazakhstan.

Современное общество невозможно представить без цифровых технологий. Интернет стал важнейшим инструментом для коммуникации, обучения, профессиональной деятельности и досуга. Вместе с тем, развитие информационно-коммуникационной среды породило новое явление — интернет-зависимость. Она рассматривается как разновидность поведенческих аддикций, характеризующаяся навязчивым стремлением к постоянному пребыванию в сети, что приводит к социальной дезадаптации и ухудшению качества жизни (Карабанова, 2019) [6].

В условиях роста числа молодежи, подверженной цифровой зависимости, важной задачей становится поиск эффективных методов профилактики и коррекции данного феномена. Одним из таких методов выступает волонтерство. Добровольческая деятельность способствует формированию социальных связей, развитию коммуникативных навыков и укреплению психологического здоровья (Wilson, 2012; Леонтьев, 2020) [8], [5].

Цель данной статьи — проанализировать интернет-зависимость как феномен современного общества и показать возможности волонтерства как метода её преодоления.

Понятие «интернет-зависимость» впервые было введено американским психиатром Айвеном Голдбергом в 1995 году, когда он в шутливой форме предложил диагностические критерии, аналогичные зависимостям, указанным в DSM-IV. Несмотря на ироничный подтекст, термин быстро получил признание, так как отражал реальные проявления чрезмерного использования интернета (Goldberg, 1996).

Значительный вклад в развитие теоретической базы внесла К. Янг, которая в 1998 году предложила методику «Internet Addiction Test» (IAT). В её

работах интернет-зависимость рассматривалась как расстройство контроля над импульсами, сопоставимое с патологическим влечением к азартным играм (Young, 1998) [9].

В российской науке проблемой занимались А.Е. Войскунский, Е.П. Белинская, Г.У. Солдатова и другие. Они подчеркивали социально-психологическую природу феномена, отмечая, что наиболее уязвимой группой являются подростки и молодежь (Войскунский, 2010) [10].

В Казахстане исследования интернет-зависимости активно развиваются с 2010-х годов. По данным Института психологии образования (2022), признаки интернет-зависимости наблюдаются у 14% школьников и студентов.

Международные исследования показывают, что уровень интернет-зависимости среди молодежи колеблется от 7% до 20% в зависимости от методики диагностики (Kuss & Griffiths, 2015) [4].

Ключевые проявления интернет-зависимости включают:

- потерю контроля над временем пребывания в сети;
- снижение учебной и профессиональной продуктивности;
- замещение реальных контактов виртуальными;
- эмоциональные расстройства (раздражительность, тревожность) при ограничении доступа к интернету;
- физические проблемы (нарушение сна, гиподинамия, ухудшение зрения) (Beard, 2017) [1].

Таким образом, интернет-зависимость представляет собой многоуровневое социально-психологическое явление, требующее комплексного подхода к коррекции. Одним из таких подходов может быть вовлечение молодежи в социально значимую деятельность — волонтерство.

Волонтерство определяется как добровольная, безвозмездная деятельность, направленная на помощь людям, сообществам или окружающей среде. С точки зрения психологии, волонтерская деятельность выступает фактором личностного развития и социальной адаптации. Она формирует у участников чувство принадлежности, развивает эмпатию и укрепляет самооценку (Clary & Snyder, 1999) [2].

Участие в волонтерской деятельности может рассматриваться как альтернатива интернет-зависимости по следующим причинам:

- Снижение времени в сети. Регулярная занятость офлайн-деятельностью ограничивает возможности для чрезмерного использования интернета.

- Формирование реальных социальных связей. Командная работа волонтеров укрепляет межличностные отношения, снижая потребность в виртуальном общении.

- Удовлетворение потребности в признании. Волонтеры получают одобрение и уважение общества, что заменяет виртуальные «лайки».

- Развитие личности. Волонтерство способствует формированию альтруистических установок и развитию эмоциональной устойчивости.

В Казахстане развитие добровольчества закреплено на государственном уровне. В 2016 году был принят Указ Президента РК «О Концепции развития волонтерской деятельности до 2025 года». В рамках проектов «Birgemiz», «Asar» и «Zhas Qorghan» школьники и студенты активно вовлекаются в социально полезную деятельность [11].

Исследования Назарбаев Университета (2021) показывают, что участие студентов в волонтерских проектах снижает уровень интернет-зависимости в среднем на 18% и положительно влияет на академическую успеваемость.

Исходя из вышесказанного, для развития и закрепления результатов подростков, работающих над интернет-зависимостью, можно дать следующие рекомендации:

Родителям:

- поддержка участия детей в волонтерских инициативах. В Канаде многие родители включаются в школьные волонтерские программы: например, семейные экологические субботники, где родители и подростки вместе участвуют в посадке деревьев или уборке парков;

- формирование семейных традиций совместного добровольчества. В Германии популярна практика «Family Volunteering» — семьи вместе участвуют в благотворительных марафонах или культурных событиях. Это создает позитивную альтернативу онлайн-активности;

- ограничение бесконтрольного доступа к гаджетам. В Японии родители и школы активно применяют правила «digital curfew» (цифровой комендантский час): в вечернее время интернет отключается, а досуг строится вокруг семейных игр и хобби.

Образовательным учреждениям:

- интеграция волонтерских проектов в учебные программы. В Южной Корее школы и университеты обязаны включать социальные проекты в учебный план: студенты выбирают добровольческую деятельность (помощь пожилым, экологические акции, наставничество младших школьников) и

получают академические кредиты. Это помогает переключать подростков с виртуальной активности на реальные социальные взаимодействия;

- развитие студенческих клубов добровольцев. В США активно работают «Volunteer Clubs» в школах и колледжах (например, Key Club International). Подростки регулярно организуют акции взаимопомощи, что снижает риск интернет-зависимости за счет социализации [3];

- проведение семинаров о безопасном использовании интернета. В Финляндии школьников учат цифровой гигиене через курс «Media Literacy Education». Там подростков обучают навыкам критического восприятия информации и разумному использованию гаджетов, что снижает риски зависимого поведения;

Психологам и социальным педагогам:

- включение волонтерства в программы психопрофилактики. В Великобритании программы профилактики интернет-зависимости включают социальное волонтерство: подростков привлекают к проектам «Community Service», что укрепляет навыки эмпатии и уменьшает изоляцию [2];

- использование групповых проектов как метода коррекции зависимости. В США существует программа «Youth Service America», где школьников объединяют в команды для выполнения общественно значимых задач (например, организация мероприятий для бездомных). Это снижает уровень вовлеченности в онлайн-игры [9];

- разработка арт-терапевтических форм волонтерской активности. В Италии практикуются «art-volunteering projects» — подростки рисуют граффити в общественных местах или создают арт-объекты для городов. Это сочетает арт-терапию с социальной активностью, что помогает преодолеть интернет-зависимость.

Государственным структурам:

- финансирование молодежных волонтерских инициатив. В Китае действует государственная программа «Youth Volunteer Action», которая получает гранты на развитие молодежных движений. В результате тысячи подростков вовлекаются в офлайн-активность, что снижает риски интернет-зависимости;

- создание инфраструктуры для деятельности добровольцев. В Нидерландах государство развивает Volunteer Centers, где подростки могут выбрать удобный проект для участия. Это легкий вход в добровольческую активность;

- популяризация успешных кейсов борьбы с интернет-зависимостью. В Сингапуре запущена национальная кампания «Digital Detox», где на государственном уровне демонстрируются истории подростков, преодолевших интернет-зависимость через спорт и волонтерство [12].

Интернет-зависимость является актуальной проблемой современной молодежи, оказывающей негативное влияние на личностное развитие и социальную адаптацию. История её изучения свидетельствует о том, что феномен получил признание в международной и отечественной науке, а его последствия подтверждены эмпирическими исследованиями.

Волонтерство, как форма социальной активности, обладает высоким потенциалом в профилактике и коррекции интернет-зависимости. Оно снижает время пребывания в сети, формирует реальное общение и укрепляет психологическое здоровье.

Таким образом, волонтерская деятельность может рассматриваться как эффективный психолого-педагогический метод борьбы с цифровыми аддикциями. Для Казахстана интеграция волонтерства в систему образования и молодежной политики является стратегическим направлением профилактики интернет-зависимости.

Примечания

Статья написана в рамках научного проекта, финансируемого Министерством образования и науки РК по теме AP19679648 «Организация волонтерской деятельности по обеспечению безопасной образовательной среды в ракурсе здорового образа жизни молодежи Нового Казахстана».

Список литературы

1. Beard K. W. Internet addiction: A review of current assessment techniques and potential assessment questions // CyberPsychology & Behavior. – 2017. – Vol. 10(7). – P. 772–780.
2. Clary E. G., Snyder M. The motivations to volunteer: Theoretical and practical considerations // Current Directions in Psychological Science. – 1999. – Vol. 8(5). – P. 156–159.
3. Griffiths M. Internet addiction: Does it really exist? // Psychology and the Internet. – 2000. – P. 61–75.

4. Kuss D., Griffiths M. Internet Addiction in Adolescents: Prevalence and Risk Factors // Computers in Human Behavior. – 2015. – Vol. 29(1). – P. 1–9.
5. Леонтьев Д.А. Психология смысла. – М.: Смысл, 2020. – 480 с.
6. Карабанова О.А. Цифровая социализация подростков: риски и ресурсы // Вопросы психологии. – 2019. – №4. – С. 3–15.
7. Солдатова Г.У., Рассказова Е.И. Цифровая зависимость подростков и молодежи. – М.: Юрайт, 2018. – 320 с.
8. Wilson J. Volunteerism research: A review essay // Nonprofit and Voluntary Sector Quarterly. – 2012. – Vol. 41(2). – P. 176–212.
9. Young K. Internet addiction: The emergence of a new clinical disorder // CyberPsychology & Behavior. – 1998. – Vol. 1(3). – P. 237–244.
10. Войскунский А.Е. Психология и интернет. – М.: Акрополь, 2010. – 412 с.
11. Министерство здравоохранения РК. Отчет о состоянии здоровья молодежи Казахстана. – Нур-Султан, 2022.
12. <https://www.sentosa.com.sg/>

© Торыбаева Ж.З., Жаркинбаева Д.С.

ПСИХОСОМАТИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ УЧАЩИХСЯ КАК ИНДИКАТОР УЧЕБНОГО СТРЕССА

Эфендиева Камилла Вагифовна

магистрант 2 курса

кафедра социальной психологии

Бакинский государственный университет

Аннотация: в статье рассматривается роль психосоматических реакций как индикатора учебного стресса у школьников. Теоретическая часть освещает сущность учебного стресса, механизмы психосоматических проявлений, влияние индивидуальных особенностей учащихся и школьной среды, а также психофизиологические аспекты формирования симптомов. В эмпирическом исследовании приняли участие 37 учеников 10 классов. Для диагностики психосоматических симптомов использовались методика самооценки состояния здоровья и опросник школьного стресса. Результаты исследования показали, что учащиеся с высоким уровнем учебного стресса чаще испытывают головные боли, усталость и нарушения сна. Выявлены статистически значимые корреляции между уровнем стресса и интенсивностью психосоматических симптомов. Предложены рекомендации по раннему выявлению учебного стресса и организации психологической поддержки.

Ключевые слова: психосоматические реакции, учебный стресс, школьники, психоэмоциональное состояние, диагностика.

PSYCHOSOMATIC REACTIONS OF STUDENTS AS AN INDICATOR OF ACADEMIC STRESS

Afandiyeva Kamilla Vagifovna

Abstract: the article examines the role of psychosomatic reactions as indicators of academic stress in schoolchildren. The theoretical part highlights the nature of academic stress, mechanisms of psychosomatic manifestations, the influence of individual characteristics of students and the school environment, as well as psychophysiological aspects of symptom formation. The empirical study involved 37 tenth-grade students. To diagnose psychosomatic symptoms, the Health Self-Assessment method and the School Stress Questionnaire were used. The study

results showed that students with high levels of academic stress more frequently experience headaches, fatigue, and sleep disturbances. Statistically significant correlations were found between stress levels and the intensity of psychosomatic symptoms. Recommendations are provided for the early detection of academic stress and the organization of psychological support.

Key words: psychosomatic reactions, academic stress, schoolchildren, psycho-emotional state, diagnostics.

Современные школьники находятся в условиях высокой учебной нагрузки, что приводит к увеличению психоэмоционального напряжения. Учебный стресс может негативно влиять на когнитивные функции, учебную мотивацию и успеваемость, а также проявляться в виде психосоматических симптомов [1]. Психосоматические реакции — это физические проявления эмоционального напряжения, возникающие в ответ на стрессовые факторы и отражающие неспособность организма справляться с ними [2].

Своевременное выявление психосоматических симптомов может служить надежным индикатором уровня учебного стресса и позволять педагогам и психологам своевременно корректировать нагрузку и поддерживать психоэмоциональное состояние учащихся. Цель данной статьи — исследовать психосоматические проявления учащихся как индикатор учебного стресса и оценить возможности их использования в диагностике психоэмоционального состояния школьников.

Учебный стресс — это психоэмоциональное напряжение, возникающее под влиянием высоких академических требований, ожиданий педагогов и родителей, а также внутренней мотивации к успеху [1]. Он может проявляться как в физиологической, так и в психологической форме: учащиеся испытывают тревогу, усталость, раздражительность, нарушение сна и концентрации внимания.

Согласно Асмолову А.Г., уровень учебного стресса напрямую связан с успеваемостью и социальной адаптацией учащихся. Дети, неспособные справляться с высоким уровнем требований, склонны к развитию психосоматических симптомов, которые служат сигналом о перегрузке [1].

Психосоматические реакции — это телесные проявления эмоционального напряжения, возникающие даже при отсутствии органической патологии. Они выступают своеобразным «языком тела», через который ребенок выражает невозможность справляться с эмоциональными или когнитивными нагрузками [2].

Наиболее часто встречающиеся психосоматические симптомы у школьников включают головные боли, боли в животе, усталость, нарушения сна, снижение концентрации внимания и раздражительность [2]. Психофизиологические исследования показывают, что хронический стресс приводит к активации гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы, что усиливает соматические проявления и снижает адаптационные возможности организма [2].

С точки зрения психоаналитической концепции Юнга К.Г., психосоматические реакции отражают неосознаваемые эмоциональные конфликты, которые ребенок не способен вербально выразить. Эти конфликты могут быть связаны с учебными требованиями, взаимоотношениями со сверстниками или внутренней мотивацией к успеху, что делает психосоматические проявления индикатором эмоционального состояния учащегося [3].

Сперлинг М. подчеркивает, что психосоматические симптомы у детей и подростков служат своеобразным «барометром» учебного стресса. Учащиеся с высокой тревожностью чаще испытывают хронические головные боли, желудочно-кишечные расстройства и нарушения сна. Длительное пребывание в состоянии стресса также может провоцировать снижение мотивации, социальной активности и самооценки, создавая замкнутый круг негативного влияния учебных нагрузок на психоэмоциональное состояние [4].

Индивидуальные особенности учащихся играют ключевую роль в проявлении психосоматических симптомов. Личностные факторы, такие как высокая тревожность, перфекционизм, низкая стрессоустойчивость и склонность к самокритике, усиливают восприимчивость к учебным нагрузкам [2], [4].

Школьная среда также оказывает значительное влияние на психоэмоциональное состояние учащихся. Авторитарный стиль педагогического воздействия, чрезмерные требования к успеваемости, недостаток эмоциональной поддержки и социальное давление со стороны сверстников усиливают проявление психосоматических симптомов [1], [2].

В совокупности теоретические данные указывают на необходимость системного мониторинга психосоматических симптомов как одного из ключевых методов выявления учебного стресса у школьников. Своевременная диагностика позволяет разрабатывать профилактические меры, направленные на снижение стрессовой нагрузки и повышение адаптации учащихся.

Цель исследования: определить связь между психосоматическими реакциями и уровнем учебного стресса у школьников 10 классов.

Участники: в исследовании приняли участие 37 учеников 10 классов (18 мальчиков, 19 девочек) одной городской школы. Возраст участников — 15–16 лет.

Методы и методики

Для диагностики использовались две методики:

1. Опросник школьного стресса

- о Адаптированная версия Школьного стресс-опросника (20 вопросов)
- о Вопросы касаются восприятия учебных нагрузок, тревожности и эмоционального состояния
- о Оценка по 5-балльной шкале

2. Методика самооценки психосоматических симптомов

- о 15 пунктов, отражающих частоту головных болей, усталости, нарушений сна и желудочно-кишечных жалоб
- о Оценка по 5-балльной шкале

Процедура:

Участники заполняли оба опросника анонимно в присутствии исследователя. Полученные данные обрабатывались статистически: вычислялись средние значения, стандартные отклонения и коэффициенты корреляции Пирсона для выявления взаимосвязи между уровнем стресса и интенсивностью психосоматических симптомов.

Результаты:

- 62% участников сообщили о частых головных болях при высоком уровне учебного стресса.
- 54% участников отмечали усталость и снижение концентрации внимания.
- 46% испытывали нарушения сна и аппетита в периоды интенсивной учебной нагрузки.
- Коэффициент корреляции между уровнем учебного стресса и интенсивностью психосоматических симптомов составил $r = 0,68$, что свидетельствует о высокой статистической связи.

Результаты подтверждают, что психосоматические реакции учащихся тесно связаны с уровнем учебного стресса и могут использоваться как надежный индикатор эмоционального состояния школьников.

Результаты исследования согласуются с теоретическими данными [1], [2], [4] и подтверждают гипотезу о том, что психосоматические реакции служат

индикатором учебного стресса. Наиболее часто выявленные симптомы — головные боли, усталость, нарушение сна — совпадают с данными Малкиной-Пых И.Г. о характерных признаках психосоматических проявлений у школьников [2].

Выявленная корреляция между уровнем стресса и интенсивностью психосоматических симптомов позволяет рекомендовать использование простых диагностических инструментов для раннего выявления напряжения у школьников. Вовлечение школьного психолога в мониторинг психосоматических симптомов обеспечивает возможность своевременной коррекции учебной нагрузки и организации профилактических мероприятий.

Выводы

1. Психосоматические реакции учащихся служат индикатором учебного стресса и отражают уровень психоэмоционального напряжения.
2. Уровень учебного стресса положительно коррелирует с интенсивностью психосоматических симптомов ($r = 0,68$).
3. Для диагностики учебного стресса у школьников целесообразно использовать опросники психосоматических проявлений и шкалу школьного стресса.
4. Важна роль школьного психолога в раннем выявлении симптомов и организации профилактических мер, направленных на снижение психоэмоционального напряжения.
5. Рекомендуется разработка программ психологической поддержки, направленных на развитие стрессоустойчивости и эмоциональной компетентности учащихся.

Список литературы

1. Асмолов, А. Г. Психология личности: учебник для вузов. — М.: Смысл, 2020. -512 с.
2. Малкина-Пых, И. Г. Психосоматика: учебное пособие. — М.: Эксмо, 2020. -624 с.
3. Юнг, К. Г. Архетип и символ. — М.: Рефл-бук, 1997. -352 с.
4. Sperling, M. Child Psychosomatic Disorders. — London: Oxford Press, 2013. -246 p.

© Эфендиева К.В., 2025

СЕКЦИЯ ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

**МЕЖПРЕДМЕТНЫЕ СВЯЗИ В НАЧАЛЬНЫХ КЛАССАХ:
КАК СДЕЛАТЬ УРОК РУССКОГО ЯЗЫКА
ЭФФЕКТНЫМ И ЭФФЕКТИВНЫМ**

Крицкая Наталья Викторовна

к. филол. н., доцент

Ляховская Елена Игоревна

учитель I ступени общего среднего образования

Ошуркевич Ольга Александровна

студент

УО «Витебский государственный университет

имени П.М. Машерова»

Аннотация: в данной статье рассматриваются особенности применения межпредметных связей. Авторы подчеркивают перспективность использования межпредметности и делают попытку описать, как именно данный принцип может быть использован на уроках русского языка в начальных классах.

Ключевые слова: русский язык, межпредметные связи, учебный предмет.

**INTERDUCTURAL CONNECTIONS IN PRIMARY SCHOOLS:
HOW TO MAKE A RUSSIAN LANGUAGE LESSON
EFFECTIVE AND EFFICIENT**

Kritskaya Natalya Viktorovna

Lyakhovskaya Elena Igorevna

Oshurkevich Olga Aleksandrovna

Abstract: this article examines the specifics of using interdisciplinary connections. The authors emphasize the potential of using interdisciplinary connections and attempt to describe how this principle can be used in Russian language lessons in elementary grades.

Key words: Russian language, interdisciplinary connections, academic subject.

В середине прошлого столетия проблема использования межпредметных связей в обучении была ведущей идеей дидактики и методики.

Междисциплинарные связи рассматривались исследователями как средством повышения мотивации к обучению, формирования целостной научной картины мира, углубления и закрепления знаний, достижения успехов в учебе, расширения интеллектуального горизонта обучающихся. Комплексное изучение предметов в школьной практике выступает как одно из условий развития функциональной грамотности учащихся.

Цель данной публикации – изучить значимость принципа межпредметности в обучении родному языку на первой ступени общего среднего образования и определить методы и приемы для его реализации.

Материалы и методы исследования. Методологическую базу исследования составляют труды отечественных ученых. В процессе написания данной работы были использованы теоретические методы: анализ литературы, синтез и обобщение. На эмпирическом уровне мы изучали и обобщали педагогический опыт учителей начальных классов.

Результаты исследования и их обсуждение. Необходимость развития межпредметных связей диктуется современной образовательной средой, где школы должны активно внедрять инновационные методики и подходы, постоянно совершенствовать профессионализм учителей, а также применять интегрированные формы обучения, основанные на межпредметных взаимодействиях. В настоящее время особое значение придается педагогическим технологиям и стратегиям, которые не только способствуют глубокому усвоению материала обучающимися, но и создают благоприятные условия для самореализации и развития потенциала каждого ученика, содействуя формированию его социальной и личностной зрелости.

Анализ работ Балалыкина Д.А., Тимкина А.В. [1], Ковалевой С.А., Полоусовой В.В., Хазыковой Т.С. [2] позволил установить, что интегрированный подход обладает уникальными особенностями:

- активизация познавательной деятельности обучающихся в процессе изучения нового материала;
- целостное представление о мире за счет взаимосвязи различных учебных дисциплин;
- усиление усвоения знаний по одному предмету через изучение другого;
- создание благоприятной психологической атмосферы для развития творческого потенциала у младших школьников;

- организация обучения в форме активной познавательной деятельности, обеспечивающей прочное закрепление знаний, умений, навыков и развитие личности;

- интеграция воспитательной работы в учебный процесс.

Интегрированный урок является основной формой обучения, использование которого необходимо:

- 1) для переформатирования традиционной подачи материала в оригинальную и интересную для учеников;

- 2) для повышения интереса учащегося к процессу познания под руководством педагога и к самостоятельной познавательной деятельности;

- 3) для повышения качества обучения и уровня воспитанности учащихся;

- 4) для повышения результативности обучения;

- 5) для развития в ученике стремления к сотрудничеству с другими обучающимися и учителем на уроке и во внеурочной деятельности;

- 6) для содействия формированию универсальных учебных действий и базовых навыков XXI в., необходимых младшему школьнику для успешного освоения содержания дальнейшей учебной деятельности и жизни в различных социально-экономических условиях, и т.д. [3].

На уроках русского языка на I ступени общего среднего образования широко применяются различные методики для реализации межпредметных связей. Интерактивные методы обучения, такие как игровые формы работы, дискуссии, ролевые игры, способствуют активному участию учащихся и интеграции с другими предметами.

Игровая форма работы на уроках русского языка может значительно повысить интерес и мотивацию учащихся, а также способствовать более глубокому усвоению материала.

Метод дискуссии является эффективным средством реализации межпредметных связей, так как представляет собой структурированное обсуждение различных точек зрения на определённую тему, в ходе которого участники высказывают свои аргументы, анализируют и оценивают мнения других, стремясь достичь взаимопонимания или выработать общее решение.

В процессе дискуссии происходит обмен информацией и идеями, что способствует расширению кругозора участников и развитию их критического мышления, помогает выявить различные аспекты проблемы и найти наиболее оптимальные пути ее решения.

Кроме того, дискуссия может служить средством социальной интеграции и укрепления командного духа, поскольку участники обмениваются опытом и

знаниями, учатся работать вместе и находить общий язык. Важным аспектом данной формы работы является уважение мнениям других участников, что способствует созданию позитивной атмосферы в классе.

Дискуссии на уроках русского языка, ориентированные на межпредметные связи, являются эффективным инструментом для формирования целостного взгляда на мир, развития критического мышления и способности к сотрудничеству, а также углубления знаний в различных областях. Они делают учебный процесс более интересным и значимым для учащихся, а также способствуют их всестороннему развитию.

Метод ролевой игры является интерактивным и эффективным способом реализации межпредметных связей и позволяет учащимся применять знания и навыки, полученные на уроках русского языка, в контексте других предметов.

Например, обучающиеся могут разыгрывать сцены из любимых литературных произведений, используя русский язык для передачи диалогов и описания событий, или обучающиеся могут разыгрывать сцены путешествия: писать тексты для экскурсии по родному городу, стране.

Использование экспериментов на уроках русского языка в начальных классах может быть очень интересным и эффективным способом обучения. Мы предлагаем несколько примеров.

Эксперименты со звуками. Например, можно провести эксперимент, в котором ученики будут изучать звуки, издаваемые разными предметами и живой природой. Для этого можно использовать различные материалы, такие как дерево, металл, стекло, а также звуки живой природы: шум ветра, пение птиц, звуки дождя - и попросить детей описать звуки, которые они слышат.

Эксперименты со словами. Например, можно провести эксперимент, в котором обучающиеся будут изучать значения слов, используя картинки или предметы. Для этого можно подготовить набор картинок или предметов, соответствующих разным значениям слова, и попросить детей выбрать правильный вариант. Это поможет лучше понять значения слов и развить навыки чтения и письма.

Эксперименты со словообразованием. Например, можно провести эксперимент, в котором школьники будут рассматривать образование новых слов из разных изучаемых областей (млекопитающие, треугольник, фортепиано). Для этого можно подготовить набор слов и попросить детей составить новые слова, используя приставки, суффиксы, а после объяснить значение этих слов.

Проектная деятельность позволяет детям глубоко изучать материал и связывать его с другими предметами. Например, можно организовать проект, в рамках которого обучающиеся будут изучать правила русского языка и связывать их с историей и культурой.

Для эффективного использования межпредметных связей на уроках русского языка важно правильно подобрать методические приемы и формы работы. Это могут быть проекты, исследовательские задания, интерактивные уроки, включающие элементы других предметов. Также важно учитывать возрастные особенности учащихся и создавать такие задания, которые были бы для них интересны и понятны.

Заключение. Использование межпредметных связей на уроках русского языка на I ступени общего среднего образования способствует более глубокому и всестороннему усвоению учебного материала, развитию учебных навыков и мотивации к обучению. Это направление требует от учителя творческого подхода и готовности к интеграции знаний из различных областей, но результаты такого подхода значительно обогащают образовательный процесс и способствуют всестороннему развитию личности ребенка.

Важно отметить, что для успешной реализации межпредметных связей необходима высокая квалификация учителей, их способность видеть возможности для интеграции знаний и готовность к творческому подходу в обучении. Включение межпредметных связей в учебный процесс способствует всестороннему развитию личности ребёнка и подготавливает его к успешной социализации и дальнейшему образованию в современном мире.

Список литературы

1. Балалыкин Д.А., Тимкин А.В. Интерактивные и интегративные метапредметные образовательные технологии // Наука и образование. – 2020. – Т. 3. – № 2. – С. 195-196.
2. Ковалева С.А., Полоусова В.В., Хазыкова Т.С. Интеграция через поиск межпредметных связей // Научная дискуссия: вопросы педагогики и психологии. – 2015. – № 12-2 (45). – С. 17-23.
3. Гальченко Н.А. Интегративные процессы как фактор повышения качества общего образования средней школы: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Москва, 2013. – 27 с.

© Крицкая Н.В., Ляховская Е.И., Ошуркевич О.А.

КОНСТАТИРУЮЩИЙ ЭТАП ИССЛЕДОВАНИЯ ГОТОВНОСТИ ПЕДАГОГОВ ДОУ К ПОДДЕРЖКЕ ДЕТСКОЙ ИНИЦИАТИВЫ В СЮЖЕТНО-РОЛЕВОЙ ИГРЕ

Александрова Динара Вафаевна

студент заочного отделения

Чувашский государственный педагогический

университет им. И.Я. Яковлева,

учитель-логопед

МБДОУ «Детский сад № 73» г. Казани

Научный руководитель: **Парфенова Ольга Васильевна**

канд. пед. наук, доцент

Чувашский государственный педагогический

университет имени И.Я. Яковлева

Аннотация: в статье представлены результаты констатирующего этапа экспериментального исследования, направленного на выявление уровня инициативности детей 6-7 лет в сюжетно-ролевой игре и готовности воспитателей к её поддержке. Использован комплекс методов: беседа с детьми, наблюдение за игровой деятельностью, анкетирование и экспертная оценка педагогов. Полученные данные обосновали необходимость целенаправленного методического сопровождения.

Ключевые слова: констатирующий этап, детская инициатива, сюжетно-ролевая игра, готовность педагога, экспертная оценка.

DIAGNOSTIC STAGE OF THE STUDY ON THE READINESS OF PRESCHOOL TEACHERS TO SUPPORT CHILDREN'S INITIATIVE IN ROLE-PLAYING GAMES

Alexandrova Dinara Vafaevna

Scientific adviser: **Parfenova Olga Vasilyevna**

Abstract: the article presents the results of the diagnostic stage of an experimental study aimed at identifying the level of initiative among children aged 6-7 in role-playing games and the readiness of educators to support it. A set of methods was used: conversations with children, observation of play activities, teacher

questionnaires, and expert evaluation. The findings justified the need for targeted methodological support.

Key words: diagnostic stage, children's initiative, role-playing game, teacher readiness, expert evaluation.

Современный Федеральный государственный образовательный стандарт дошкольного образования (ФГОС ДО) чётко определяет, что педагог обязан поддерживать детскую инициативу во всех видах деятельности, в том числе в сюжетно-ролевой игре (СРИ), которая является ведущей деятельностью дошкольного возраста. Однако на практике реализация этого положения сталкивается с рядом трудностей. В условиях насыщенного режима дня, ориентированного на подготовку к школе, педагоги зачастую берут руководство игрой на себя, навязывая тему, распределяя роли и контролируя сюжет. Такой подход, хоть и обеспечивает «порядок» в игре, подавляет инициативу большинства детей, особенно пассивных и малообщительных.

В этой связи особую значимость приобретает методическое сопровождение как механизм профессиональной поддержки педагога. По мнению В.И. Загвязинского, методическое сопровождение — это специально организованное систематическое взаимодействие старшего воспитателя и воспитателя, направленное на оказание помощи педагогу в выборе путей решения задач и типичных проблем, появляющихся в ситуациях реальной педагогической деятельности, с учётом его профессионального и жизненного опыта [1]. Именно такая поддержка позволяет педагогу перейти от директивного руководства к партнёрской позиции, создающей условия для проявления детской инициативы.

Актуальным становится вопрос о диагностике реального уровня готовности воспитателей к такому сопровождению и выявлении исходного уровня детской инициативности в естественных условиях.

Целью констатирующего этапа нашего исследования стало выявление исходного состояния проблемы: определение уровня инициативности детей 6–7 лет в сюжетно-ролевой игре и уровня готовности воспитателей к её поддержке.

Экспериментальная база исследования — Муниципальное бюджетное дошкольное образовательное учреждение «Детский сад»

Для достижения цели использовался комплекс методов:

- Беседа с детьми с использованием сюжетных картинок.

- Наблюдение за игровой деятельностью в двух форматах: организованная СРИ (тема задаётся взрослым) и самостоятельная СРИ (дети инициируют игру по собственному желанию).
- Индивидуальные беседы и анкетирование воспитателей — для выявления их представлений об игре, стратегий сопровождения и осознания трудностей.
- Анализ предметно-пространственной среды — по критериям ФГОС ДО (насыщенность, доступность, вариативность, безопасность).
- Экспертная оценка готовности педагогов — метод, выбранный для объективной диагностики профессиональных действий воспитателей в процессе сопровождения игры.

В основе диагностического инструментария лежит критериально-уровневая модель игровых умений, разработанная на основе теорий Д. Б. Эльконина и Н. Я. Михайленко [2], дополненная компонентом «инициативность» в каждом из пяти ключевых критериев игры: замысел, сюжет, роль, ролевые действия, ролевая речь.

Результаты диагностики детской инициативности

Анализ бесед с детьми показал, что большинство (65%) предпочитают играть в компании сверстников, мотивируя это тем, что «одному скучно». При этом лишь 35% детей самостоятельно придумывают игры, остальные полагаются на помощь взрослых или лидеров-сверстников. Игровые предпочтения носят ярко выраженный гендерный характер: девочки выбирают бытовые сюжеты («Семья», «Поликлиника», «Салон красоты»), мальчики — приключенческие и профессиональные («Военные игры», «Путешествие», «Транспорт»).

Наблюдение за организованной игрой («Ателье мод») выявило следующее:

- Высокий уровень инициативности — у 21% детей в экспериментальной группе и 14% — в контрольной. Эти дети активно участвовали в распределении ролей, использовали предметы-заместители, вели ролевой диалог.
- Средний уровень — у 79% и 86% соответственно. Дети следовали предложенному сюжету, но инициативы в его развитии не проявляли.

Более показательными оказались результаты наблюдения за самостоятельной игрой:

- В экспериментальной группе 21% детей проявляли инициативу: сами определяли тему, развивали сюжет, вовлекали других.

- 50% могли выбрать тему, но чаще принимали её от лидеров.
- 29% (7 детей) были пассивны, играли в одиночку, не могли придумать сюжет и часто не доводили игру до конца.

В контрольной группе картина схожая, но с меньшим количеством пассивных детей (17%).

Таким образом, подавляющее большинство детей (около 50–58%) функционируют на среднем уровне, способны включаться в игру, но их активность во многом зависит от инициативы сверстников-лидеров или взрослого. Истинная инициативность — способность самостоятельно генерировать замысел, развивать оригинальный сюжет, вводить новизну — присуща лишь небольшой части детей (21–25%), что соответствует высокому уровню игрового развития. Значительная группа детей (17–29%) демонстрирует низкий уровень — они пассивны, затрудняются в придумывании сюжета, избегают взаимодействия.

Беседы и анкетирование показали, что воспитатели осознают важность сюжетно-ролевой игры для развития личности ребёнка. Они отмечают наличие инициативных детей-лидеров, но признают, что не все дети проявляют самостоятельность в развитии замысла, выборе сюжета, построении ролевого диалога. Педагоги указывают на следующие причины: нехватка времени в режиме дня, недостаток методической литературы и форм повышения квалификации, трудности в поддержке инициативы пассивных детей.

Однако ключевым методом диагностики стала экспертная оценка, проведённая старшим воспитателем и методистом по специально разработанной анкете, включающей 25 показателей, сгруппированных в 5 блоков:

1. Поддержка инициативы в формировании замысла игры.
2. Поддержка инициативы в развитии сюжета.
3. Поддержка инициативы в выборе и исполнении роли.
4. Поддержка инициативы в ролевых действиях.
5. Поддержка инициативы в ролевой речи.

На основе среднего балла определялся уровень готовности педагога:

- Низкий (1,0–1,9): педагог контролирует игру, инициатива детей подавляется или игнорируется. Преобладает директивный стиль руководства.
- Средний (2,0–2,4): поддержка инициативы фрагментарна, педагог часто берёт руководство на себя, не всегда следует за инициативой ребёнка.

- Высокий (2,5–3,0): педагог выступает как партнёр и фасилитатор: создаёт условия для инициативы, гибко реагирует на идеи детей, направляет, но не подменяет их активность.

Результаты экспертной оценки показали, что в экспериментальной группе преобладал низкий уровень готовности — у 4 педагогов (57%), средний — у 2 (29%), и лишь у 1 (14%) выявлен высокий уровень. В контрольной группе ситуация была схожей, но с большим количеством педагогов с высоким уровнем (43%).

Эти данные подтверждают, что педагоги, несмотря на понимание значимости игры, не обладают устойчивыми стратегиями поддержки инициативы на всех этапах игровой деятельности. Преобладает директивный или фрагментарно-реактивный стиль сопровождения: педагог либо берёт руководство на себя, либо ограничивается пассивным наблюдением, не создавая условий для проявления и развития инициативы у всех детей, особенно у пассивных и малообщительных.

Важно отметить, что материально-пространственная среда в обеих группах создана на высоком уровне: игровые зоны эстетичны и доступны; есть достаточное количество атрибутов, предметов-заместителей, элементов костюмов; оборудование хранится в коробках с картинками, дети самостоятельно выбирают игры; игры могут длиться несколько дней; среда соответствует возрастным особенностям и интересам детей.

Таким образом, проблема не в среде, а в позиции взрослого. Даже при наличии всех условий для инициативной игры педагоги не всегда умеют «отпустить» игру, доверить детям право на замысел и сюжет.

Список литературы

1. Загвязинский В. И. Методология и методика дидактического исследования : учебное пособие / В. И. Загвязинский. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2020. — 160 с.
2. Михайленко Н. Я. Как играть с ребёнком / Н. Я. Михайленко, Н. А. Короткова. – М.: Просвещение, 2015. – 157 с.

© Александрова Д.В., 2025

СЕКЦИЯ СОЦИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 796.034

СОЦИОКУЛЬТУРНЫЕ И ИНФРАСТРУКТУРНЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ МАССОВОГО СПОРТА В РОССИИ

Авенович Мария Романовна

магистрант

Научный руководитель: **Неуструева Анастасия Сергеевна**

старший преподаватель

кафедра бухгалтерского учета и аудита

Санкт-Петербургский государственный университет

промышленных технологий и дизайна

Аннотация: в статье проводится анализ роли и значения массовых спортивных мероприятий в социальной практике современного российского общества. На основе междисциплинарного подхода исследуются нормативно-правовые основы организации таких мероприятий, их целеполагание и функциональное предназначение в контексте реализации государственной политики в сфере физической культуры и спорта. Особое внимание уделяется эмпирическим данным, отражающим динамику участия населения, и выделению наиболее популярных видов массового спорта.

Ключевые слова: массовые спортивные мероприятия, физическая культура, спортивная политика, общественное здоровье, социальная интеграция, спортивная инфраструктура, россияне, статистика спорта.

SOCIOCULTURAL AND INFRASTRUCTURE ASPECTS OF THE DEVELOPMENT OF MASS SPORTS IN RUSSIA

Avenovich Maria Romanovna

Scientific adviser: **Neustrueva Anastasia Sergeevna**

Abstract: this article analyzes the role and significance of mass sporting events in the social practices of contemporary Russian society. Using an interdisciplinary approach, it examines the legal framework for organizing such events, their purpose, and their functional intent within the context of implementing state policy in physical culture and sports. Particular attention is paid to empirical

data reflecting the dynamics of public participation and identifying the most popular types of mass sports.

Key words: mass sporting events, physical education, sports policy, public health, social integration, sports infrastructure, Russians, sports statistics.

В современной России сфера физической культуры и спорта признана стратегически важным элементом государственной политики, направленной на укрепление здоровья нации, формирование гармонично развитой личности и консолидацию общества. В рамках этой политики ключевую роль играют массовые спортивные мероприятия (МСМ), под которыми в научной литературе принято понимать организованные, доступные для широких слоев населения события физкультурно-спортивной направленности, носящие, как правило, некоммерческий, совместный (с ориентацией на участие, а не на зрелище) и часто праздничный характер [1, с. 45].

Согласно Федеральному закону от 04.12.2007 N 329-ФЗ "О физической культуре и спорте в Российской Федерации", развитие физической культуры и массового спорта является одним из приоритетов государственной политики [2]. Закон закрепляет необходимость создания условий для массовых занятий физической культурой, что на практике реализуется, в том числе, через организацию и проведение разнообразных МСМ. Актуальность темы обусловлена растущим вниманием государства к показателям вовлеченности населения в систематические занятия спортом, что находит отражение в национальных проектах и стратегических документах, таких как «Стратегия развития физической культуры и спорта в Российской Федерации на период до 2030 года».

Система целей и задач проведения МСМ носит многоуровневый и комплексный характер, выходящий за рамки простого приобщения к физической активности. Основная цель заключается в массовой популяризации физической культуры и спорта как неотъемлемого элемента здорового образа жизни и досуга россиян.

Задачи, решаемые посредством МСМ, можно структурировать следующим образом:

1. Социально-оздоровительные: пропаганда здорового образа жизни и борьба с деструктивными привычками; увеличение доли граждан, систематически занимающихся физической культурой и спортом; профилактика заболеваний и улучшение показателей общественного здоровья.

2. Воспитательные и образовательные: формирование ценностного отношения к собственному здоровью; воспитание волевых качеств, целеустремленности и дисциплины; противодействие асоциальным явлениям в молодежной среде.

3. Социально-интеграционные: укрепление социального капитала, создание условий для межличностной и межгрупповой коммуникации; формирование общероссийской гражданской идентичности и чувства принадлежности к территориальной общности (например, через мероприятия в честь Дня города); социальная инклюзия людей с ограниченными возможностями здоровья (адаптивный спорт).

4. Имиджевые и экономические: продвижение позитивного имиджа России как спортивной державы; стимулирование развития спортивной инфраструктуры и смежных отраслей (туризм, сервис).

Как отмечают исследователи, МСМ выступают эффективным механизмом «социального лифта» и способствуют «формированию социального оптимизма» в обществе [3, с. 112]. Ландшафт МСМ в России отличается значительным разнообразием. Анализ позволяет выделить несколько наиболее репрезентативных и популярных форматов.

Кросс-генерационные спортивные праздники и фестивали. К ним относятся такие масштабные акции, как «Лыжня России», «Кросс нации», «Оранжевый мяч» (баскетбол), «Всероссийский день бега» - данные события имеют многолетнюю историю, проводятся по всей стране и объединяют участников всех возрастов. По данным Минспорта России, только в «Лыжне России» ежегодно принимают участие свыше 750 тысяч человек по всей стране [4].

Корпоративные и ведомственные спартакиады. Данный формат набирает популярность как инструмент укрепления корпоративного духа и заботы о здоровье сотрудников. Крупные компании и государственные структуры организуют собственные соревнования между подразделениями, что способствует формированию позитивного социально-психологического климата в коллективе.

Благотворительные забеги. Ярким примером является Московский марафон и его аналоги в других городах, подобные события сочетают спортивную составляющую с благотворительными целями, привлекая как профессиональных атлетов, так и любителей. Как отмечают «Ведомости», массовый бег в крупных городах превратился в значимое социальное явление, меняющее городскую среду и культуру досуга [5].

События, приуроченные к календарным праздникам и знаменательным датам. Спортивные мероприятия в День Победы, День России, День физкультурника стали традиционными, несущими мощную символическую нагрузку, связывая физическую активность с патриотическими ценностями.

Статистические индикаторы подтверждают положительную динамику вовлеченности населения. Согласно отчету Минспорта за 2024 год, доля россиян, систематически занимающихся спортом, достигла 56,4% [4], это рекордный показатель за всю новейшую историю России. Для сравнения, в 2020 году этот показатель составлял около 47%. Значительный вклад в этот рост вносят именно массовые мероприятия, которые служат «точкой входа» для новичков и мотивацией для продолжения занятий.

Финансирование отрасли также демонстрирует устойчивую положительную динамику. Как сообщает Forbes, федеральный бюджет на физическую культуру и спорт в 2025 году запланирован на уровне 844 млрд рублей, что свидетельствует о высоком приоритете этого направления для государства [6]. Значительная часть этих средств направляется на развитие инфраструктуры, доступной для массового спорта, и на организацию МСМ.

Особого внимания заслуживает региональная специфика. Крупные города, и в первую очередь Москва, выступают драйверами роста. Реализуемые городские программы, такие как «Московское долголетие» (для старшего поколения) и активное развитие парковой инфраструктуры (воркаут-зоны, беговые и велодорожки), создают благоприятную среду для проведения и участия в МСМ. Как подчеркивается в материалах, посвященных московскому опыту, город сознательно движется в сторону «создания экосистемы, где массовый спорт становится естественной частью повседневности» [7].

Проведенный анализ позволяет констатировать, что массовые спортивные мероприятия в современной России эволюционировали от эпизодических агитационных акций до устойчивого, многофункционального социального института; они являются действенным инструментом реализации государственной стратегии в области физической культуры и спорта, что подтверждается устойчивым ростом ключевых статистических показателей.

Дальнейшее развитие этого института видится в углублении его социальной направленности, расширении инклюзивных программ для людей с ОВЗ, совершенствовании региональной инфраструктуры и более активном

использовании цифровых технологий для привлечения и коммуникации с участниками. Таким образом, массовые спортивные мероприятия прочно вошли в жизнь россиян, став значимым фактором, формирующим не только физическое, но и социальное самочувствие нации.

Список литературы

1. Лубышева Л.И. Социология физической культуры и спорта: учебное пособие. – М.: Академия, 2014. – 240 с.
2. Федеральный закон от 04.12.2007 N 329-ФЗ (ред. от 01.05.2024) "О физической культуре и спорте в Российской Федерации". – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. Алексеев С.В., Гостев Р.Е. Спортивное право России: учебник для вузов. – М.: Юнити-Дана, 2019. – 543 с.
4. Главное из отчета Минспорта: доля занимающихся спортом россиян превысила 56% [Электронный ресурс] // Ведомости. – 2025. – 14 апреля. – URL: <https://www.vedomosti.ru/sport/others/articles/2025/04/14/1104331-glavnoe-iz-otcheta-minsporta> (дата обращения: 05.10.2025).
5. Сила в движении: как Москва меняет массовый спорт [Электронный ресурс] // Ведомости. – URL: <https://www.vedomosti.ru/gorod/leisuretime/articles/sila-v-dvizhenii-kak-moskva-menyaet-massovii-sport> (дата обращения: 08.10.2025).
6. 844 млрд рублей бюджета и 56 процентов здоровых россиян: как за год похорошел спорт [Электронный ресурс] // Forbes. – URL: <https://www.forbes.ru/sport/509775-844-mlrd-rublej-budzeta-i-56-procentov-zdorovyh-rossian-kak-za-god-pohorosel-sport> (дата обращения: 08.10.2025).
7. Гореликов Валерий Афанасьевич, Мифтахов Алмаз Фаридович АНАЛИЗ ПОСЕЩАЕМОСТИ В ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СПОРТИВНЫХ ЛИГАХ РОССИИ // Наука и спорт: современные тенденции. 2023. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-poseschaemosti-v-professionalnyh-sportivnyh-ligah-rossii> (дата обращения: 10.10.2025). (дата обращения: 08.10.2025).

© Авенович М.Р., 2025

СПЕЦИФИКА КНИЖНОЙ ПРОДУКЦИИ КАК ОБЪЕКТА ПИАР-ПРОДВИЖЕНИЯ В ЦИФРОВОЙ СРЕДЕ

Николаева Анна Вадимовна

бакалавр по направлению
«Реклама и связи с общественностью»

Абидова Ясмينا Анваровна

бакалавр по направлению
«Реклама и связи с общественностью»

Аннотация: в статье раскрываются особенности книжной продукции как объекта PR-продвижения. Подчёркиваются культурная и образовательная миссия книги, длительный жизненный цикл книги как продукта, а также конкуренция с другими формами досуга. На основе данных Российской книжной палаты рассматривается состояние современного книгоиздания в России, демонстрирующее сокращение тиражей и рост номенклатуры изданий. Анализируются практики крупнейших издательств «ЭКСМО» и «Альпина Паблишер», иллюстрирующие разные модели PR-продвижения в массовом и нишевом сегментах. Отдельное внимание уделяется новым форматам продвижения: книжным социальным сетям, буктрейлерам, использованию искусственного интеллекта для генерации обложек и сайтам издательств как мультиформатным коммуникационным платформам.

Ключевые слова: книжная продукция, PR-продвижение, цифровая среда, специфика, буктрейлер, книжные социальные сети, издательский рынок.

SPECIFIC FEATURES OF BOOK PRODUCTS AS AN OBJECT OF PR PROMOTION IN THE DIGITAL ENVIRONMENT

Nikolaeva Anna Vadimovna

Abidova Yasmina Anvarovna

Abstract: this article explores the specifics of books as an object of PR promotion. It emphasizes the cultural and educational mission of books, their long life cycle as a product, and their competition with other forms of entertainment. Based on data from the Russian Book Chamber, the state of contemporary book

publishing in Russia is examined, demonstrating declining print runs and an expanding range of publications. The practices of the largest publishing houses, EKSMO and Alpina Publisher, are analyzed, illustrating different PR promotion models in the mass and niche segments. Special attention is given to new promotion formats: book social media, book trailers, the use of artificial intelligence for cover generation, and publisher websites as multi-format communication platforms.

Key words: book products, PR promotion, digital environment, specifics, book trailer, book social media, publishing market.

Книга занимает особое место в системе культурного потребления, соединяя в себе свойства экономического товара и культурного феномена. В отличие от большинства объектов маркетинга, она не только выполняет функцию удовлетворения потребности, но и сохраняет знания, формирует мировоззрение и участвует в социализации личности. Эта специфика определяет уникальные требования к PR-продвижению книжной продукции.

В условиях цифровизации медиасреды издательства сталкиваются с вызовом: с одной стороны, книга должна сохранять свою культурную миссию, с другой — конкурировать с кино, музыкой, видеоиграми и цифровым контентом. Это требует адаптации PR-кампаний к новым каналам и форматам коммуникации, учитывающим особенности восприятия современной аудитории.

Книга как объект PR-продвижения

Книжная продукция обладает несколькими ключевыми характеристиками. Во-первых, она имеет высокую культурную и образовательную ценность, которая формирует её социальную значимость и отличает от большинства товаров массового потребления. Продвижение книги всегда связано не только с её коммерческим успехом, но и с выполнением просветительской миссии. Во-вторых, книга отличается длительным жизненным циклом. Она может оставаться актуальной десятилетиями, а иногда и веками, что требует особых стратегий долгосрочной поддержки, включающих кампании по переизданиям, привязку к юбилеям и экранизациям. В-третьих, книга существует в конкурентном поле других форм досуга. Чтение сегодня соперничает за внимание потребителя с потоковыми сервисами, визуальными медиа и интерактивными развлечениями. В этой связи издательства вынуждены заимствовать элементы из других сфер: так, трейлер как инструмент кинематографа трансформировался в буктрейлер, представляющий литературное произведение в короткой и визуально насыщенной форме.

Особое значение имеет эмоциональная вовлечённость. Восприятие книги субъективно, и поэтому значительную роль играют отзывы, рецензии и рекомендации. Именно доверие к мнению лидеров мнений, блогеров и книжных сообществ становится фактором успеха PR-продвижения.

Нишевые форматы продвижения

Развитие цифровой среды дало издательствам возможность использовать новые, специфические форматы продвижения.

Одним из них являются книжные социальные сети, такие как LiveLib. В отличие от универсальных платформ, они формируют среды для обмена рецензиями и объединяют читателей в клубы по интересам. Для издательств это инструмент работы с целевыми группами, где важна не масштабность охвата, а вовлечённость и повторное потребление.

Другим примером является буктрейлер — адаптированный под книгу аналог кинематографического трейлера. Он становится эффективным средством привлечения внимания, особенно молодёжной аудитории, для которой привычна визуальная форма подачи информации. Буктрейлер позволяет создать эмоциональный фон и заинтересовать потенциального читателя ещё до знакомства с текстом.

Использование искусственного интеллекта открывает новые горизонты. В частности, экспериментируется с генерацией обложек книг с помощью нейросетей. Это не только снижает издержки, но и создаёт новые визуальные решения, соответствующие вкусам разных сегментов аудитории. Кроме того, ИИ применяется для анализа отзывов и персонализации рекомендаций, что усиливает эффективность PR-деятельности.

Современные сайты издательств выполняют функцию мультимедийных платформ. Они сочетают коммерческую составляющую интернет-магазина с имиджевой, где демонстрируются миссия и ценности компании. Одновременно сайт становится коммуникационной площадкой через публикацию новостей, блогов и интервью, а также инструментом аналитики, позволяющим собирать данные о читательских предпочтениях. Таким образом, сайт превращается в ядро цифровой экосистемы издательства.

Данные Российской книжной палаты как контекст продвижения

Анализ данных Российской книжной палаты позволяет уточнить специфику PR-продвижения. В последние годы фиксируется снижение средних тиражей изданий при одновременном росте количества наименований. Если в

начале 2010-х годов средний тираж составлял несколько тысяч экземпляров, то в 2020-е он снизился до 1–1,5 тыс. экземпляров. При этом число новых изданий ежегодно увеличивается.

Доминирующими сегментами рынка остаются учебная литература, образовательные издания и массовая художественная проза. Однако растёт число малых и нишевых издательств, ориентированных на специализированные аудитории. В этой ситуации PR-продвижение приобретает особую роль: оно позволяет не просто информировать о выходе книги, но и формировать устойчивые сообщества вокруг определённых тематик.

Кроме того, Книжная палата отмечает тенденцию ситуативного чтения, когда интерес к книге связан с конкретным событием или инфоповодом. Это повышает значимость оперативных PR-инструментов, способных интегрировать книгу в актуальную информационную повестку — от мемов и челленджей в социальных сетях до быстрого выпуска буктрейлеров.

Сравнение практик PR-продвижения «ЭКСМО» и «Альпины»

Сравнение практик двух ведущих издательств позволяет продемонстрировать различие PR-стратегий в массовом и нишевом сегментах.

«ЭКСМО» как крупнейшее издательство ориентируется на массовый рынок. Его стратегия продвижения строится на использовании универсальных цифровых каналов. Социальные сети, яркие визуальные кампании, буктрейлеры, онлайн-мероприятия и сотрудничество с блогерами позволяют достигать широкой аудитории. Массовый характер деятельности требует постоянного обновления информационной повестки и быстрого реагирования на изменения интересов аудитории.

«Альпина Паблишер» занимает ведущие позиции в сегменте деловой и образовательной литературы. В отличие от «ЭКСМО», её PR-стратегия ориентирована на работу с профессиональными сообществами и экспертными группами. Сайт издательства используется как пространство для аналитики, публикации статей и интервью. Онлайн-лекции, вебинары и рецензии формируют имидж издательства как надёжного источника знаний. В этом случае главным становится не охват, а глубина взаимодействия и формирование долгосрочной лояльности.

Таким образом, данные Книжной палаты подтверждаются эмпирическим примером: массовые издательства ориентированы на охват и динамику, тогда как нишевые делают ставку на экспертность и доверие.

Книжная продукция как объект PR-продвижения обладает уникальной спецификой, которая определяет выбор инструментов и стратегий. Её культурная и образовательная ценность, длительный жизненный цикл и конкуренция с индустрией развлечений требуют особых подходов. Новые форматы продвижения, включая книжные социальные сети, буктрейлеры, использование искусственного интеллекта и мультимедийные сайты, позволяют соединить культурную миссию книги с коммерческими задачами издательства.

Анализ данных Российской книжной палаты и практик издательств «ЭКСМО» и «Альпины» показывает, что успех в PR-продвижении зависит от точного понимания специфики аудитории. Массовые издательства выигрывают за счёт масштабного охвата и динамичности кампаний, а нишевые — благодаря углублённой работе с сообществами и экспертными коммуникациями.

Таким образом, специфика книги как объекта PR-продвижения заключается в необходимости сочетания культурной миссии и коммерческой эффективности, что достигается через интеграцию традиционных и новых цифровых инструментов в стратегиях издательств.

Список литературы

1. Блэк С. Пабрик рилейшнз. Что это такое / С. Блэк. – М.: Новости, 1990.
2. Динер Е. В. Интернет-среда как фактор продвижения продукции регионального книжного издательства: результаты регионального исследования // Культура: теория и практика. 2023. №1 (52).
3. Книжный союз. Всероссийский книжный рейтинг 2024 [Электронный ресурс]. – URL: https://bookunion.ru/news/vserossiyskiy_knizhnyy_reyting_2024/ (дата обращения: 16.05.2025).
4. Кривоносов А.Д., Филатова О.Г., Шишкина М.А. Основы теории связей с общественностью. СПб.: Питер, 2010. С. 13.
5. Ленская В.Д. Роль PR в современной системе управления маркетингом / В.Д. Ленская
6. Лизунова И.В. Медиапространство российского региона: книга, пресса, радио, телевидение, интернет (на примере Сибири и Дальнего Востока 1991–2011 гг.). – Новосибирск : СГГА, 2013. – 300 с

7. Мельникова А.А. Инструменты PR в продвижении услуг учреждения культуры / Выпускная квалификационная работа. – Екатеринбург: ОП ВО «42.03.01 – Реклама и связи с общественностью», 2016. – 65 с.

8. Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. Книжный рынок России: состояние, тенденции и перспективы развития. Год 2023: отраслевой доклад. Вып. XVI. – Москва, 2024. – [85 стр.]

9. Деева Е.А., Степанова В.В. Кросс-промо как метод расширения аудитории // Экономика и управление. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. 2024.С. 140-144.

10. Нечаева А. В. PR-продвижение проекта в социальных сетях // Молодой ученый. 2021. №28 (370). С. 203–204. URL: <https://moluch.ru/archive/370/83167/> (дата обращения: 06.04.2025).

© Николаева А.В., Абидова Я.А.

СЕКЦИЯ ФИЛОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

**АВТОБИОГРАФИЯ В ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ЛИТЕРАТУРЕ
(ПАРАЛЛЕЛИ МЕЖДУ АВТОБИОГРАФИЧЕСКИМИ ОБРАЗАМИ
И СУДЬБОЙ В ТВОРЧЕСТВЕ ЭЛЬДАРА БАХИШ)**

Баширова Саадат Мубариз

диссертант

Отдел азербайджанской литературы
Азербайджанский университет языков

Аннотация: в статье изучаются параллели между автобиографическими образами и судьбой в творчестве Эльдара Бахиш.

Ключевые слова: автобиография, художественная литература, автобиографический образ, проза, творчество Эльдара Бахиш.

**AUTOBIOGRAPHY IN FICTION (PARALLELS BETWEEN
AUTOBIOGRAPHICAL IMAGES AND FATE
IN THE WORKS OF ELDAR BAKHISH)**

Bashirova Saadat Mubariz

Abstract: this article examines the parallels between autobiographical images and fate in the works of Eldar Bakhish.

Key words: autobiography, fiction, autobiographical image, prose, works of Eldar Bakhish.

Главной особенностью новых образцов прозы стало описание внутреннего мира человека и выдвижение на первый план субъективного подхода. На этом этапе истории литературы у писателей сложилась традиция собирать сведения о своей жизни и облекать их в художественную форму, создавая автобиографию. Этот процесс стал изучаться в мировом литературоведении XX века, а в азербайджанском – XXI века.

В художественной литературе автобиография — это творческий метод, посредством которого художник выражает свою жизнь через искусство. Исходя из принципа понимания человеческой личности, можно сказать, что автобиография и психологизм взаимосвязаны. И эта взаимосвязь проявляется следующим образом:

1. Автобиографические произведения часто обладают психологической глубиной. Это связано с тем, что автор представляет свой внутренний мир более честно и искренне.

2. В представленных произведениях автору удается познакомить читателя как со своей биографией, так и со своим психологическим портретом.

Автор автобиографического образа должен, прежде всего, хорошо понимать свою личность, характер, поведение и психологию, а также обладать высокой наблюдательностью.

Эти элементы были отчетливо видны в творчестве Эльдара Бахиш. Э. Бахиш - видная фигура в истории литературы 1960–1990-х годов. Поэт, запечатлевший события, увиденные им в детстве, пережитые им боли и сделанные им острые наблюдения, а затем с помощью своего творческого таланта перенесший эти события в свои произведения, демонстрирует автобиографию в двух основных направлениях:

1. Отношение автора-героя;
2. Отражение жизненных событий.

В первом направлении героем произведения чаще всего является сам художник, либо жизненный путь героя во многом схож с его собственным. Рассмотрим примеры: «Я бы не остался в городе, если бы знал», «Мой мир», «Мои однофамильцы, мои братья», «Этот мир захватило моё дыхание», «Будущее».

Во втором направлении поэт брал за основу эпоху, окружающую среду, детство, воспоминания и семью. В таких произведениях на первый план выдвигаются общество и общественные события. Рассмотрим примеры: «Четыре часа ночи» (отцу, учителю Бахиша), «Из разговоров деда» (деду), цикл стихотворений «Рассказы Андая » (сыну Андаю), «Моя дочь Гюнель» (дочери Гюнель), «Деревня» (сестре Джейран).

Цикл стихотворений «Из бесед деда» отражает детские годы и жизненные уроки. Для Эльдара Бахиш эти рассказы, услышанные им от деда, были не только о прошлом, но и о будущем. Поэт, сказавший: «Основа жизненного пути была скрыта в вечерних беседах моего деда», недаром произнес это выражение:

*Этот мир дал человеку две руки,
У одного — ласка, у другого — пощечина.
Борода — для друга, моего сына,
но
Пощечина была создана для врага [1, с. 12]*

Обращаясь к жанру шедевра, являющегося частью классической литературы, поэт в этом поэтическом примере выдвигает истинный принцип мастера-ученика, где дед передает свой жизненный опыт молодому поколению, а именно Эльдару, выступая в роли мастера-ремесленника:

*Храбрый человек умирает, его имя остается,
Что останется от Муханната?*

Искренне Ваши

богатство,

овцы,

козел,

Корова останется!... [1, с. 35]

В цикле стихотворений «Андайин» *pağları*», посвященный Эльдаром своему сыну Анде В «Бахиш», есть поэтические примеры под названием «Алифба» и «Андай». В разделе «Алифба» «буквы говорят». В этом стихотворении, написанном на разные и интересные темы и в стиле сказки, показано как символическое, так и эмоциональное значение 8 букв (*сказка о букве «А», сказка о букве «Б», сказка о букве «Д»*). В этих чёрных строчках, шагающих по бумаге, поэт установил интересный диалог со своим сыном. Этот разговор помог ему лучше чувствовать и понимать жизненные события.

Рождение ребёнка – это новый этап в жизни родителей. Эти этапы здоровые и счастливые, что важно как для семьи, так и для общества. Именно поэтому поэт написал стихотворение «Андай», посвящённое своему сыну Анде, с интересным подходом и на детском языке. Маленький Андай, не понимавший, что происходит в мире, со временем подрос и начал понимать звуки и дыхание, которых не понимал в младенчестве:

Андай был таким маленьким,

Что есть и чего нет в мире,

Он не знал, что там было, а что нет.

Теперь Андай вырос,

Теперь Андай знает, что

Сверчок стрекотал — он не мог стрекотать,

Ворона, которая каркнула,

Лягушка квакнула,

Это была машина, которая гремела и гремела [2, с. 36].

Поэт, написавший стихотворение «Моя дочь Гюнель» в ласковом жанре устного народного творчества, лелеет свою маленькую дочь, говоря: «Дитя моё Гюнель, дитя моё Гюнель». Героический отец, который много трудится, чтобы увидеть улыбку своего ребёнка — это сам Эльдар.

*Единственный способ вырваться из твоих уст -
Я превратился в палец и прилип к подбородку,
Я — облако, я в замешательстве.
Gun Balam, Gunel Балам [3, с. 13].*

В своем стихотворении «Четыре часа ночи», которое он посвятил своему отцу, он подчеркивает, что страх, который был вписан в жизнь его отца, все еще сопровождает его, несмотря на прошедшие годы.

*Когда он наступил, двадцать второе июня,
Мой отец вставал с постели и говорил:
Дымка гор и туман в твоих глазах,
Улыбка на губах, выражение замешательства на лице [3, с. 4].*

С художественной и психологической точки зрения чувство страха — это тема, выражающая как внутренний мир человека, так и его взаимоотношения с обществом.

*Где-то в испуганном мире,
Может родиться второй Гитлер.
Даже среди нашей деревни
бойцов можно вербовать на фронт [3, с. 5].*

В начале советско-германской войны в 1941 году в Азербайджане была объявлена мобилизация, и тысячи азербайджанцев были отправлены на фронт. Для тысяч матерей это означало горе, душевные переживания и моральную пустоту:

*Когда он шевелит языком и говорит «сынок»,
Старые бабушки все еще едят несвежую еду.
Пустые замковые насаждения на постаменте.
Пахари в деревне еще ищут [3, с. 5].*

Его стихотворение «Мой мир» основано на внутреннем монологе поэта. Автор, находящий истинное счастье только в писательстве и творчестве, выразил свои чувства так:

*Голоса тех, кто стоит за столом и ждет рассвета,
Когда слова запинались, он читал их ночью,
Когда я пишу ночью и лежу днем,
Я чувствую, что мир принадлежит мне [3, с. 9].*

В стихотворении «Будущее», написанном в 1973 году, поэт раскрывает свою принадлежность к учению истории. Это стихотворение, написанное в духе назидания, также содержит цитаты из произведений устного народного творчества. Эльдар Бахиш сравнивает свою жизнь с жизнью сказочного героя Малика Мухаммада:

*Как жизнь Малика Мухаммада
В этот момент все зависело от девушки.
Однажды вечером я порезал руку,
Я посыпал свою рану солью [3, с. 24].*

Список литературы

1. Бахыш Эльдар. Цветок аромата. – Гянджлик. – Баку, 1977. – 35 с.
2. Бахиш Эльдар. Сказание о Кара и Караджане. – Молодость. – Баку, 1986. – 95 с.
3. Бахиш Эльдар. Учтепе баятылары. – Гянджлик. – Баку, 1979. – 71 с.

© Баширова С.М.

СЕКЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА РЕНТГЕНОВСКИХ СНИМКОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Федюкевич Семен Альбертович

аспирант

Научный руководитель: **Смолянский Владимир Александрович**

К.Т.Н.

ФГАОУ ВО НИ «Томский политехнический университет»

Аннотация: в статье рассматриваются современные подходы к автоматизации процесса расшифровки рентгеновских снимков при неразрушающем контроле сварных соединений с использованием технологий искусственного интеллекта. Описаны основные этапы разработки системы автоматического анализа: от предварительной обработки изображений и создания обучающей выборки до реализации алгоритмов машинного обучения для детектирования дефектов и формирования заключений. Представленные методы позволяют существенно повысить скорость и объективность дефектоскопии, снизить влияние человеческого фактора и стандартизировать процедуру оценки качества сварных соединений. Особое внимание уделено практической значимости внедрения таких систем в производственный процесс и перспективам их развития.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, рентгенография, искусственный интеллект, машинное обучение, сверточные нейронные сети, дефектоскопия, сварные соединения, радиационный контроль.

AUTOMATIC X-RAY IMAGE ANALYSIS SYSTEM FOR QUALITY CONTROL OF WELDED JOINTS

Fedyukevich Semyon Albertovich

Scientific adviser: **Smolyanskiy Vladimir Aleksandrovich**

Abstract: this paper discusses modern approaches to automating the process of decoding X-ray images in the non-destructive testing of welded joints using artificial intelligence technologies. The main stages of developing an automatic analysis system are described: from image preprocessing and creating a training dataset to

implementing machine learning algorithms for defect detection and generating conclusions. The presented methods significantly improve the speed and objectivity of defectoscopy, reduce the influence of human factors, and standardize the procedure for assessing the quality of welded joints. Special attention is given to the practical significance of implementing such systems in the production process and their development prospects.

Key words: non-destructive testing, radiography, artificial intelligence, machine learning, convolutional neural networks, defectoscopy, welded joints, automation.

Введение

Традиционный процесс расшифровки рентгеновских снимков требует высокой квалификации специалистов-дефектоскопистов и характеризуется значительными временными затратами. Один опытный специалист способен проанализировать в среднем 40-60 снимков за рабочую смену, что при больших объемах контроля создает существенные задержки в производственном процессе. Кроме того, субъективность оценки, усталость персонала и человеческий фактор могут приводить к ошибкам в интерпретации результатов.

Развитие технологий искусственного интеллекта и компьютерного зрения открывает качественно новые возможности для автоматизации процесса анализа рентгеновских снимков. Применение методов машинного обучения, в частности глубоких нейронных сетей, позволяет создать системы автоматической детекции и классификации дефектов с высокой точностью и воспроизводимостью результатов. Такие системы способны обрабатывать сотни снимков в час, работать круглосуточно без усталости и обеспечивать единый стандарт качества оценки независимо от опыта оператора.

1. Архитектура и принципы построения системы автоматической расшифровки

Принцип работы системы основан на последовательной обработке рентгеновского снимка через несколько этапов. На первом этапе выполняется предварительная обработка изображения для устранения шумов, улучшения контрастности и выделения области интереса – зоны сварного шва. Это критически важный шаг, поскольку качество исходных данных напрямую влияет на точность последующего анализа. На втором этапе обработанное изображение подается на вход нейронной сети, которая выполняет детекцию дефектов – определяет их местоположение, тип и размеры.

2. Предварительная обработка рентгеновских изображений

Предварительная обработка является фундаментом всей системы анализа. Рентгеновские снимки, поступающие на вход системы, могут существенно различаться по качеству в зависимости от используемого оборудования, режимов съемки, толщины и материала контролируемого объекта.

Первым шагом является нормализация изображений – приведение их к единому формату, разрешению и диапазону яркости. Это необходимо для того, чтобы система могла одинаково эффективно анализировать снимки, полученные с различного оборудования. Рентгенограммы могут поступать как в цифровом виде непосредственно с детекторов, так и в виде отсканированных пленок. Задача нормализации – устранить эти технические различия и создать стандартизированный вход для нейронной сети.

Следующий важный этап – подавление шумов и улучшение контраста изображения. Применяются адаптивные алгоритмы фильтрации, которые подавляют шум, но при этом сохраняют четкость границ дефектов. Для улучшения контраста используется метод адаптивной эквализации гистограммы, который локально усиливает контраст в различных областях изображения.

Особое внимание уделяется сегментации зоны сварного шва – выделению области, в которой необходимо искать дефекты. Это позволяет системе сфокусироваться на анализе именно сварного соединения, игнорируя посторонние элементы изображения (маркировку, края деталей, технологические отверстия).

3. Создание и подготовка обучающей выборки данных

Создание представительной выборки размеченных рентгеновских снимков является одним из наиболее трудоемких и ответственных этапов разработки системы. Обучающая выборка должна отражать всё многообразие условий, с которыми система столкнется в реальной работе: различные типы сварных соединений, материалы, толщины, режимы съемки, типы и размеры дефектов.

Процесс создания датасета начинается со сбора рентгеновских снимков из архивов предприятий, баз данных центров неразрушающего контроля и специализированных научных коллекций. Критически важно обеспечить разнообразие примеров: снимки должны содержать различные типы дефектов (поры, непровары, трещины, включения, подрезы, прожоги), дефекты различных размеров и конфигураций, а также примеры качественных бездефектных соединений [1].

Следующий важный этап – экспертная разметка данных. Квалифицированные специалисты-дефектоскописты анализируют каждый снимок и отмечают на нём все обнаруженные дефекты, указывая их тип, координаты и границы.

Для увеличения объема обучающей выборки и повышения устойчивости модели применяются методы аугментации данных. Это процесс создания дополнительных обучающих примеров путем применения к исходным изображениям различных преобразований: поворотов, отражений, изменений яркости и контраста, добавления шума, упругих деформаций. Аугментация позволяет увеличить эффективный размер датасета в 5-10 раз и научить модель инвариантности к различным вариациям во входных данных.

4. Разработка и обучение модели детекции дефектов

Сердцем системы автоматической расшифровки является модель машинного обучения, основанная на сверточных нейронных сетях [2]. Эти архитектуры зарекомендовали себя как наиболее эффективные для задач компьютерного зрения, включая детекцию объектов на изображениях.

Для задачи детекции дефектов на рентгеновских снимках хорошо подходят современные архитектуры семейства YOLO (You Only Look Once) или EfficientDet [3]. Эти модели обеспечивают хороший баланс между точностью и скоростью работы, что критично для промышленного применения. Модель анализирует всё изображение целиком за один проход и одновременно предсказывает координаты всех дефектов, их типы и степень уверенности в детекции.

Процесс обучения нейронной сети заключается в итеративной настройке миллионов параметров модели на основе размеченных примеров. Модель последовательно анализирует снимки из обучающей выборки, пытается обнаружить на них дефекты, затем сравнивает свои предсказания с экспертной разметкой и корректирует свои параметры для минимизации ошибок.

Крайне важным является правильное разделение данных на обучающую, валидационную и тестовую выборки. Обучающая выборка (обычно 70% данных) используется непосредственно для настройки параметров модели. Валидационная выборка (15%) служит для контроля процесса обучения и предотвращения переобучения – ситуации, когда модель отлично работает на знакомых примерах, но плохо обобщает знания на новые данные. Тестовая выборка (15%) используется только для финальной оценки качества уже обученной модели и не влияет на процесс обучения.

Качество обученной модели оценивается по нескольким метрикам. Точность (precision) показывает, какая доля обнаруженных моделью дефектов действительно является дефектами, а не ложными срабатываниями. Полнота (recall) показывает, какую долю реально существующих дефектов модель смогла обнаружить [4].

Заключение

Разработка и внедрение систем автоматической расшифровки рентгеновских снимков представляет собой комплексную задачу, требующую интеграции знаний из области неразрушающего контроля, компьютерного зрения, машинного обучения и программной инженерии. Современные технологии искусственного интеллекта достигли уровня зрелости, достаточного для создания промышленных систем, способных на равных конкурировать с опытными специалистами по точности анализа, превосходя их по скорости и стабильности работы.

Ключевым преимуществом автоматизированных систем является устранение субъективного фактора и обеспечение воспроизводимости результатов. Система применяет одинаковые критерии оценки независимо от времени суток, усталости или настроения, что критически важно для обеспечения стабильного качества контроля.

Список литературы

1. Троицкий В.А., Михайлов С.Р., Пастовенский Р.А. и др. Современные методы автоматизации рентгенографического контроля // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. 2020. № 2. С. 23-31.
2. LeCun Y., Bengio Y., Hinton G. Deep learning // Nature. 2015. Vol. 521. P. 436-444.
3. Tan M., Pang R., Le Q.V. EfficientDet: Scalable and Efficient Object Detection // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2020. P. 10781-10790.
4. Mery D., Arteta C. Automatic Defect Recognition in X-Ray Testing Using Computer Vision // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2017. Vol. 39. № 10. P. 1803-1815.

© Федюкевич С.А.

УДК. 007

РАЗБОР ФУНКЦИОНАЛА ПРОГРАММЫ «КОМПАС-3D» НА ПРИМЕРЕ ПОСТРОЕНИЯ КОРАБЕЛЬНОЙ РЫНДЫ

Парамзин Александр Рашитович

магистрант

Научный руководитель: **Неснов Дмитрий Валерьевич**

к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «Самарский государственный
технический университет»

Аннотация: в данной статье раскрывается изучение возможностей программы для моделирования «КОМПАС-3D». Описываются основные ее функции, процесс создания модели корабельной рынды, упоминаются некоторые особенности данной программы при создании модели. Также указана программа для создания фотореалистичных изображений и приведен пример работы в ней.

Ключевые слова: Рында, колокол корабельный, моделирование, деталь, подсборка.

ANALYSIS OF THE FUNCTIONALITY OF THE COMPASS-3D PROGRAM USING THE EXAMPLE OF BUILDING A SHIP'S MARKET

Paramzin Alexander Rashitovich

Scientific adviser: **Nesnov Dmitry Valerievich**

Abstract: this article explores the possibilities of the COMPASS-3D modeling program. It describes its main functions, the process of creating a model of a ship's market, and mentions some of the features of this program when creating a model. There is also a program for creating photorealistic images and an example of working in it.

Key words: Rynda, ship bell, modeling, detail, subassembly.

3D-графика – это вид компьютерной графики, в котором изучаются способы создания изображений благодаря построению 3D-моделей этих объектов.

Для получения наиболее реальных изображений предметов существует огромное количество методов в сфере компьютерного моделирования. В данной статье постараемся изучить на наглядном примере использование возможностей 3D-моделирования, рассмотрим результаты применения некоторых операций, которые зачастую используются на практике, и методы усовершенствования уже готовой модели. В качестве графической программы будет использован «КОМПАС-3D». Объектом, на котором будут рассматриваться возможности этой программы, выбран корабельный колокол (рында), он состоит из 4 стандартных деталей и 6 оригинальных. Подробный процесс создания этой модели описан ниже.

Для создания наиболее подробной модели использовались следующие операции:

- вырезание с тонкостенными элементами
- вырезание, выдавливание, выдавливание по траектории
- выдавливание вращением
- скругление, оболочка
- условное изображение резьбы
- смещенные плоскости [1, 2].

Помимо базовых операций применялись и библиотеки стандартных крепёжных элементов (для добавления Гайки шестигранной высокой ГОСТ ISO 4033 – М6). Кроме того, для построения нескольких оригинальных деталей, таких как верхняя часть колокола или стойка, применялись библиотеки стандартных конструктивных элементов – «Резьбовые отверстия» [3].

Для исключения всяческих ошибок при соединении деталей особое внимание стоит уделять сопрягаемым размерам. Рассматриваемая программа не допускает для соединения детали, которые не подходят по размерам в местах соединений. В противном случае при объединении в под сборки выдаются ошибки и становится невозможно объединение и дальнейшая работа над моделью [4, 5]. Приведем примеры некоторых сопрягаемых размеров в нашем проекте: 1) Взаимное положение отверстий для винтов в верхней и нижней частях корпуса. 2) Соответствующее расположение элементов для удержания языка колокола.

После того как мы создали все детали, необходимые для построения полноценной модели, и убедились, что все размеры верны, можно приступить к

следующему этапу – объединению их в подборки. Создание уже единой модели происходит именно после этого этапа объединением подготовленных ранее подборок и отдельных деталей (рис. 1).



Рис. 1. Пример финальной сборки рынды

Завершающим этапом работы является создание фотореалистичного изображения модели (см. рис. 2). Для этого существует множество программ, и мы воспользуемся «Artisan Rendering». В процессе доработки модели были применены различные функции программы, включая подбор материала, создание индивидуального фона и настройку освещения — корректировку угла падения света и уровня яркости.



Рис. 2. Пример работы над визуализацией модели

Список литературы

1. Бетелин В. Б. Труды НИИСИ РАН. Математическое и компьютерное моделирование систем: теоретические и прикладные аспекты: - журнал Учреждение РАН, Научно-исследовательский ин-т системных исследований; - М. НИИСИ РАН, 2011. – С 209.
2. Королев А.Л. Паршукова Н.Б. Имитационное моделирование как раздел курса «Компьютерное моделирование» // Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет. – 2020 – С. 61-68.
3. Васильков Д.М. Геометрическое моделирование и компьютерная графика: вычислительные и алгоритмические основы: депонированная рукопись // БГУ. Минск. - 2011. – С. 203.
4. Решетникова Е. С., Савельева И.А., Свистунова Е.А. Методы геометрического моделирования и компьютерная графика с учетом стандарта компетенции worldskills “Инженерный дизайн CAD” // Педагогика и просвещение. - Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. – 2021. - №2 – С. 1-12.
5. КОМПАС-3D V16-20. Руководство пользователя. Том 1-3 – ЗАО АСКОН, 2020. 6. Азбука КОМПАС 3D V16-20. – ЗАО АСКОН, 2020.

© Парамзин А.Р.

UDC 624.83

DOI 10.46916/10102025-2-978-5-00215-887-4

THE PIVOT BRIDGE BY LEONARDO DA VINCI

Pokrovskaya Alina Vladislavovna

General Education Autonomous Non-Profit Organization
Sukhanovo Gymnasium (AANO Sukhanovo Gymnasium)

Scientific adviser: **Ageev Vladimir Alexandrovich**

Director

General Education Autonomous Non-Profit Organization
Sukhanovo Gymnasium (AANO Sukhanovo Gymnasium)

Abstract: this study is dedicated to the investigation and analysis of the pivot bridge designed by Leonardo da Vinci. The paper explores Leonardo da Vinci's contribution to the development of engineering structures, examines the types of loads acting on bridge constructions, and provides a detailed analysis of the pivot bridge conceived by the renowned inventor. Particular attention is given to the unique structural feature that enables the bridge to rotate rapidly around its axis, allowing for the swift establishment or removal of a crossing.

The practical section includes calculations of permissible loads, taking into account the weight of individuals and snow accumulation, as well as the identification of structural and material requirements necessary for the implementation of the project under near-real conditions. The study concludes with an assessment of the practical applicability of the proposed design and outlines the key elements that ensure its stability and reliability.

This research holds significance both in a historical-scientific context and as an educational example of engineering design.

Key words: Leonardo da Vinci's pivot bridge; load calculation for pivot bridges; Leonardo da Vinci's inventions; structural analysis of the pivot bridge; Leonardo da Vinci's contribution to science; model of da Vinci's bridge; structural elements of the pivot bridge; practical application of the pivot bridge; construction of da Vinci's bridge; pivot bridge project; research project; bridge stability and safety; da Vinci's bridge in modern conditions; how to build da Vinci's bridge; da Vinci; Leonardo da Vinci; Leonardo da Vinci's engineering designs.

Relevance of the Study: The relevance of this research lies in the growing interest in historical engineering solutions and their potential application in

contemporary contexts. The constructions designed by Leonardo da Vinci — such as the pivot bridge — represent a unique synthesis of art and science, showcasing an innovative approach to problem-solving during the Renaissance period [1]. The study of these projects not only deepens our understanding of the history of technology but also reveals principles that remain relevant for modern engineering systems [2].

Research Hypothesis: The hypothesis of this study is that Leonardo da Vinci's pivot bridge, due to its self-supporting structure and efficient load distribution, can be adapted for modern use, provided that current requirements for stability and safety are taken into account.

Research Objective: The objective of this work is to analyze the structural design of Leonardo da Vinci's pivot bridge, assess its technical characteristics, and evaluate the feasibility of its practical implementation.

Research Tasks:

1. To examine Leonardo da Vinci's contribution to the development of engineering structures, with particular attention to his inventions in the field of bridge construction [4].
2. To analyze the types of loads acting on bridge structures and the conditions required for their equilibrium [5].
3. To perform strength calculations for materials and determine the required foundation depth to ensure structural stability [8].
4. To construct a functional model of the pivot bridge that demonstrates its operational viability.

Object of the Study: Leonardo da Vinci's pivot bridge.

Subject of the Study: The investigation of the structural features, engineering principles, and practical applicability of Leonardo da Vinci's pivot bridge, including the construction of a working model.

Research Methods:

1. Historical-analytical method: Examination of Leonardo da Vinci's contributions to science and engineering, with analysis of his inventions, including self-supporting and pivot bridge designs.

2. Theoretical analysis: Study of the types of loads acting on bridge structures, conditions for structural equilibrium, and specific features of the pivot bridge design.

3. Engineering and calculation method: Structural calculations of material strength, foundation depth, bridge length, permissible loads (such as human weight, snow, etc.), distribution of force moments, and other parameters to ensure structural stability, as well as determination of construction and material science requirements.

4. Experimental method: Construction and testing of a model of the pivot bridge to confirm its functionality and structural stability.

5. Modeling and design: Analysis of key structural elements that ensure the bridge's stability and reliability.

Final Product: A model of the pivot bridge constructed from wooden beams with a pulley system, demonstrating the ability to withstand combined loads (human weight, snow, wind) and to rotate around its axis.

The research is based on the works of contemporary authors [1, 4] as well as fundamental studies in the field of mechanics [5, 8].

1.1. Leonardo da Vinci's contribution to science

History offers many examples of remarkable individuals—scientists, writers, and artists—each distinguished in their own field. Yet how many are known to have mastered multiple disciplines and achieved outstanding results in nearly everything they pursued? Undoubtedly, very few. This is precisely why the biography of Leonardo da Vinci is of particular interest. Humanity is well acquainted with his great masterpiece of painting, *Mona Lisa*, which is now housed in the Louvre and continues to attract thousands of visitors with its enigmatic allure.



Fig. 1. Portrait of Madame Lisa del Giocondo

Leonardo began exploring the natural sciences in his youth while studying in Florence under the renowned painter and sculptor Andrea del Verrocchio. During this time, he sought advice from the mathematician and physician Paolo Toscanelli. Later,

while residing in Milan, Leonardo engaged in dialogue with scholars from the University of Pavia and local Milanese scientists, studied scientific literature, and participated in discussions related to the scientific revolution and the re-evaluation of traditional Aristotelian views. Throughout his life, he actively investigated the natural world, conducted observations, made comparisons, and collected data, repeatedly returning to questions that captured his interest. As a scientist, da Vinci astonishes the intellect with the breadth of disciplines he engaged in—from medicine to celestial mechanics, his contributions are evident across a wide spectrum. The symmetry of the human body is elegantly depicted in his iconic work *Vitruvian Man*.

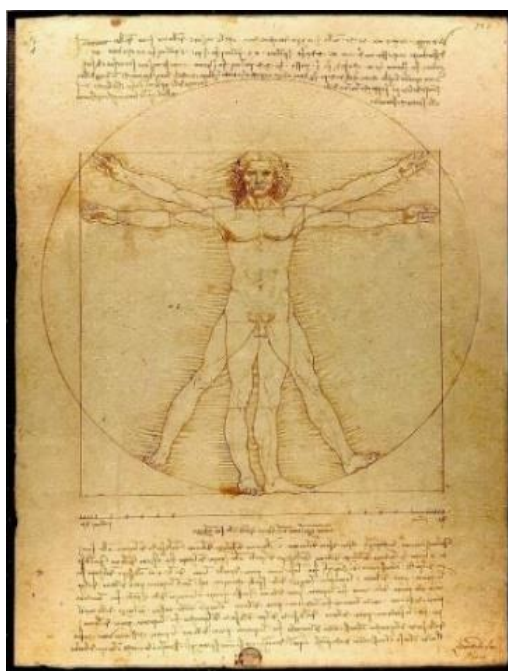


Fig. 2. Vitruvian Man

In the field of biology, da Vinci first began to consider botany as an independent science, which allowed him to be the first to describe many complex processes occurring in plants.

In physics, Leonardo also achieved significant results. As early as 1475, he hypothesized the impossibility of a perpetual motion machine. His knowledge of physics allowed him to develop numerous unique inventions, some of which have parallels in modern life. Among them:

- **Aerial screw:** This invention consisted of a metal frame covered with fabric — originally linen was suggested. A refined and enhanced version of this design is widely recognized today as the **helicopter**.

- **Parachute:** As early as the late 15th century, Leonardo proposed a device enabling safe descent from heights. The only major difference from modern parachutes was its **pyramidal shape**.
- **Self-propelled cart:** The mechanism at the core of this invention — a **spring-driven system** allowing movement without human input — is considered a forerunner of the **automobile**.
- **Bridge:** Unique in design for its time, the **self-supporting bridge** could be assembled and dismantled quickly, making it suitable for military operations during river crossings.

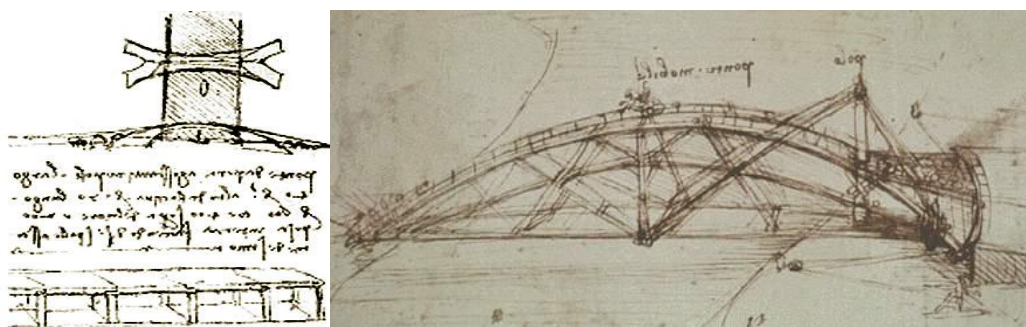


Fig. 3. Leonardo da Vinci's Bridge Sketches

A more detailed analysis of these inventions can be found in [2, 3, 4]. Among the inventions listed above, the **bridge** remains particularly relevant today, as modern designs differ little from da Vinci's originals — unlike many of his other creations, which have been reinvented dozens, if not hundreds, of times.

Two known bridge designs were developed by Leonardo da Vinci. The first is a **self-supporting bridge**, a simple structure with enhanced load-bearing capacity achieved by incorporating several notched joints; an analysis of this design is presented in [1]. The second is a **pivot bridge**, a much larger and more complex structure intended for military purposes. This bridge continues to attract interest due to the uniqueness of its design.

Let us examine the pivot bridge in more detail. One end of the bridge was equipped with a massive **axle**, around which the remaining structure could rotate. This allowed the bridge to be deployed or retracted within minutes. For such a large structure to be feasible, several critical conditions had to be met:

- The **platform** housing the pivot axis needed to be exceptionally sturdy; if wood was the only available material, it had to be reinforced with metal inserts.
- To enable rotational movement, a **counterweight** was required, along with numerous **hinges**, **winches**, and **capstans**.

- The **rotating part** of the bridge had to withstand all loads during the transition between open and closed positions.

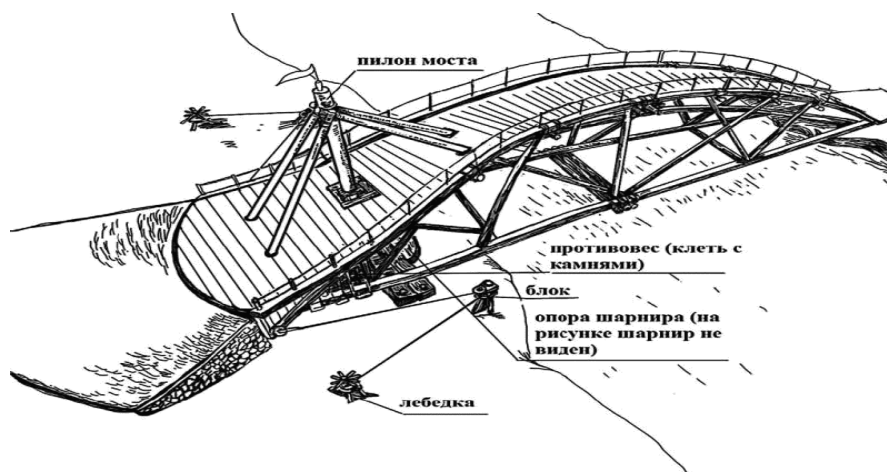


Fig. 4. Pivot Bridge

Currently, the four most common types of bridges are beam, arch, cable-stayed, and suspension bridges. To which of these can the pivot bridge be classified? In order to answer this question accurately, let us first examine the key features of each type:

- **Beam bridge:** A simple and cost-effective design in terms of materials, ideal for short spans. Most small modern road bridges are beam bridges.
- **Arch bridge:** Highly durable and stable, often used for pedestrian routes in mountainous or riverine areas; known for its longevity.
- **Cable-stayed bridge:** Suited for long spans, such as those over straits. Lightweight and easier to construct than suspension bridges.
- **Suspension bridge:** The best option for the longest spans, typically used to cross large bodies of water or wide canyons. Though sensitive to wind, these bridges are very reliable.

Among these options, the **arch bridge** best aligns with the objectives pursued by Leonardo da Vinci in designing his pivot bridge. Its rigid structure makes it durable and resistant to the types of loads the bridge would be subjected to in use. A thorough understanding of the loads that occur under various conditions is key to successfully applying Leonardo's design in practice.

1.2. Types of Loads in Structures

To design a bridge properly, one must accurately calculate the maximum load values the structure will experience. To perform such calculations, it is necessary to understand the conditions under which the structure will be in equilibrium. The first

required condition is that the vector sum of all forces acting on the body must equal zero:

$$\sum_i F_i = 0. \quad (1)$$

Under such conditions, the center of mass of a body will remain at rest. However, if the body is not a material point, it is possible to apply forces whose vector sum equals zero in such a way that the center of mass remains stationary, while the body itself rotates around an axis passing through that center of mass. For such bodies, a second condition of equilibrium arises. To introduce this condition, we must define a physical quantity known as the **moment of force (torque)**, denoted as M :

$$M = F \cdot l,$$

where l is the shortest distance from the axis of rotation to the line of action of the force.

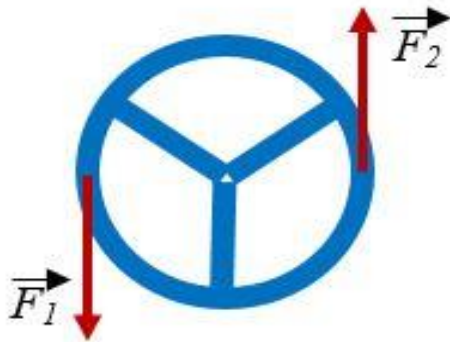


Fig. 5. Example of Body Rotation

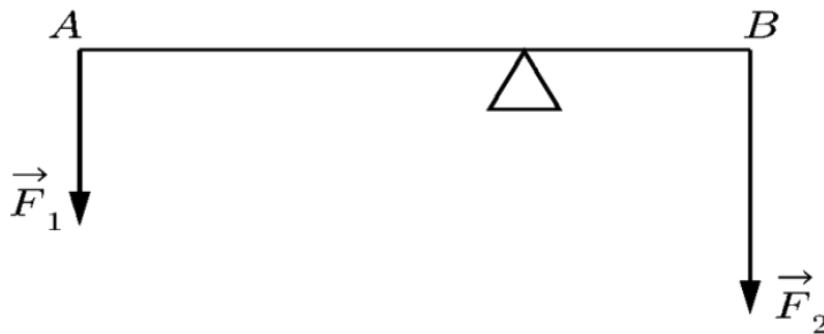


Fig. 6. Example of Force Application in an Equilibrium Position

Now, having defined the concept of torque (moment of force), we can state the **second condition for the equilibrium of a body**:

$$\sum_i M_i = 0. \quad (2)$$

A more detailed explanation of these conditions can be found in [5, 6]. As is well known, according to the molecular-kinetic theory, every solid material contains significant internal interatomic forces. The presence of these forces determines a material's ability to withstand loads, characterizes its behavior under periodic or high-magnitude external forces, and defines its resistance to failure. These same forces govern the nature of deformation.

For small deformations, even a massive structure like a bridge can be considered **elastic**—that is, a body deformed under external forces will return to its original shape once those forces are removed. This elastic behavior is due to the internal properties of the material (in our case, wood). In bridge construction, the structure typically consists of **rods** that primarily function under **bending loads**. Such elements are referred to as **beams**.

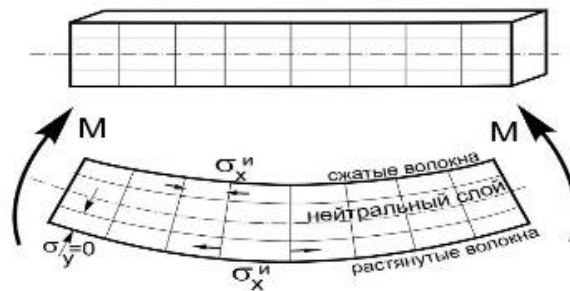


Fig. 7. Beam Diagram in Unloaded and Loaded States

As is well known, in practice, loads are categorized into numerous subclasses. Below is a classification of the types of loads that may occur during the operation of a bridge:

I. By Mode of Application

a. **Concentrated Loads** – These loads are assumed to act at a single point.

Example: The weight of heavy equipment placed on a beam.

b. **Distributed Loads** – These forces act along the length or over the surface of a structure and may be constant or variable.

Example: The self-weight of a wall or water pressure on a dam surface.

c. **Surface Loads** – Spread across the surface of a structure.

Example: Snow accumulation on a rooftop.

II. By Duration of Action

a. **Permanent Loads** – Constant in magnitude and continuously acting. These loads are critical in structural calculations during building design.

b. **Variable Loads** – Act for a certain period and may vary in intensity.

Example: Pedestrians crossing a bridge.

c. **Short-term Loads** – Represent unusual or exceptional loads.

Example: Transverse or longitudinal forces during an earthquake.

III. By Environmental Influence

a. **Wind Loads** – The aerodynamic shape of the structure plays a key role in the magnitude of wind-induced forces; streamlined shapes reduce these loads.

b. **Snow Loads** – Variable loads caused by snow accumulation, determined by the climatic conditions of the region.

c. **Hydrostatic and Hydrodynamic Loads** –

- *Hydrostatic:* Pressure from a static fluid on a wall or surface.
- *Hydrodynamic:* Impact of a moving fluid mass or wave action on the structure.

d. **Thermal Loads** – Characteristic of regions with fluctuating climates; account for the expansion or contraction of materials due to temperature changes.

Using all of the data described above, we proceed to analyze the structure of the pivot bridge.

1.3. Structural Analysis

To begin with, it is important to define the assumptions that will be used in the calculations. The density of the bridge material will be taken as a constant value, denoted by ρ . The structure will be considered symmetric with respect to a plane passing through the center of the bridge, parallel to the riverbanks and perpendicular to the water surface. The platform to which the pivot axis is attached will be assumed sufficiently strong to withstand the resulting rotational loads.

From the various types of loads described earlier, we will focus on those most likely to occur during the actual operation of the bridge. In terms of application, only those loads acting over more than a quarter of the bridge's length will be considered non-concentrated. Due to significant variability in average precipitation height, we will take 10 cm as a median value.

As previously mentioned, the bridge was most likely designed for military purposes. Therefore, we will consider the presence of 40 people on the bridge as a representative variable load, with the average mass of an adult male assumed to be 80 kg.

Climatic conditions also play a significant role. We will base our analysis on the climate typical of the regions where Leonardo da Vinci lived. Historically, da Vinci resided mainly in Italy and spent his final years in France, which correspond to subtropical and temperate climate zones, respectively. For the purposes of this study,

we will assume an average winter temperature of -8°C and a summer temperature of $+25^{\circ}\text{C}$.

The curvature of the bridge will be approximated with sufficient accuracy by a parabolic equation. The coefficient has been determined experimentally:

$$y = -0.02x^2$$

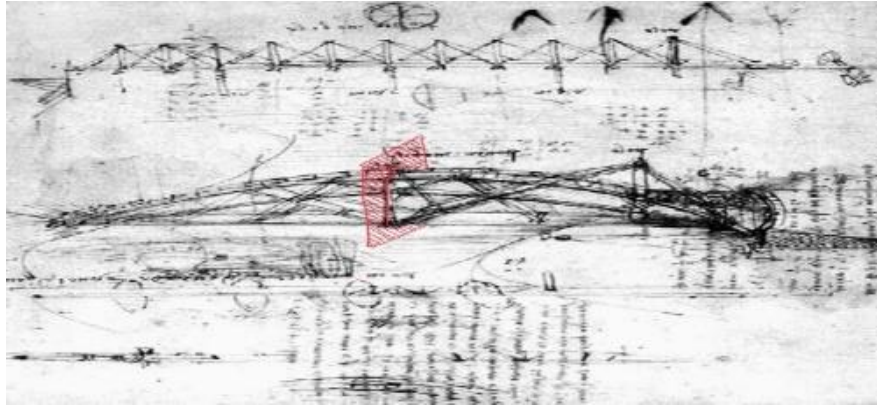


Fig. 8. Plane of Symmetry of the Modeled Surface



Fig. 9. Parabolic Approximation of the Bridge

In the formulation of our problem, due to the symmetry of the structure, the load can be considered as applied at the midpoint of the bridge, based on the property of the center of mass [7]. In this case, the moment generated by the bridge's own weight for a bridge of length l is calculated using the following formula:

$$M_M = \frac{\rho V g l}{2},$$

where ρ is the average density of the bridge material, V is the volume of the bridge structure, and g is the acceleration due to gravity.

When people move across the bridge, an additional load is generated, calculated as:

$$F = n \cdot m \cdot g,$$

here n is the number of people on the bridge and m is the average mass of one person.

We will also calculate the average force exerted by snow per unit area of the bridge surface:

$$\frac{F_c}{S} = \frac{\rho V_c g}{S},$$

where S is the surface area of the bridge span, and V is the volume of the snow.

In the context of this approximation, the volume of snow accumulated on the bridge span can be calculated using the following formula: $V_c = h \cdot S$, $h = 10$ cm.

By definition, **pressure** P is the force divided by the area. Using this fact along with the expression for volume, we obtain:

$$P = \frac{\rho h S g}{S} = \rho g h.$$

Since snow is distributed across the entire surface of the bridge, the area terms cancel out. Thus, the **most critical loading scenario** for the bridge occurs when it is deployed across a river, with people standing at the midpoint and snow resting on its surface. The placement of people at the center is justified by the assumption that the bridge has a **second support** on the opposite riverbank. In such a configuration, the **maximum moment** acting on the main support—arising from a constant force—is achieved by maximizing the lever arm, which occurs when the load is concentrated at the midpoint.

Under these conditions, the bridge must withstand not only the total load but also the **bending moment** generated by that load, which must be compensated by the **foundation depth** of the supports embedded in the ground.

Let us examine these two problems:

1. Material Strength Limit

First, we determine the total force acting at the midpoint of the bridge. Let us assume that the bridge is sufficiently **wide and long** to accommodate **40 people** near its center, and that the longitudinal dimensions of each individual are **negligible** compared to the total length of the bridge.

($l_{\text{people}} \ll l_{\text{bridge}}$). We will consider "much smaller" to mean a **difference of one order of magnitude**, i.e. $\frac{l_{\text{people}}}{l_{\text{bridge}}} \leq 0.1$. Then, using reference data on average human body dimensions (0.3 m), and assuming that people are walking in a row of 8 individuals, we obtain the following value: $l_{\text{people}} = 0.3 \cdot 8 = 2.4$ (m), and,

consequently, $l_{\text{bridge}} = 24$ (м). In this case, the **force exerted by the people on the bridge** is:

$$F_{\text{людей}} = 40 \cdot 80 \text{ (кг)} \cdot 9.8 \left(\frac{\text{М}}{\text{с}^2} \right) = 31360 \text{ (Н)}.$$

Next, to calculate the **force exerted on the bridge by snow**, we determine the **transverse dimension** r of the bridge. Based on the assumption that the group consists of **8 people per row** and **40 people in total**, we conclude that there are **5 rows**. Referring again to tabulated data, the average **shoulder width** of a person is **87.5 cm**, so: $r = 0.875 \cdot 5 = 4.375$ м. The **force due to snow** acting at the center of the bridge in this case is:

$$\begin{aligned} F_c &= P \cdot S' = \rho \cdot g \cdot h \cdot l_{\text{people}} \cdot r = \\ &= 100 \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right) \cdot 9.8 \left(\frac{\text{М}}{\text{с}^2} \right) \cdot 0.1 \text{ (М)} \cdot 2.4 \text{ (М)} \cdot 4.375 \text{ (М)} = 1029 \text{ (Н)}, \end{aligned}$$

where S' is the area of the analyzed section of the bridge. From the force expressions, the **total force** is: $F = F_{\text{people}} + F_c = 32389$ (Н). The **pressure** over the specified surface area is: $P = \frac{F}{S'} \approx 3085$ (Па). We use the formula for calculating the **flexural strength** under **three-point bending**, as described in [8]:

$$\sigma_f = \frac{3F_{\text{max}}L}{2bh^2},$$

where: σ_f - is the flexural strength, F_{max} is the maximum load before specimen failure, L is the distance between supports, b is the width of the specimen, h is the thickness of the specimen. We apply this formula to an **oak beam** with a length of **4.5 m**, width **0.15 m**, and thickness **0.3 m**. For oak with a relative humidity of 15%, the following values are assumed:

$$F_{\text{max}} = 220 \cdot 10^3 \text{ Н, therefore } \sigma_f = 110 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

This value significantly exceeds the calculated applied stress, and therefore, **structural failure of the bridge can be confidently ruled out**.

2. Required Depth of Support Placement

To calculate the required depth of the support, we apply the following approximation: during the repositioning of the bridge, no people are present on the structure. The same geometric dimensions of the bridge, as previously used in the strength analysis, are applied here.

The distribution of the reaction force at the support, which contributes to the equilibrium of the structure, is assumed to be linear. Based on the constancy of forces, we introduce the approximation that the support is perfectly fixed—a

condition that can be achieved through the regular replacement or maintenance of the bridge's pivot axis.

The material is assumed to be elastic and sufficiently strong to prevent the bridge from bending to a degree where its free end could no longer be retracted back to the shore. This assumption is valid due to the bridge's rigid arch-like structure.

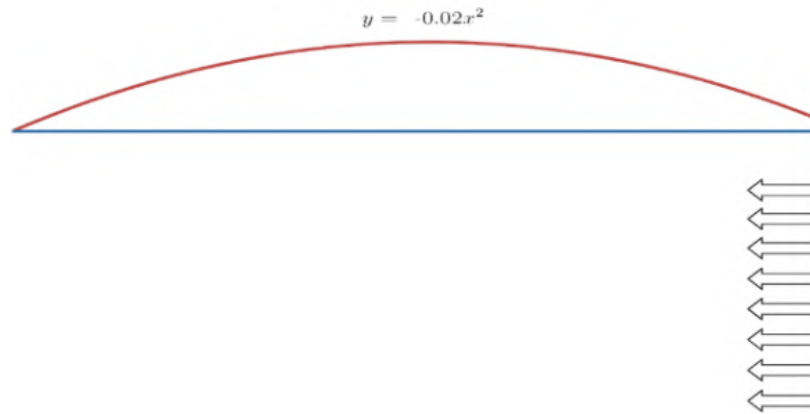


Fig. 10. Computational Model for Determining Force Moments

The **average length of the force arm** resulting from the reaction at the bridge's axis is assumed to be $l_0/2$, where l_0 is the depth of the buried part of the axis. The **moment equilibrium equation** for this case can be written as:

$$\frac{m_{\text{bridge}} \cdot l_{\text{bridge}} \cdot g}{2} = \frac{N \cdot l_0}{2}.$$

The **mass of the bridge** is calculated based on the assumptions described above:

$$m_{\text{моста}} = \rho_{\text{bridge}} \cdot l_{\text{bridge}} \cdot r \cdot h = 700 \cdot 24 \cdot 4.375 \cdot 0.3 = 22050 \text{ (kg)}.$$

The **linear length** of the bridge is used here, since the deviation between a straight line and a parabola with a coefficient of 0.02 in the quadratic term is less than 1% (as calculated via WolframAlpha). The **density value** is taken from standard reference tables. The axis is assumed to be **cylindrical**, with a **radius** of 0.5 m. We now calculate the **critical force arm length**—that is, the value of l_0 at which the pressure resulting from the support reaction force reaches the material's strength limit:

$$P_N \cdot \pi \cdot r_N \cdot l_0 = \frac{m_{\text{bridge}} \cdot l_{\text{bridge}} \cdot g}{l_0} \quad l_0^2 = \frac{m_{\text{bridge}} \cdot l_{\text{bridge}} \cdot g}{P_N \cdot r_N \cdot \pi}.$$

Since we are evaluating the case where the **material strength limit is reached**, we substitute $P_N = \sigma_f$

$$l_0^2 = \frac{m_{\text{bridge}} \cdot l_{\text{bridge}} \cdot g}{\sigma_f \cdot r_N \cdot \pi} = \frac{22050 \cdot 24 \cdot 9.8}{220 \cdot 10^3 \cdot 0.5 \cdot 3.14} \approx 15 \text{ (m}^2\text{)}.$$

Thus, the final calculated value for the depth l_{0l_0l0} is **just under 4 meters**. Therefore, for a bridge of this design, the **minimum required depth of the pivot axis foundation is 4 meters**.

1.4. Main Structural Components

Based on the technical drawings, it can be concluded that the assembly of the bridge's main structure will require a significant number of **wooden beams** made from the same material, a **single wooden rod** to serve as the **pivot axis**, **ropes** to recreate the **bridge's railing**, and **metal blocks** to illustrate the **rotational mechanism**.

Construction begins with the **arches**, as these elements ensure the overall stability of the bridge and provide even load distribution throughout the structure. The method of securing the arches differs from medieval techniques due to the significant difference in scale between the prototype and the model, which limits the applicability of some structural properties in the model.

Once the load-distributing components are fabricated, they must be **rigidly connected** to one another in order to establish the initial outline of the complete bridge structure. At this stage, it becomes evident how crucial precise arch construction is for ensuring the smoothness of the future bridge surface.



Fig.11. Fabrication of Bridge Arches



Fig. 12. Bridge Load-Bearing Structure

1.5. Decking and Reinforcement

Now that the "skeleton" of the bridge is complete, it is time to install its main functional component: the **decking**. All beams used for this stage have identical **geometric dimensions**, are made from the **same material**, and were **sourced from a single location**, ensuring uniform relative humidity.

A **model of the mechanism** that reinforces the **rotating axis** is also attached at this point; visually, it resembles **half of a barrel** in the image.

To support the future installation of **railing posts**, we mark designated **reference points** on the deck using placeholders (in our case, **matchsticks**) to indicate where the **support posts** will be positioned.



Fig. 13. Assembled Bridge Span



Fig. 14. Reinforcements of the Lower Bridge Structure

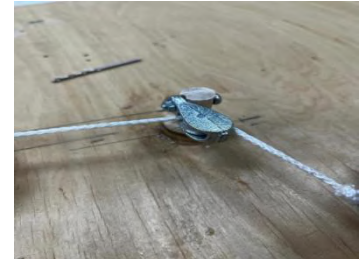


Fig. 15. Component Representing the Pulley in the Model

Let us note that **without securely fastening the lower parts of the load-bearing structure** — namely, the elements of the arch parallel to the ground — internal looseness may develop within the bridge, significantly accelerating wear on the model. To prevent this, we **reinforced the weak points** by placing several beams parallel to one another, which makes the structure significantly more resistant to gaps and movement.

1.6. Core Conceptual Component

Now that the general structure of the bridge has been completed, we turn to the core conceptual feature that distinguishes this bridge from others—the rotating axis. To enable the rotational movement of such a heavy structure, an unconventional solution was required—especially considering the 16th-century context, where no modern machinery existed.

Here again, Leonardo da Vinci’s extraordinary thinking becomes evident: he proposed the construction of a pulley-cable system near the bridge, through which a rope would pass over special fixtures at the top of the rotation axis. In this way, a horizontal pulling force applied by people on land could be effectively transmitted to the bridge—solving the problem of rotating the structure.

To finalize the model, we install railing posts into the pre-drilled holes along the deck.



Fig. 16. Complete Rotational System with Axis



Fig. 17. Installation of Bridge Railings

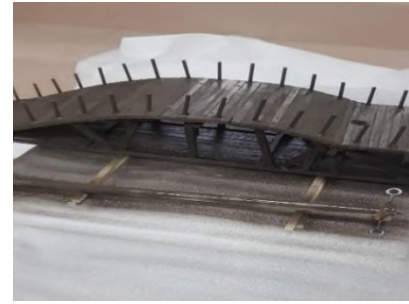


Fig. 18. Bridge Painting

The **final step** is to integrate the model into a **prepared landscape mock-up** and apply **finishing paint** to the structure.



Fig. 19. Final Bridge Model



Fig. 20. Bridge in Rotated Position

Conclusion

This research paper has focused on the study of engineering aspects involved in the construction of structural models, using Leonardo da Vinci's pivot bridge as a case study. The theoretical section examined da Vinci's major contributions to science and engineering, including his inventions such as the self-supporting bridge and the pivot bridge. Special attention was given to the analysis of loads and equilibrium conditions, which made it possible to calculate the strength of the bridge and determine the required depth of its supports.

The practical section demonstrated the feasibility of implementing da Vinci's ideas under modern conditions. The pivot bridge model, built using wooden beams and a pulley system, confirmed the structural stability and functionality of the design. Calculations showed that, with a bridge length of 24 meters and the use of oak materials, the structure can withstand combined loads (people, snow, wind) and can rotate effectively due to proper distribution of force moments.

The research results emphasize the relevance of Leonardo da Vinci's legacy for modern engineering and demonstrate how historical concepts can be adapted through contemporary modeling methods. The completed model is fully functional and meets all the stated requirements, as confirmed during the demonstration.

Based on the above, the following conclusions can be drawn: the objectives set at the beginning of the project were successfully met; the project goal was achieved; and the hypothesis was confirmed.

This work can serve as a foundation for educational projects and may inspire further research into historical engineering solutions and their application in modern contexts. Promising directions for future studies include in-depth analysis of materials used during the Renaissance, modeling of dynamic loads, and optimization of the structure for various climate zones. Additionally, the study and application of modern technologies could help enhance the stability and safety of historical engineering solutions when implemented in contemporary urban environments.

References

1. Thapa, B. (2021). *The Da Vinci Bridge*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/352029933_The_Da_Vinci_Bridge
2. Kaspirshin, A. (2022, April 15). *Top 10 most progressive inventions of Leonardo da Vinci*. Rossiyskaya Gazeta. <https://rg.ru/2022/04/15/10-samyh-progressivnyh-izobretenij-leonardo-da-vinchi.html>
3. Deutsch, A. (2025). *Top 20 great inventions of Leonardo da Vinci and what really lies behind them*. Arthive. https://artchive.ru/publications/4767~TOP20_velikikh_izobretenij_Leonardo_da_Vinchi_i_chno_zh_nimi_skryvaetsja_na_samom_dele
4. Laurenzzi, D. (2007). *The machines of Leonardo da Vinci: Secrets and inventions in the scientist's manuscripts* (M. Taddei & E. Zanon, Eds.). Niola-Press.
5. Chernoutsan, A. I. (2011). *Physics: Problems with answers and solutions* (8th ed.). KDU.
6. Saveliev, I. V. (2021). *General physics course: Volume 1 – Mechanics* (6th ed., reprinted). Lan'.
7. Feynman, R. (2019). *The Feynman lectures on physics: Volume 2 – Space, time, motion*. AST Publishing.
8. Standartinform. (2015). *GOST R 56806-2015: Polymeric composites. Identification of polymeric composites in electronic databases*. Moscow.

© Pokrovskaya A.V.

МЕХАНИЗМ И ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПРОЦЕССА УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТА С ПОМОЩЬЮ ЗАКАЧКИ ЖИДКОСТИ ПОД ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ

Бизюков Александр Николаевич

студент

Высшая нефтяная школа

Югорский государственный университет

Аннотация: исследована технология гидроразрыва пласта. Установлены принципы, лежащие в ее основе, и определены основные технологические этапы.

Ключевые слова: нефтяная скважина, добыча нефти, конструкции скважины, технология гидроразрыва пласта, пластовые давления.

THE MECHANISM AND MAIN STAGES OF THE PROCESS OF INCREASING OIL RECOVERY BY PUMPING LIQUID UNDER HIGH PRESSURE

Bizyukov Alexander Nikolaevich

Abstract: the technology of hydraulic fracturing is investigated. The principles underlying it have been established and the main technological stages have been identified.

Key words: oil well, oil production, well structures, hydraulic fracturing technology, reservoir pressures.

Гидравлический разрыв пласта (ГРП) является одним из самых результативных методов воздействия на породу, направленным на увеличение притока углеводородов к добывающим скважинам.

Использование ГРП дает возможность не только полнее извлечь запасы вблизи скважины, но и вовлечь в разработку новые, более удаленные зоны пласта, что в итоге повышает общий коэффициент извлечения нефти. Благодаря этому эффекту, месторождение можно осваивать с применением разреженной сети скважин, что повышает экономическую эффективность проекта.

Принцип метода гидроразрыва пласта заключается в следующем:

- в продуктивный пласт нагнетается жидкость под высоким давлением с таким расходом, который значительно превышает естественную поглотительную способность породы;
- забойное давление повышается до тех пор, пока не превзойдет прочность горных пород на разрыв;
- в горной породе образуется разрыв в направлении, где ее прочность минимальна (как правило, это вертикальная или наклонная плоскость);
- новые и существующие трещины расширяются и соединяются между собой, формируя единую сеть с системой естественных пустот породы;
- вокруг ствола скважины создается обширная зона с высокой проницаемостью;
- для предотвращения смыкания трещин после снижения давления, в них нагнетают специальный зернистый материал – проппант, который расклинивает их;
- путь для фильтрации пластовой флюида становится практически свободным, благодаря чему дебит скважины увеличивается в несколько раз.

Работы по гидроразрыву пласта проводятся в несколько этапов. Сначала выполняют исследование скважины: измеряют ее начальный приток, а также определяют, при каком давлении пласт начинает поглощать жидкость [1, с. 78].

Таблица 1

Физико-химические свойства глубинных проб нефти

№ скв.	Интервал опробования	T _{пл} , °C	Газо содержание		Объемный коэф. пласт. нефти, раз.	Усадка, %	Плотность нефти, г/см ³		Плотность Газа замер кг/м ³
	Глубина, м абс. отм		м ³ /т	м ³ /м ³			пластовой	сепарированной	
72	2478.0-2485.0 — 2365.2-2372.2	77	243.35	196.42	1.562	35.97	0.641	0.807	0.988
432	2557.0-2564.0 — 2347.8-2354.8	77	139.26	112.10	1.367	26.85	0.692	0.805	1.264
487	2501.0-2506.0 — 2352.2-2357.2	77	139.76	112.09	1.404	28.77	0.677	0.802	1.324
491	2498.0-2505.0 — 2352.3-2359.3	77	148.56	119.14	1.384	27.74	0.685	0.802	1.225

Продолжение таблицы 1

493	2550.0-2558.0 — 2350.0- 2358.0	77	156.56	125.50	1.414	29.28	0.682	0.802	1.288
514	2531.0-2548.0 — 2351.9- 2368.9	77	156.48	104.37	1.339	25.32	0.697	0.805	1.234

На основе анализа данных можно сделать вывод, что на месторождении присутствует легкая нефть с высоким содержанием растворенного газа, однако свойства пластового флюида существенно различаются по площади. Все исследования проводились при пластовой температуре 77°C.

Особого внимания заслуживает скважина № 72, которая демонстрирует аномально высокие показатели по сравнению с другими скважинами. Газосодержание в этой скважине составляет 243,35 м³/т, что почти в 1,7-2 раза превышает значения в других скважинах (139-156 м³/т). Соответственно, объемный коэффициент здесь достигает 1,562, а усадка - 35,97%, что указывает на наибольшее изменение объема жидкости при переходе от пластовых к поверхностным условиям. Плотность пластовой нефти в этой скважине самая низкая - 0,641 г/см³, а плотность газа также заметно ниже (0,988 кг/м³), что свидетельствует о более легком компонентном составе.

Остальные скважины (№ 432, 487, 491, 493, 514) образуют относительно однородную группу со сходными характеристиками, хотя и между ними наблюдаются определенные различия. Газосодержание в этой группе варьируется от 139,26 до 156,56 м³/т, причем наиболее высокие значения отмечаются в скважинах № 493 и № 514. Объемные коэффициенты находятся в диапазоне 1,339-1,414, а усадка составляет 25,32-29,28%. Плотность сепарированной нефти во всех скважинах стабильна и составляет около 0,802-0,807 г/см³, что подтверждает принадлежность нефти к легкому типу.

Различия в свойствах пластового флюида, особенно контрастные показатели скважины № 72, свидетельствуют о неоднородности строения продуктивного пласта. Это может быть связано с литологическими особенностями, тектоническими нарушениями или различной степенью насыщения коллектора. Полученные данные имеют важное практическое значение для проектирования систем разработки месторождения, обустройства добывающих скважин и планирования технологических процессов сбора и подготовки продукции [2, с. 14].

Обоснование экономической целесообразности использования бездействующих скважин для проведения гидравлического разрыва пласта с целью увеличения добычи на ранее малоперспективных участках залежей

Перевод бездействующих скважин в категорию производящего фонда путем выполнения гидравлического разрыва пласта представляет собой экономически выгодное направление развития добывающей инфраструктуры. Целесообразность такого подхода подтверждается комплексным технико-экономическим анализом, учитывающим как особенности строения залежей, так и текущее состояние скважинного фонда [3, с. 44].

Первоначальная классификация некоторых зон месторождения как малоперспективных обычно связана с неблагоприятными фильтрационно-емкостными характеристиками пласта или недостаточной изученностью строения залежи. Однако современные методы увеличения нефтеотдачи, в частности технология создания направленных трещин в продуктивном пласте, позволяют целенаправленно изменять фильтрационные характеристики призабойной зоны. Это открывает возможности для вовлечения в активную разработку запасов, ранее считавшихся трудноизвлекаемыми.

Особую значимость данный подход приобретает применительно к бездействующему фонду скважин. Эти скважины обладают существенным скрытым потенциалом, поскольку основные капитальные вложения в их строительство и обустройство уже произведены. Проведение комплекса воздействий на пласт через существующие скважины требует значительно меньших финансовых затрат по сравнению с организацией новых горных выработок. Отсутствие необходимости выполнения дорогостоящих работ по проходке ствола позволяет существенно снизить общую сметную стоимость проекта [4, с. 88].

Дополнительным преимуществом является сокращение сроков реализации проектов по увеличению добычи. Подготовка существующей скважины к проведению воздействия на пласт занимает существенно меньше времени, чем полный цикл строительства новой добывающей точки. Это обеспечивает более быстрое получение дополнительных объемов нефти и ускоренный возврат вложенных средств.

Важным аспектом является и возможность эффективной разработки локальных запасов углеводородов. Бездействующие скважины часто расположены в зонах, где бурение новых скважин нерентабельно из-за ограниченных объемов запасов. Однако применение методов интенсификации

притока позволяет экономически целесообразно извлекать остаточные запасы вблизи существующих скважинных стволов.

Экономическая эффективность таких проектов определяется существенным снижением минимально необходимого уровня добычи для достижения рентабельности. Отсутствие крупных капитальных затрат на строительство скважин делает экономически оправданной добычу даже относительно небольших объемов углеводородов. При этом первоначальные инвестиции в создание скважинной инфраструктуры начинают, наконец, приносить отдачу.

Таким образом, использование бездействующих скважин для проведения мероприятий по увеличению продуктивности пласта на ранее малоперспективных участках представляет собой экономически обоснованное направление развития добывающих мощностей. Такой подход позволяет максимально использовать существующую инфраструктуру, сократить капитальные затраты и вовлечь в разработку дополнительные запасы углеводородов при минимальных сроках реализации проекта.

Список литературы

1. Антониади, Д.Г., Савенок О.В., Шостак Н.А. Теоретические основы разработки нефтяных и газовых месторождений: учебное пособие. – Краснодар: Просвещение – Юг, 2011. – 203 с.
2. Булатов, А.И., Савенок О.В. Практикум по дисциплине «Заканчивание нефтяных и газовых скважин»: в 4 томах: учебное пособие. – Краснодар: Издательский Дом – Юг, 2013-2014. — Т. 1-4. – С. 14-25.
3. Савенок, О.В., Борисайко Я.Ю., Яковлев А.Л. Управление продуктивностью скважин: методические указания по изучению дисциплины «Управление продуктивностью скважин» для студентов-бакалавров всех форм обучения и МИППС по направлению 21.03.01 «Нефтегазовое дело». – Краснодар: Издательский Дом – Юг, 2016. – 68 с.
4. Савенок, О.В., Кусов, Г.В. Повышение эффективности газоконденсатоотдачи с помощью гидроразрыва пласта на Ново-Уренгойском газоконденсатном месторождении // Аналитический научно-технический журнал «Гео Инжиниринг». – Краснодар: Изд-во ЗАО НИПИ «ИнжГео», 2006. – № 2. – с. 88-91.

© Бизюков А.Н.

**СЕКЦИЯ
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ
НАУКИ**

UDC: 537

DOI 10.46916/10102025-1-978-5-00215-887-4

PROPERTIES OF IONS IN AN EXTERNAL MAGNETIC FIELD

Khatuev Jakub Umarovich

2nd year postgraduate student

field of study 44.03.05 «Pedagogical Education»

(with two training profiles)

profile «Physics and Mathematics»

Chochuev Dzhasharbek Borisovich

2nd year postgraduate student

majoring in 44.03.05 «Pedagogical Education»

(with two training profiles)

profile «Physics and Mathematics»

Urusova Baidimat Ischakovna

Doctor of Physical and Mathematical Sciences,

Professor

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education

«Karachay-Cherkess State University named after U.D. Aliev»

Abstract: in the study of the properties of ions in an external magnetic field, eigenfunctions determined by perturbation theory methods and characterizing the mixing of states with different values of the quantum number M in a field of a given symmetry were used as a basis for representing the total angular momentum. Then, using the spin Hamiltonian method, the perturbation was represented by an operator with variable effective spin components. By comparing paramagnetic resonance and optical spectroscopy data, the crystal lattice parameters for several rare-earth ions were determined. The equivalent operator method was used to find the matrix elements of the potential.

In the presence of an external magnetic field, the interaction of levels with J was taken into account and $J + 1$ and in the second approximation of perturbation theory the matrix elements of the crystal field potential for states with different J .

Key words: magnetic field, ions, operator, electrons, potential.

СВОЙСТВА ИОНОВ ВО ВНЕШНЕМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Хатуаев Якуб Умарович

Чочуев Джашарбек Борисович

аспиранты

Урусова Байдымат Исхаковна

д.ф.-м.н., профессор

ФГБОУ ВО «Карачаево-Черкесский государственный

университет имени У.Д. Алиева»

Аннотация: при исследовании свойств ионов во внешнем магнитном поле в качестве основы для представления полного углового момента использовались собственные функции, определяемые методами теории возмущений и характеризующие смешивание состояний с различными значениями квантового числа M в поле заданной симметрии. Затем, используя метод спинового гамильтониана, возмущение было представлено оператором с переменными компонентами эффективного спина. Путем сопоставления данных парамагнитного резонанса и оптической спектроскопии определены параметры кристаллической решетки для некоторых редкоземельных ионов. Для нахождения матричных элементов потенциала использовался метод эквивалентных операторов.

При наличии внешнего магнитного поля учитывалось взаимодействие уровней с J и $J + 1$ и во втором приближении теории возмущений находились матричные элементы потенциала кристаллического поля для состояний с различными J .

Ключевые слова: магнитное поле, ионы, оператор, электроны, потенциал.

The aim of this work is to find out what properties ions have in an external magnetic field when the number of electrons is even.

Typically, in ethyl sulfates of rare earth elements, the crystal field has a hexagonal symmetry C_{3h} and is determined by four parameters B_{20} , B_{40} , B_{60} , B_{66} [1].

In this case, the field potential is:

$$V = B_{20} \sum_k (3z_k^2 - r_k^2) + B_{40} \sum_k (35z_k^4 - 30r_k^2 z_k^2 + 3r_k^4) + \\ + B_{60} \sum_k (231r_k^6 - 315r_k^2 z_k^4 + 105r_k^4 z_k^2 - 5r_k^6) + B_{66} \sum_k (x_k^6 - 15x_k^4 y_k^2 + 15x_k^2 y_k^4 - y_k^6) + \dots, \quad (1)$$

Where $x_k y_k z_k$ — coordinates **to** 20 electron;

r_{To} — its distance from the nucleus.

For the potential, the equivalent operator is

$$\overline{r^2} \alpha B_{20} [3J_x^2 - J(J+1)] + \overline{r^4} \beta B_{40} [35J_x^4 - 30J(J+1)J_x^2 + 25J_z^2 - 6J(J+1) + \\ + 3J^2(J+1)^2] + \overline{r^6} \gamma B_{60} [231J_z^6 - 315J(J+1)J_z^4 + 735J_z^4 + 105J^2(J+1)^2 J_z^2 - \\ - 525J(J+1)J_x^2 + 294J_x^2 - 5J^3(J+1)^3 + 40J^2(J+1)^2 - 60J(J+1)] + \\ + \frac{1}{2} \overline{r^6} B_{66} \gamma [(J_x^6 + iJ_y^2) - (J_x^6 - iJ_y^2)] + \dots \quad (2)$$

Ions (R 2+) rare Earth, are necessary when studying the structure of the environment of the ions being replaced, as well as for creating materials with given properties, since ions can replace ions of the crystal lattice of similar size and the same valence disturbance operator from That Earth states, accepting V check That action from an external magnetic field, there is equal To:

$$\hat{H} = \beta g \mathbf{JH} + p N \mathbf{JH} + Q \frac{1}{2} (J_i J_j + J_j J_i) \mathbf{I}_i \mathbf{I}_j - \gamma \beta_N \mathbf{HI}, \quad (3)$$

Where G - Lande multiplier for free ion; N - numerical multiplier; β_N - Bohr magneton and nuclear magneton; $p = \frac{2\gamma\beta\beta_N}{r^3}$, $\mathbf{I}$ - nuclear spin; Q - a constant characterizing the quadrupole moment of the nucleus, H - the strength of the external magnetic field ;

$\beta = \frac{V}{c}$, At $V = 0$ field correlators differ only in relativistic corrections.

Significant differences arise only at small distances from the semiconductor surface – h , such that $h \lesssim |V|/\omega$. IN $h \gg |V|/\omega$:

$$\overline{|E_x|_\omega^2} = \overline{|E_y|_\omega^2} = \frac{i\omega T(\tilde{\varepsilon}^* - \tilde{\varepsilon})}{16\pi^2(\varepsilon+1)} \times \frac{1}{|V|\sigma h^2}, \\ \overline{|E_z|_\omega^2} = \frac{i\omega T(\tilde{\varepsilon}^* - \tilde{\varepsilon})}{\pi(\varepsilon+1)^2} \times \frac{1}{V^2 h} \square \overline{|E_x|_\omega^2}, \quad (3a) \\ \overline{|H_y|_\omega^2} = \overline{|H_z|_\omega^2} = \frac{i\omega T(\tilde{\varepsilon}^* - \tilde{\varepsilon})(\varepsilon^2 - 2\varepsilon + 3)}{64\pi^2 c^2(\varepsilon+1)} \times \frac{|V|}{\sigma h^2}, \\ \overline{|H_x|_\omega^2} = \frac{i\omega T(\tilde{\varepsilon}^* - \tilde{\varepsilon})(\varepsilon-3)^2}{128\pi^2 c^2(\varepsilon+1)} \times \frac{|V|}{\sigma h^2} + \frac{i\omega T(\tilde{\varepsilon}^* - \tilde{\varepsilon})k_0^2 |\tilde{\varepsilon}+1|^2}{32\pi^2(\varepsilon+1)} \frac{\ln \left| \frac{1}{2k_0 n} \right|}{|V|\sigma}.$$

Using the spin-Hamiltonian method, we represent the perturbation (1) by an operator with variables – components of the effective spin [2]:

$$\hat{H} = D_{ij}S_iS_j + \beta g_{ij}H_iS_j + A_{ij}S_iI_j + Q_{ij}I_iI_j - \gamma\beta_N\mathbf{H}\mathbf{I}, \quad (4)$$

where d - fine structure constant;

A_0 - is the hyperfine structure constant.

If we assume that the doublets are located far enough apart so that the distance between them is much greater than the correction introduced by the perturbation and greater than the paramagnetic resonance frequency, then the properties of each doublet at paramagnetic resonance can be described by the following spin Hamiltonian (effective spin $\frac{1}{2}$):

$$\hat{H} = \beta g_{\parallel}S_zH_z + \beta g_{\perp}(S_xH_x + S_yH_y) + AS_zI_z + B(I_xS_x + I_yS_y) + Q'I_z^2 - \gamma\beta_N\mathbf{H}\mathbf{I}. \quad (5)$$

In double nitrates of rare earth elements, the crystal field has symmetry C_{3v} and is characterized by two more parameters B_{43} and B_{63} , defining additional terms in the expression for the potential [3]:

$$B_{43}\sum_k z_k (x_k^3 - 3x_k y_k^2),$$

$$B_{63}\sum_k (11z_k^3 - 3z_k r_k^2)(x_k^3 - 3x_k y_k^2). \quad (6)$$

We determined the crystal lattice parameters of several rare earth ions by comparing paramagnetic resonance and optical spectroscopy data. The B20 parameters determine the negligible contribution to the splitting of energy levels; the parameters play a significant role B_{6n} . To find the matrix elements of the potential, we use the equivalent operator method.

In the presence of an external magnetic field, it is necessary to take into account the interaction of levels with J and $J + 1$, therefore, in the second approximation of perturbation theory, we find the matrix elements of the crystal field potential for states with different J :

$$\left\langle J+1, J_z \left| \sum_k 231z_k^6 - 315r^2z^4 + 105r^4z^2 - 5r^6 \right| J, J_z \right\rangle =$$

$$= \overline{r^6} \gamma_1 J_z \left[33J_z^4 - 5J_z^2 (6J^2 + 12J - 15) + 5J^3 - 5J^2 - 50J + 12 \right] \sqrt{(J+1)^2 + J_z^2} \quad (7)$$

Between the coefficients α_1 , β_1 , γ_1 and the previously used coefficients α , Equivalent operators β , γ have certain relationships.

When solving the problem, eigenfunctions determined by perturbation theory methods and characterizing the mixing of states with different values of the quantum

number M in a field of a given symmetry are used as a basis for representing the total angular momentum [4].

When calculating in terms of W_I perturbation operator:

$$W_I = 2\gamma\beta\beta_N \sum_k \left[\frac{\mathbf{I}_k - \mathbf{S}_k}{r_k^3} + \frac{3(\mathbf{r}_k \mathbf{S}_k) \mathbf{r}_k}{r_k^5} \right] \mathbf{I}, \quad (8)$$

Then the vector is equal to:

$$\mathbf{N} = \sum_k \mathbf{I}_k - \mathbf{S}_k + \frac{3(\mathbf{r}_k \mathbf{S}_k) \mathbf{r}_k}{r_k^2}, \quad (9)$$

which has the required commutativity properties with $\mathbf{J}$ in order to be able to calculate its matrix elements in the representation $|JM_j\rangle$:

$$\begin{aligned} \langle JM_j | \mathbf{N} | JM_{j'} \rangle &= \langle J | \mathbf{N} | J \rangle \langle JM_j | \mathbf{J} | JM_{j'} \rangle, \\ \langle J | \mathbf{N} | J \rangle, \langle J | \mathbf{N} | J+1 \rangle \end{aligned} \quad (10)$$

where α is the proportionality coefficient in the equivalent operator. If we neglect the constant value and apply the perturbation operator in the form:

$$(\hat{H} = \beta g \mathbf{JH} + U(\mathbf{JI}) + Q \frac{1}{2} (J_i J_j + J_j J_i) I_i I_j - \gamma \beta_N \beta \mathbf{HI}). \quad (11)$$

Calculating Eigen functions

$$G_0^m |J \pm M_y\rangle = \pm(J-m) + G_1^m (J \pm M_y) = \pm(J-m-6) + \dots, \quad (12)$$

Element of matrix J between the states of the doublet is equal to zero, therefore we have:

$$\begin{aligned} g_{\perp} &= 2g(G_0^2 \langle J-m | J_x | -J+m \rangle + G_1^2 \langle J-m-6 | J_x | -J+m \rangle + \\ &+ \dots + 2G_0 G_1 \langle J-m | J_x | -J+m+6 \rangle + \dots \end{aligned} \quad (13)$$

Hyperfine structure coefficients are determined in a similar manner. Using this method, doublets with can be determined $g_{\perp}$, doublets whose components undergo dipole transitions in a magnetic field:

$$\begin{aligned} g_{\perp} &\neq 0 \\ J-m \pm 1 &= -J+m, \\ J-m-6 \pm 1 &= -J+m+6, \\ J-m \pm 1 &= J+m+6, \\ m &= \pm \frac{1}{2} + J, \quad m = J-3 \pm \frac{1}{2} \text{ и. т.д.,} \end{aligned} \quad (14)$$

$$m = J-3k \pm \frac{1}{2} \quad (15)$$

From (3) it is clear that for an integer J number m is half-integer, which means that there is no $g_{\perp}$ in doublet states of ions with an integer J in a symmetry field C_{3h} .

This means that dipole transitions between the components of the doublet in a magnetic field are forbidden.

For a half-integer number J we have $g_{\perp} \neq 0$, so ions with integer and half-integer J should be considered separately. We will consider the splitting of the triplet in a tetragonal field to be insignificant and in order of magnitude satisfying the paramagnetic resonance frequency:

$$\begin{aligned} g_{\parallel} &= (3b_1^2 - a^2)g; & A &= U(3b^2 - a^2), \\ g_{\perp} &= \frac{g}{\sqrt{2}}(\sqrt{7b_1} + 3a_1); & B &= \frac{U}{\sqrt{2}}(\sqrt{7b_1} + 3a_1). \end{aligned} \quad (16)$$

The fine structure coefficient is simply the distance between the levels of the lower triplet in the tetragonal field:

$$D = -13\alpha_0 + 300\beta_0 - k_1 - 360\beta_4. \quad (17)$$

At $\beta_0 < 0$, the lower level is a singlet (Pr ion), which does not contribute to the paramagnetic susceptibility. The level is split only by the quadrupole moment and the direct interaction of the external magnetic field with the nuclear moment, which leads to an insignificant paramagnetic effect of the ion. If $E_4 - E_2 \gg kT$, then the paramagnetic susceptibility will be determined by the triplet level with an energy of approximately $840\beta_0$.

The coefficients of the spin Hamiltonian in this case will be:

$$\begin{aligned} D &= E_2 - E_3, \\ g_{\parallel} &= g(-3a_1^2 + b_1^2), \end{aligned} \quad (18)$$

$g_{\perp} = g\sqrt{2}a_1$; A and B are defined similarly.

$J = 6$. At thermal excitation energy kT , exceeding the complete splitting in the crystal field, paramagnetic resonance gives two absorption lines:

$$g_{\parallel}^{(1)} = g_{\perp}^{(1)} \approx \frac{5}{2}g; \quad g_{\parallel}^{(2)} = g_{\perp}^{(2)} = \frac{1}{2}g. \quad (19)$$

In a tetragonal field at $\beta_0 > 0$ and $kT \approx E_5 - E_7$ the only occupied level will be the singlet level, which is inert in a magnetic field, since the projections of the total angular momentum onto the coordinate axes for the singlet state are zero [5]. With a corresponding increase in temperature, the E_5 levels will be populated — E_8 , paramagnetic resonance will give absorption lines:

$$g_{\parallel} = N_8^2 g \left(5 \frac{\beta_{42}^2}{(a_2 - E_8)^2} + 1 - \frac{3\beta_{44}^2}{(a_4 - E_8)^2} \right); \quad D = E_8 - E_7. \quad (20)$$

We define the eigenfunctions and energy levels as before, $\beta > 0$. The lower triplet $-335 \cdot 60\beta_0$

$$\begin{aligned} g_{\parallel} &= N_{13}^2 \left[(C_7^{13})^2 \cdot 7 + (C_3^{13})^2 \cdot 3 - 1 - 5 (C_5^{13})^2 \right] g, \\ g_{\perp} &= \frac{\sqrt{2}}{2} N_8 N_{13} \left[C_7^{13} C_6^8 \sqrt{15} + C_3^{13} \cdot 2 \sqrt{15} + C_5^{13} C_6^8 \sqrt{42} + \sqrt{70} \right] g, \\ D &= E_{13} - E_8. \end{aligned} \quad (21)$$

We find the same $g_{\parallel}$ for $g_{\perp} \beta_0 < 0$.

In this case, the lower triplet is $466 \cdot 60\beta_0$.

$$\begin{aligned} g_{\parallel} &= N_{10}^2 \left[(C_7^{10})^2 \cdot 7 + (C_3^{10})^2 \cdot 3 - 1 - 5 (C_5^{10})^2 \right], \\ g_{\perp} &= \frac{\sqrt{2}}{2} N_{10} N_1 \left[C_8^{10} C_7^{10} \cdot 4 + C_3^{10} \cdot 2 \sqrt{15} + C_5^{10} \cdot 2 \sqrt{13} + C_0^1 \cdot 2 \sqrt{14} \right], \\ D &= E_{10} - E_1. \end{aligned} \quad (22)$$

For Eu^{3+} , $J = 0$ the ion in the ground state is not affected by the field of any symmetry.

Considering that the first excited level of the multiplet $J = 1$ lies approximately 270 cm^{-1} higher than at room temperature in a cubic field that does not split the level, we obtain g the same as for the free ion.

References

1. Urusova B.I., Bolatcheva M.S.-Kh. Mechanism of reverse magnetization of rocks of Karachay-Cherkessia (North Caucasus) // М . : Izvestia of the USSR Academy of Sciences., 2022. No. 2. P. 71-75.
2. Pearson W. Crystal chemistry and physics of metals and alloys. // M. Mir. 1977. Vol . 2. P. 471.
3. J. P. Carrasco, M. L. Osete, J. M. Torta, A. De Santis. A geomagnetic field model for the Holocene based on archaeomagnetic data and data on lava flows. // Earth and Planetary Science Letters. 2014. P. 98–109.
4. Urusova B.I. Magnetic alloy. Patent for invention. RU 2119967. From 1, 09/27/1998 Application No. 96121596/02 dated 11/12/1996.
5. Galkina O. S., Urusova B. I, Shalashov V.F. RESISTIVITY Holmium-praseodymium alloys. Moscow University Bulletin of Physics // М.: 1986, 41(2). P. 105-107.

© Khatuev J.U., Chochuev D.B., Urusova B.I.

ЦИФРОВАЯ РЕНТГЕНОГРАФИЯ В КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА ПАЙКИ СВЧ-ИЗДЕЛИЙ

Ботезату Дмитрий Андреевич

аспирант

Научный руководитель: **Батранин Андрей Викторович**

к.т.н., доцент ОКД

Национальный исследовательский

Томский политехнический университет

Аннотация: в работе рассматривается применение радиационного неразрушающего контроля с использованием радиографических методов для выявления дефектов, а также их размеров в СВЧ-компонентах. Цель исследования заключается в анализе видов дефектов на СВЧ-компонентах и оценке их влияния на дальнейшую эксплуатацию. В рамках исследования был сделан упор на ключевые виды дефектов, таких, как наплывы припоя и пустоты, которые могут возникать в процессе монтажа. Эти дефекты приводят к высокому уровню отказов в работе на этапе эксплуатации, снижая эффективность и надёжность. Методология включала в себя использование радиографии, которая позволяет получить подробное изображение объекта для точной локализации дефекта и также оценить их размеры и расположение.

Ключевые слова: радиография, СВЧ-компонент, неразрушающий контроль, наплыв, пустоты.

DIGITAL RADIOGRAPHY FOR QUALITY CONTROL OF SOLDERING IN MICROWAVE COMPONENTS

Botezatu Dmitry Andreevich

Scientific adviser: **Batranin Andrey Viktorovich**

Abstract: the work examines the application of radiation non-destructive testing using radiographic methods to detect defects and their sizes in microwave (MW) components. The objective of the research is to analyze the types of defects in MW components and assess their impact on further operation. The research focuses on key types of defects, such as solder blobs and voids, which may occur during assembly. These defects lead to a high level of failures during the operational phase,

reducing efficiency and reliability. The methodology involved the use of radiography, which provides a detailed image of the object for precise localization of defects, as well as assessing their sizes and locations.

Key words: radiography, microwave component, non-destructive testing, solder spill, voids.

Актуальность исследования методов радиационного неразрушающего контроля для оценки качества СВЧ-компонентов обусловлена их значительной ролью в современных электронных системах. В условиях резкого увеличения требований к производительности, надёжности и долговечности электронных компонентов, выявление дефектов на этапе производства одно из ключевых задач в области обеспечения контроля качества.

Основная цель исследования заключается в анализе и оценке влияния дефектов на конечный продукт СВЧ-компонентов с целью повышения их надёжности и качества в процессе эксплуатации. Методом, применённым в данном исследовании, является радиографический метод неразрушающего контроля. Этот метод основан на использовании рентгеновского излучения для получения изображений внутренних структур высокочастотных компонентов, что позволяет эффективно выявлять дефекты, такие как наплывы припоя и пустоты, без повреждения образцов. Радиографический контроль СВЧ-компонентов является эффективным методом анализа качества конструкции чипов, позволяющим обнаружить дефекты на ранних стадиях производства и повысить уровень безопасности электронных систем.

Для эксперимента было использовано 7 СВЧ-компонентов и 7 имитаторов.

Имитаторы СВЧ-компонентов — это устройства, которые моделируют или имитируют функциональность и поведение реальных микросхем и СВЧ-компонентов в различных приложениях. Они используются для достижения нескольких целей, таких как тестирование и обучение, а также помогают ускорить разработку, снизить затраты и уменьшить риски, связанные с использованием физических компонентов.

Все образцы имели медную подложку, покрытую золотом, представляют собой важный элемент в системах управления теплом в различных электронных и электрических устройствах. Они служат для эффективного отвода тепла от активных компонентов, таких как СВЧ-компоненты, что способствует повышению их надёжности и долговечности. Подложки на всех

СВЧ-компонентах и имитаторов имели одинаковые размеры: 4.2 мм по ширине и 6.2 мм по длине.

СВЧ-компоненты использовались для СВЧ электроники. СВЧ электроника — это динамично развивающаяся область, которая играет критическую роль в современных технологиях и системах. С ростом потребности в высокоскоростной передаче данных и новыми приложениями в различных сферах.

Размеры СВЧ-компонентов и имитаторов: два СВЧ-компонента и шесть имитаторов имели длину 3.0 мм и ширину 4.0 мм, четыре СВЧ-компонента и один имитатор имели ширину 3.3 мм и длину 4.0 мм, один СВЧ-компонент имел ширину 1.8 мм и длину 5.0 мм.

Результаты исследования подчёркивают важность применения неразрушающих технологий для повышения надёжности и качества электронных компонентов, что может способствовать снижению рисков, связанных с эксплуатацией электронной техники.

Монтаж СВЧ-компонентов в подложку осуществляется с подготовки подложки, которая может быть выполнена из нужного для задачи материала. Вначале подложка очищается от загрязнений, что позволяет избежать влияния на адгезию. Затем необходимо убедиться, что подложка соответствует необходимым спецификациям по размерам, поверхности и механической прочности. После выбора подложки осуществляется нанесение припоя, после чего начинается травление для создания нужной структуры, затем опять наносится припой с помощью трафаретной печати или вакуумного напыления, после нанесения припоя, на подложку размещается СВЧ-компонент, чаще всего с использованием автоматической установки для более точного позиционирования СВЧ-компонентов. После установки СВЧ-компонентов на подложку, производится процесс пайки. Если используется мягкий припой, то СВЧ-компонент устанавливается на нагретую подложку, где припой плавится и создаёт соединение. После завершения процесса пайки производится охлаждение СВЧ-компонентов и подложки для затвердевания припоя и стабильности соединения. Для контроля монтажа осуществляется визуальный осмотр, проверяется смещение и повреждения СВЧ-компонентов, затем изделие проходит электрические тесты, чтобы удостовериться, что СВЧ-компонент соответствует характеристикам, таким как сопротивление, проводимость и функциональность.

Радиографический осмотр качества пайки является одним из методов неразрушающего контроля, который используется для оценки качества

соединений в электронных устройствах и различных компонентах. Этот метод позволяет визуализировать внутренние структуры соединений, включая паяные соединения, и выявлять дефекты, которые могут быть невидимы при обычном визуальном осмотре. Радиографический осмотр основан на использовании рентгеновских лучей или гамма-излучения для создания изображений внутренних структур изделия. Когда рентгеновские лучи проходят через объект, они поглощаются различными материалами по-разному. Более плотные участки, такие как медь или припой, поглощают больше излучения, в то время как менее плотные участки, такие как воздух или пустоты, пропускают больше, что позволяет создать контрастное изображение.

Процесс радиографического осмотра начинается с подготовки образца, например, платы с паяными соединениями, которая тщательно очищается от загрязнений и масел, чтобы избежать искажений в изображении. Образец помещается между рентгеновским источником и детектором. Рентгеновские лучи проходят через плату и создают непрозрачные изображения на плёнке или в цифровом формате, полученные радиографии анализируются с использованием специализированного программного обеспечения и визуальных методов, где инженеры ищут дефекты, такие как поры, трещины, недостаток припоя, перегрев, неправильное соединение, наплыв припоя. На основе анализа полученных изображений оцениваются качество пайки и пригодность изделия для дальнейшего использования, а также определяются возможные проблемы и рекомендации по их устранению. Таким образом, радиографический осмотр качества пайки является эффективным инструментом для контроля и оценки качества соединений в электронных устройствах. Он позволяет выявлять критические дефекты и обеспечивает надёжность работоспособности компонентов, что особенно важно для высоконадёжных и ответственных приложений.

Метод радиографического неразрушающего контроля имеет ряд преимуществ, таких как неразрушающий контроль, что позволяет оценить качество пайки без повреждения образца, что особенно важно для дорогостоящих и чувствительных к повреждениям изделий. Радиография позволяет обнаружить дефекты, которые могут быть невидимы при визуальном осмотре, такие как скрытые пустоты, трещины, недостаток припоя или его наплывы. Рентгенографический метод контроля также обеспечивает высокую точность, так как он предоставляет высокое разрешение и качество изображения, что позволяет точно определять даже дефекты размером с пару микрометров.

Эксперимент проводился на установке SEC X-eye SF160F (СТ). Установка SEC X-eye SF160F (СТ) представляет собой систему рентгенографического контроля, разработанную для неразрушающего тестирования (НДТ) разнообразных материалов и компонентов, включая электронику, водопроводные системы и структуры в аэрокосмической, автомобильной и других отраслях. Основные моменты и смысл данной установки: Технология рентгенографии: Установка использует рентгеновские лучи для получения изображений внутренних структур объектов, а также высокое разрешение.

Но также радиографический метод неразрушающего контроля имеет и ограничения. Анализ радиографий требует высокой квалификации и опыта для правильной интерпретации изображений, что может усложнить процесс. Кроме того, метод дорогостоящий и требует наличие качественного оборудования. Также из-за ограничения кабины аппарата, метод не подходит для крупногабаритных объектов.

Для эксперимента было рассмотрено качество пайки, содержащие характерные дефекты, такие как пустоты и наплывы припоя. Эти дефекты представляют собой распространённые проблемы в процессе пайки и могут негативно сказываться на надёжности и функциональности электронных устройств. Исследование таких СВЧ-компонентов позволяет более глубоко понять влияние дефектов на характеристики пайки и помогает разработать методы для их предотвращения в будущих производственных процессах

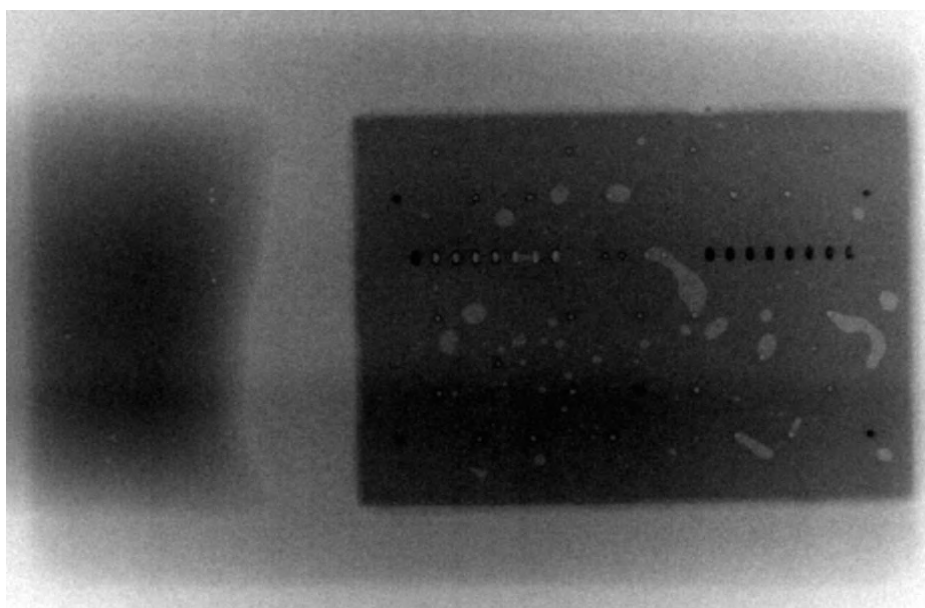


Рис. 1. СВЧ-компонент и подложка с пустотами

Пустоты могут вызвать электрические нарушения, пустоты могут влиять на электрическую проводимость в СВЧ-компоненте, что может быть следствием сбоев в работе, таких как: короткое замыкание, уменьшение теплопроводности, что в свою очередь приведёт к перегреву и в конечном итоге к выходу СВЧ-компонентов из строя (Рис. 1).

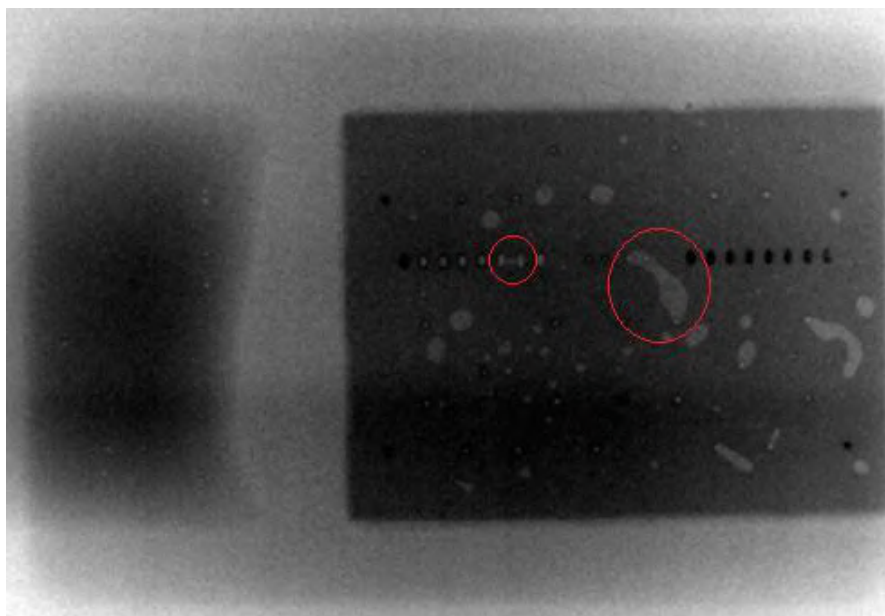


Рис. 2. Области пустот, в которые попали два или более контакта

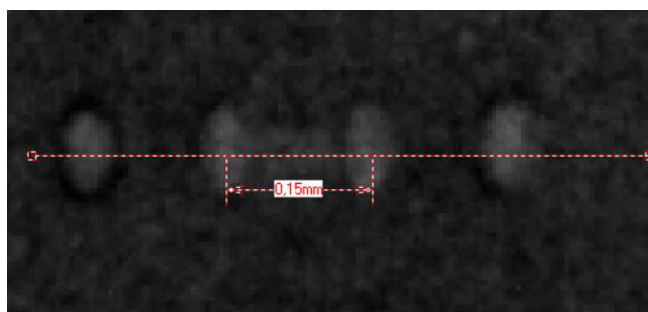


Рис. 3. Размер пустоты равный 150 мкм

Кругом выделены области, в которых контакты попадают в один пузырь, что в свою очередь приводит к нестабильному соединению, увеличивающую вероятность сбоев, коротких замыканий, нарушений пути сигнала и снижению надёжности (Рис. 2). Размер пустоты представлен на Рис. 3 Основная проблема, связанная с наличием пустот в паяных соединениях, заключается в плохом теплообмене. Пустоты представляют собой воздушные карманы, которые могут возникать в результате недостаточного контакта между поверхностями или неправильного распределения припоя во время пайки. Эти пустоты создают

преграды для эффективной передачи тепла, что может привести к перегреву соседних компонентов и ухудшению их работы. Ключевым методом обнаружения проблемы на этапе производства является рентгеновская радиография неразрушающего контроля.

На представленном рисунке можно увидеть примеры наплывов припоя на контакты, а также оценить, как они могут повлиять на целостность соединений. Эти изображения помогут лучше понять важность контроля качества пайки и методов предотвращения подобных дефектов в процессе производства (Рис. 4).

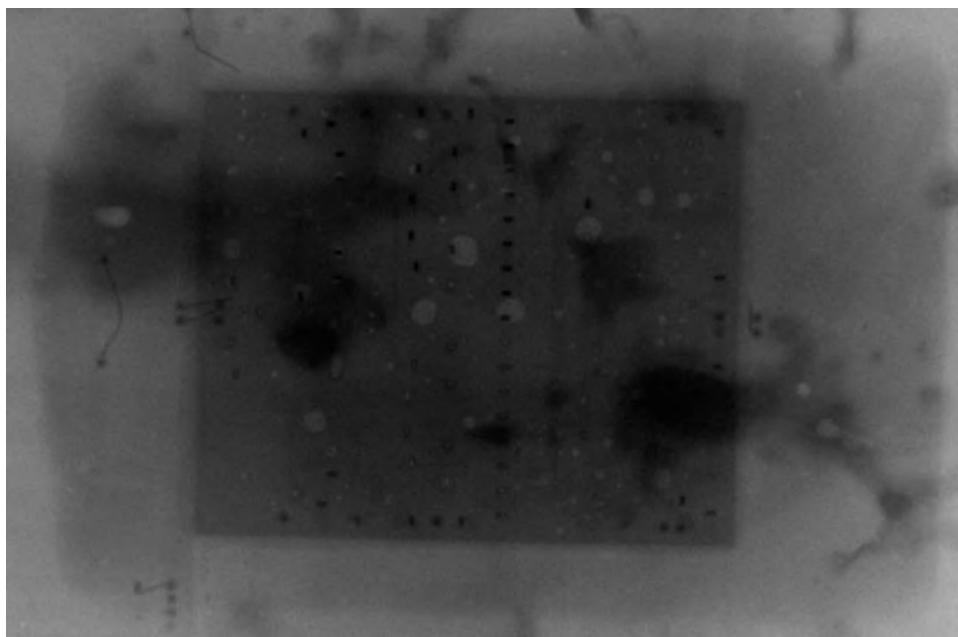


Рис. 4. СВЧ-компонент и подложка с пустотами и наплывами припоя

Данный вид проблемы приводит СВЧ-компонент в непригодность и представляет серьёзную проблему, способную вызвать ряд разрушительных ошибок, влияющих на работоспособность и надёжность устройства. Такая ситуация, когда припой бесконтрольно разливается по поверхности, нарушает архитектуру микросхемы, создавая препятствия для нормального электрического соединения. Наплыв может замкнуть соседние контакты, что приводит к сбоям в функционировании и даже к полному выходу устройства из строя. Более того, его присутствие затрудняет тепло отведение, так как лишний слой металла препятствует эффективному рассеиванию тепла, что в свою очередь может вызвать перегрев и ускоренное старение элементов. Процессы, которые протекают внутри СВЧ-компонента, становятся подвержены непредсказуемым изменениям, что может вызвать ухудшение характеристик продукта и его долгосрочную надёжность. Кроме того, наплыв припоем создаёт

механическую нестабильность, которая может привести к образованию трещин и других повреждений в местах соединений, сделав устройство более уязвимым к внешним воздействиям.

В ходе работы были измерены несколько образцов СВЧ-компонентов, результаты показали наличие дефектов пустот и наплывов припоя на контакты, вследствие чего происходило короткое замыкание. Метод контроля позволяет получать данные о качестве монтажа и рисках при эксплуатации оборудования на производстве

Исследование подчёркивает важность применения новых, современных технологий радиационного неразрушающего контроля в область микроэлектроники. Выявление дефектов на стадии производства может способствовать повышению качества и надёжности при эксплуатации конечного продукта и обеспечить безопасность при дальнейшем использовании. Работа в дальнейшем будет направлена на перспективу внедрения радиационного контроля в контроль качества микросхем. Результат работы может быть использован для улучшения процессов контроля качества в производстве СВЧ-компонентов и плат. Внедрение радиационного неразрушающего контроля в производство плат и СВЧ-компонент на конечной стадии монтажа может минимизировать риск брака оборудования при продаже конечному покупателю.

Список литературы

1. А. Алыков, Т. Корбанкова, А. Кулибаба, А.Сашов, к. т. н., М.Суконкин. Рентгеновский контроль электронной компонентной базы. журнал: электроника: наука, технология, бизнес. 2021 год.
2. Калинин Б.Д Исследование рентгеновского излучения и развитие рентгеновского приборостроения в Санкт-Петербурге к 125-летию открытия рентгеновского излучения. 2020 год.
3. Ахутин А.С., Круглов Г.А. Рентгеновская томография: теория, методы и технология, Москва, издательство "Физматлит", 2015 год.

© Ботезату Д.А.

СЕКЦИЯ ИНФОРМАТИКА

ОПТИМИЗИРОВАННАЯ ОБРАБОТКА И ФОРМИРОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ

Исмухамедова Айгерим Мэлсатовна

PhD, руководитель научного проекта AP22683316

Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева

Баканова Анна Павловна

к.т.н., преподаватель

Казахстанско-Американский свободный университет

Бельгинова Сауле Аскербековна

PhD, ассоциированный профессор

Высшая школа информационных технологий,

Университет «Туран»

Аннотация: в данной статье представлен комплексный подход к построению системы анализа медицинских данных с использованием методов машинного обучения. Основное внимание уделено улучшению ранних этапов обработки данных — от предварительной обработки до построения признаков — с целью повышения точности прогнозирования смертности в отделениях интенсивной терапии на основе базы данных MIMIC-IV. Предложенный метод учитывает временные зависимости, отслеживает изменения результатов лабораторных исследований, применяет кодирование целевой переменной и использует технику TF-IDF для обработки клинических текстовых записей. Это позволило сократить долю пропущенных значений с 15% до 5% и увеличить взаимную информацию с целевой переменной на 20%. Модель Gradient Boosting с применением стратегий балансировки классов показала наилучшие результаты в эксперименте, продемонстрировав значение AUC-ROC=0.988. Разработанная методология отличается интерпретируемостью результатов, что делает её потенциально применимой в системах поддержки клинических решений. В дальнейшем планируется валидация методологии на дополнительных клинических данных и интеграция с системами глубокого обучения для повышения точности прогнозов.

Ключевые слова: машинное обучение, MIMIC-IV, прогнозирование смертности, построение признаков, предварительная обработка медицинских данных, отделения интенсивной терапии, системы поддержки клинических решений.

OPTIMIZED PREPROCESSING AND FEATURE ENGINEERING FOR COMPREHENSIVE MEDICAL DATA ANALYSIS

Ismukhamedova Aigerim Melsatovna
Bakanova Anna Pavlovna
Belginova Saule Askerbekovna

Abstract: this paper introduces an integrated approach for building a system to analyze medical data using machine learning. The focus is on improving the early stages of data handling, from preprocessing to feature construction, to achieve more accurate mortality predictions in intensive care units based on the MIMIC-IV database. The method incorporates time-dependent patterns, tracks changes in laboratory test results, applies target variable encoding, and uses TF-IDF techniques for processing clinical text records. This reduced the number of missing values from 15% to 5% while increasing the mutual information with the target variable by 20%. The Gradient Boosting model with class balancing strategies performed the best in an experiment, with an AUC-ROC score of 0.988. The developed methodology is distinguished by the interpretability of its results, making it potentially applicable to clinical decision support systems. Future research directions include validation of the methodology with additional clinical data and integration with deep learning systems to improve predicted accuracy.

Key words: machine learning, MIMIC-IV, mortality prediction, feature engineering, medical data preprocessing, intensive care units, clinical decision support systems.

Введение

В современной медицинской практике всё чаще используются большие массивы данных для прогнозирования различных клинических исходов, таких как уровень смертности в отделениях интенсивной терапии, продолжительность госпитализации и вероятность осложнений [1]. Несмотря на наличие множества методов предварительной обработки медицинской информации, проблема выбора оптимального подхода остаётся нерешённой. Анализ показывает, что методы машинного обучения совершенствуются за счёт внедрения новых алгоритмических решений и повышения эффективности существующих. Использование продвинутых алгоритмов, таких как XGBoost, LightGBM, CatBoost и глубокие нейронные сети, способствует повышению

точности прогнозов при одновременном снижении риска переобучения. Кроме того, применение ансамблевых методов, в частности *stacking*, позволяет интегрировать несколько моделей для получения более надёжных и устойчивых результатов прогнозирования.

Цель совершенствования существующих программных решений заключается в общем повышении эффективности моделей. Основные направления включают: улучшенные методы предварительной обработки данных с применением сложных нормализационных подходов; расширенную работу с признаками, включая тестирование полиномиальных зависимостей и использование современных технологий оптимизации гиперпараметров; а также разработку более наглядных и информативных визуальных представлений данных.

Современные методы, как правило, ограничены узкими характеристиками задач или не обеспечивают требуемого уровня качества прогнозирования [2]. Например, исследование [3], посвящённое разработке моделей прогнозирования смертности в отделениях интенсивной терапии с использованием базы данных MIMIC-IV и методов машинного обучения, показывает необходимость совершенствования обработки информации и балансировки классов [4]. Это требует тщательного анализа всех этапов подготовки данных, включая очистку, кодирование и генерацию признаков. Целью данного исследования является поиск путей повышения точности прогностических моделей [5].

База данных MIMIC-IV является одним из наиболее масштабных и доступных источников медицинской информации. Она содержит анонимизированные сведения о пациентах отделений интенсивной терапии, что облегчает разработку алгоритмов машинного обучения, помогающих врачам в принятии решений. Точность предварительной обработки данных и корректность выделения значимых признаков оказывают существенное влияние на эффективность и надёжность таких алгоритмов [6], [7], [8]. Исходные клинические данные часто содержат пропуски, искажения, дисбаланс классов и другие проблемы, требующие комплексного подхода к обработке [2].

Цель данного исследования — разработать систему анализа медицинских данных с использованием методов машинного обучения, а также улучшить методы обработки и построения признаков, чтобы повысить точность моделей,

использующих информацию из MIMIC-IV для прогнозирования клинических исходов (в частности, смертности в отделениях интенсивной терапии).

Методы и материалы

Для достижения поставленной цели была выполнена серия взаимосвязанных задач. Проект начался с тщательного анализа существующих методов подготовки данных. На основе теоретических основ статистического обучения [6] для каждого этапа были разработаны и предложены усовершенствования. Для оценки эффективности предложенного подхода был проведён комплекс экспериментов, направленных на исследование влияния разработанных методов на точность прогнозов и надёжность моделей в различных условиях. На заключительном этапе результаты были сопоставлены с данными предыдущих исследований, чтобы оценить достигнутый прогресс и определить место данной работы в более широком научном контексте.

Основным источником информации в исследовании послужила открытая медицинская база данных MIMIC-IV (версия 1.0). Для анализа были использованы данные из таблиц admissions, ICU stays и labevents. Целевой показатель представлял собой бинарную переменную, отражающую факт смертности пациента в отделении интенсивной терапии, который вычислялся путём сравнения временной метки смерти (deathtime) с длительностью пребывания пациента в отделении интенсивной терапии.

Рабочий подход включал следующие этапы:

- очистка данных;
- построение признаков (feature engineering);
- разведочный анализ данных (Exploratory Data Analysis, EDA);
- моделирование;
- оценка результатов.

На первом этапе подготовки данных были применены различные методологические приёмы.

Для обработки пропущенных значений использовался комбинированный подход: числовые переменные заполнялись медианными значениями их распределений, а категориальные переменные обозначались как «UNKNOWN», что согласуется с рекомендациями [7]. Для обеспечения статистической достоверности из исследования исключались признаки, в которых доля пропущенных значений превышала 50% от общего числа наблюдений.

Чтобы сделать числовые переменные сопоставимыми между собой, была проведена стандартизация с помощью Z-преобразования (1), как предложено в [8]:

$$Z = \frac{(X - \mu)}{\sigma} \quad (1)$$

где X — исходное значение переменной, μ — среднее значение переменной,

σ — стандартное отклонение, а Z — стандартизированное значение.

Данный метод нормализует данные, выравнивая распределение относительно нуля и масштабируя его в соответствии со стандартным отклонением.

Кроме того, временные данные проверялись на согласованность, чтобы убедиться в их логической последовательности. В частности, проверялась корректность порядка ключевых событий, что позволило выявить и устранить возможные ошибки в исходных данных.

Процесс построения признаков (feature engineering) включал комплексный подход, основанный на применении различных методологических приёмов. Для временных переменных использовались циклические преобразования, позволяющие корректно отразить их периодичность, в соответствии с методами, описанными в [9], в частности с использованием синусо-косинусного представления циклической переменной (2):

$$\left(\sin \sin \left(2\pi * \frac{hour}{24} \right), \cos \cos \left(2\pi * \frac{hour}{24} \right) \right) \quad (2)$$

где $hour$ — значение часовой переменной, принимающее значения от 0 до 23.

Данный метод обеспечивает наглядное представление циклических компонентов исследуемого временного ряда.

Обработка лабораторных измерений включала вычисление различных статистических агрегатов (среднего, минимального и максимального значений), определение динамических характеристик путём расчёта скорости изменения параметров (3), а также создание индикаторных переменных, отражающих случаи, когда значения выходили за пределы референсного диапазона.

$$lab_{velocity} = \frac{\Delta lab_{value}}{\Delta time} \quad (3)$$

где $lab_{velocity}$ — скорость изменения лабораторного показателя; Δlab_value — изменение значения лабораторного теста между двумя последовательными измерениями, делённое на $\Delta time$, то есть разницу во времени между этими измерениями.

Для категориальных переменных применялись различные методы кодирования: для признаков с высокой кардинальностью использовалось кодирование на основе целевой переменной (target-based encoding) (4), а для признаков с низкой кардинальностью применялось one-hot кодирование, в соответствии с рекомендациями [10].

$$encoded_{value} = E[y|x] \quad (4)$$

где y — целевая переменная, а x — значение категориального признака.

Для векторизации текстовых данных применялся метод TF-IDF (Term Frequency–Inverse Document Frequency), в частности для списков кодов из Международной классификации болезней (ICD_CODE_LIST). Этот подход позволил преобразовать текстовую информацию в числовые векторы, пригодные для анализа с помощью алгоритмов машинного обучения.

Кроме того, были созданы взаимодействующие признаки (interaction features) путём построения полиномиальных комбинаций десяти наиболее значимых числовых переменных. Это позволило выявить нелинейные зависимости между исходными параметрами. Для более полного учёта потенциально важных нелинейных связей между переменными были сформированы новые признаки, основанные на комбинациях исходных характеристик. Среди них — попарные произведения и другие виды взаимодействий, например, `interaction subject_id` и `subject_age`, объединяющий идентификатор пациента и возраст при поступлении.

Подобные взаимодействия повышают выразительность модели, позволяя выявлять скрытые взаимосвязи между переменными. Однако чрезмерное добавление производных признаков может усиливать мультиколлинеарность. Для её контроля и мониторинга на этапе предварительного отбора признаков использовался коэффициент инфляции дисперсии (VIF, Variance Inflation Factor) (5) [11]:

$$VIF_i = \frac{1}{1 - R_i^2} \quad (5)$$

где R_i^2 — это коэффициент детерминации (R-squared), полученный при регрессии признака x_i ; чем выше значение VIF, тем больше вероятность наличия мультиколлинеарности.

Переменные с аномально высокими значениями VIF либо исключались из дальнейшего анализа, либо удалялись из итоговой модели.

Процедура разведочного анализа данных (Exploratory Data Analysis, EDA) включала исследование различных аспектов характеристик выборки. Были рассмотрены двадцать признаков с наибольшим количеством

пропущенных данных для выявления структурных закономерностей в распределении пропусков внутри набора данных.

Для анализа распределения количественных переменных строились гистограммы частот с нанесёнными линиями, обозначающими среднее значение (μ) и стандартное отклонение (σ). Это позволило визуализировать центральные тенденции и вариабельность данных.

Для изучения взаимосвязей между переменными применялся корреляционный анализ, включающий построение корреляционных матриц с использованием коэффициентов Пирсона (r) и Спирмена (ρ). Для определения статистической значимости различий между группами использовались параметрические t -тесты для количественных данных и хи-квадрат для категориальных переменных.

Для снижения размерности набора данных применялся метод анализа главных компонент (PCA, Principal Component Analysis). Доля объяснённой дисперсии использовалась для определения количества компонент, необходимых для сохранения 95% вариации исходных данных.

Алгоритм K-means применялся для выявления естественных групп (кластеров) в данных. Для определения оптимального количества кластеров использовалась метрика инерции (6), как указано в [12]:

$$inertia = \sum_{i=1}^n \min_{C_j} \|x_i - C_j\|^2 \quad (6)$$

где x_i — i -й объект (точка в пространстве признаков); C_j — центр j -го кластера;

$\|x_i - C_j\|^2$ — квадрат евклидова расстояния от точки x_i до ближайшего центра кластера; $\min_{C_j}$ — выбирается ближайший центр и суммирование выполняется по всем объектам.

Данные были разделены на обучающую и тестовую выборки на уровне пациентов в соотношении 80:20, чтобы исключить утечку информации между выборками. Для построения прогнозных моделей использовалась нейронная сеть и несколько методов машинного обучения: Random Forest [13], Gradient Boosting [14], XGBoost [15], LightGBM [16] и CatBoost [17].

Для оптимизации гиперпараметров моделей применялся пакет Optuna [18] с использованием Байесовской оптимизации. Для борьбы с дисбалансом классов использовалось взвешивание классов в функциях потерь и метод SMOTE (Synthetic Minority Oversampling Technique) [19].

Окончательный прогноз формировался через stacking: предсказания базовых моделей объединялись с помощью логистической регрессии, использовавшейся в качестве мета-алгоритма [20].

Модели оценивались с использованием следующих метрик:

- площадь под кривой ошибок первого и второго классов (AUC-ROC) — определяется как интеграл действительной положительной ставки (True Positive Rate, TPR) по ложноположительной ставке (False Positive Rate, FPR) (7):

$$AUC = \int_0^1 TPR(t) dFPR(t) \quad (7)$$

где доля истинно положительных результатов (True Positive Rate, TPR) — это процент правильно предсказанных положительных примеров, тогда как доля ложноположительных результатов (False Positive Rate, FPR) — это доля ложноположительных предсказаний среди всех отрицательных примеров. Порог классификации (t) определяет точку, при которой рассчитываются TPR и FPR.

- F1 — это показатель, представляющий собой гармоническое среднее точности и полноты (8):

$$F1 = 2 * \frac{Precision * Recall}{Precision + Recall} \quad (8)$$

- Precision (точность) определяется как доля правильных положительных предсказаний модели среди всех предсказанных положительных значений (9):

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (9)$$

где TP (True Positive) — количество случаев, когда модель правильно предсказала положительный класс, а FP (False Positive) — количество случаев, когда модель ошибочно предсказала положительный класс, когда на самом деле он был отрицательным.

- Recall (полнота) (10) показывает, какая доля реально положительных объектов была правильно предсказана:

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (10)$$

где FN (False Negative) — количество случаев, когда модель предсказала отрицательный класс вместо положительного.

Для медицинской информационной системы оптимальным вариантом была микросервисная архитектура на Python (FastAPI/Flask) для API и гибридное хранилище данных (PostgreSQL для структурированной информации и MongoDB для полуструктурированной). Медицинский персонал может легко получать информацию с помощью современных JavaScript-фреймворков, таких как React и Vue.js, а также пакетов визуализации данных, таких как D3.js и Chart.js.

REST API или GraphQL обеспечивают взаимодействие компонентов, а Docker и Kubernetes автоматизируют масштабирование. Для защиты персональных данных пациентов используется система аутентификации на основе OAuth 2.0 с JWT-токенами, а также шифрование (AES-256 для хранения и TLS для передачи). Для обеспечения безопасности данные также де-идентифицируются в соответствии с требованиями GDPR и HIPAA. Реализована полная регистрация всех операций, стратегия доступа по ролям и регулярное тестирование на проникновение. Регулярная обратная связь от врачей и пациентов будет критически важна для того, чтобы система могла удовлетворять растущие потребности и нагрузку.

Результаты

Ниже представлены средние значения метрик качества моделей на тестовой выборке при использовании различных методов балансировки классов (табл.1). Независимо от применяемого подхода к балансировке, модели Random Forest (RF) и Gradient Boosting (GB) демонстрируют общую точность около 0,98.

Однако результаты показывают, что выбранный метод балансировки существенно влияет на значение AUC-ROC и полноту выявления летальных исходов (Recall). Минимальное значение Recall для модели Random Forest (0,89) указывает на её низкую эффективность в обнаружении смертей без использования методов генерации синтетических выборок.

Наилучшее соотношение точности (Precision) и полноты (Recall) достигается при комбинированной технике балансировки: для модели Gradient Boosting Recall = 0,93, а Precision = 0,96.

Таблица 1

Сравнение метрик моделей

Модели	AUC-ROC	F1	Precision	Recall
Random Forest	0,945	0,92	0,93	0,91
Gradient Boosting	0,988	0,95	0,96	0,94
XGBoost	0,975	0,93	0,94	0,92
LightGBM	0,970	0,92	0,93	0,91
CatBoost	0,980	0,94	0,95	0,93
Neural network	0,965	0,91	0,92	0,90

Обе модели корректно идентифицируют выживших, но Gradient Boosting выявляет на 56 случаев смертей больше, чем Random Forest, что приводит к

небольшому увеличению числа ложноположительных предсказаний. Таким образом, Gradient Boosting демонстрирует большую эффективность в выявлении редких летальных исходов при незначительном снижении специфичности.

Для оценки клинической значимости модели были исследованы факторы, влияющие на предсказания, с использованием встроенной оценки важности признаков и анализа SHAP. Значения SHAP помогли выявить ключевые детерминанты риска смертности, такие как интенсивность инсулинотерапии и продолжительность госпитализации. Анализ SHAP-взаимодействий показал, что сочетание этих факторов оказывает синергетически отрицательное влияние на прогноз. Этот вывод согласуется с клиническими наблюдениями: пациенты, находящиеся в больнице длительное время и получающие высокие дозы инсулина, как правило, находятся в более критическом состоянии.

Одним из важнейших выводов интерпретации модели стало подтверждение клинической значимости выявленных ключевых признаков. К ним относятся возраст пациента, тяжесть заболевания (косвенно отражаемая длительностью госпитализации и необходимостью интенсивной инсулинотерапии) и наличие значимых коморбидностей, зафиксированных с помощью соответствующих диагностических кодов. Врачи хорошо знают, что эти факторы могут существенно влиять на исход пациента [21]. Таким образом, модель не только обладает высокими количественными показателями эффективности, но и основана на закономерностях, соответствующих признанным медицинским знаниям, что делает её предсказания более надёжными.

Система поддержки клинических решений (Clinical Decision Support System, CDSS) на базе машинного обучения состоит из нескольких взаимосвязанных модулей, которые обеспечивают полный цикл обработки медицинских данных (рис.1). Модуль сбора и подготовки данных выполняет ключевые задачи: очистку, нормализацию, стандартизацию, анонимизацию и устранение проблем с дисбалансом классов. Модуль управления потоками данных обеспечивает корректную передачу признаков и предсказаний между различными частями системы для дальнейшего анализа. Модуль безопасности защищает информацию о пациентах, реализуя строгие меры контроля доступа и шифрование в соответствии с требованиями GDPR и HIPAA [22].

Блок визуализации представляет результаты анализа и предсказания в понятном формате. Он также отображает значения SHAP, показывая, как каждый признак влияет на конечный результат [23]. Такая многокомпонентная

конструкция позволяет врачам использовать визуализированные и интеллектуально обработанные данные для принятия клинических решений при защите конфиденциальной информации пациентов.

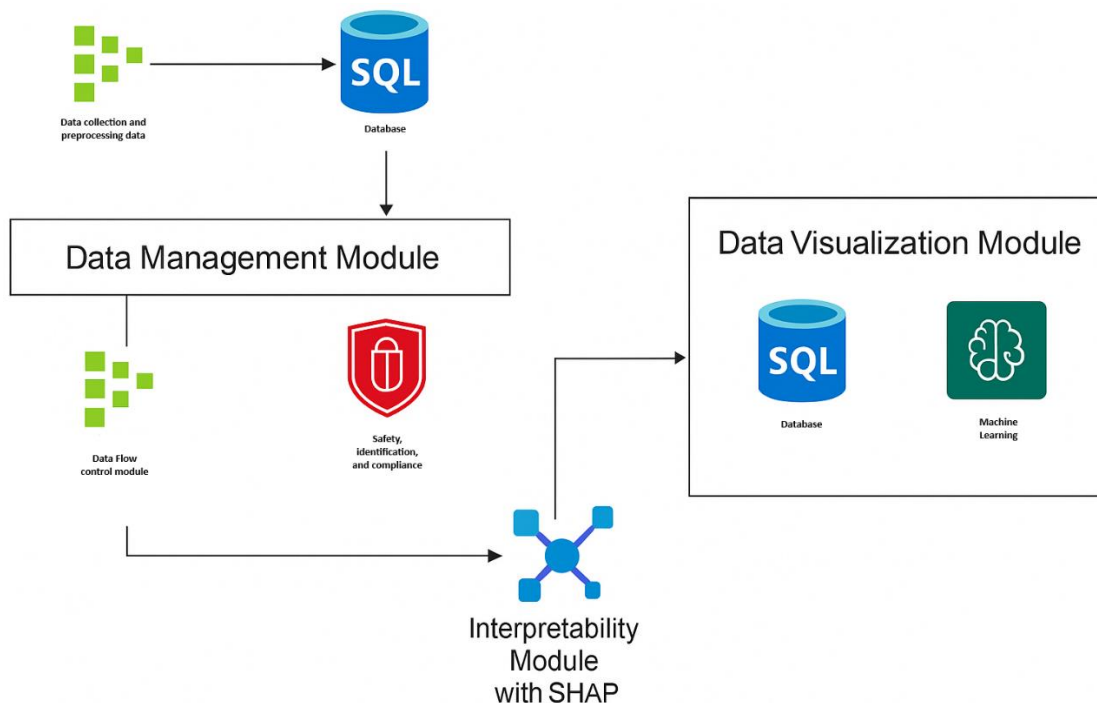


Рис. 1. Архитектура взаимодействия различных модулей системы

Обсуждение

Предложенная система защищает конфиденциальность пациентов с помощью нескольких уровней защиты, одновременно используя интерпретируемые модели и визуализации на основе SHAP. Такой подход способствует формированию доверия у медицинских специалистов к автоматическим прогнозам и снижает вероятность ошибок в клинической практике. Модульная структура системы позволяет адаптировать и масштабировать её для различных медицинских приложений, включая раннее выявление заболеваний, оптимизацию планов лечения и персонализированную медицину.

Данное исследование также показывает, что тщательная оптимизация построения признаков (feature engineering) и предварительной обработки данных значительно повышает точность прогнозирования смертности в отделениях интенсивной терапии с использованием базы данных MIMIC-IV. Благодаря интегрированной системе предварительной обработки доля пропущенных значений была сокращена с 15% до 5%, при этом стабильность подтверждена с помощью Population Stability Index ($PSI < 0,1$) [3].

Эти улучшения оказали прямое и существенное влияние на производительность модели — без качественной предварительной обработки даже передовые алгоритмы не смогли бы достичь AUC-ROC, близкого к 0,98.

Подходы, разработанные в этой работе — такие как циклические временные признаки, вычисление скорости изменения лабораторных параметров, кодирование по целевой переменной и применение TF-IDF к текстовым данным — значительно повысили информативность признаков. Новые признаки при этом несут на 20% больше информации о целевой переменной по сравнению с исходными.

В сочетании со стратегиями балансировки классов модель Gradient Boosting показала наилучшие результаты с AUC-ROC = 0,988, превосходя другие алгоритмы. Использование stacking слегка улучшило показатели, но усложнило вычисления. Сравнение с современными эталонными методологиями [3] подтвердило конкурентоспособность предложенной стратегии.

Заключение

Разработка Системы поддержки клинических решений (CDSS) на основе машинного обучения представляет собой инновационное решение, объединяющее высокую точность прогнозов с модульной архитектурой, что облегчает добавление новых алгоритмов анализа медицинских данных. Модели и результаты, полученные в этом исследовании, применимы к базе данных MIMIC-IV и задаче прогнозирования смертности в стационаре. При использовании этой методологии в других учреждениях или для других клинических исходов потребуются повторная адаптация и валидация. Тем не менее, фундаментальные принципы — качественная предварительная обработка, построение признаков и балансировка классов — остаются применимыми во всех случаях.

Предложенный метод может служить основой для систем поддержки клинических решений, которые формируют предупреждения при высоком риске неблагоприятных исходов. Эти методы способны выявлять значимые факторы риска благодаря своей простоте и наглядности, что позволяет врачам принимать обоснованные и своевременные решения.

Направления будущих исследований включают валидацию представленной методологии на дополнительных клинических наборах данных и интеграцию предложенных методов построения признаков с современными архитектурами глубокого обучения для потенциального повышения точности прогнозов.

Примечания

Благодарность: это исследование было поддержано Научным комитетом Министерства образования и науки Республики Казахстан, проект № AP22683316 «Применение алгоритмов машинного обучения для систем поддержки медицинских решений».

Список литературы

1. Johnson A.E.W. и др. MIMIC-III, a freely accessible critical care database // Sci. Data. — ISSN 2052-4463. 2016. Vol. 3.
2. Ismukhamedova A., Uvaliyeva I., Belginova S. Integrating machine learning in electronic health passport based on WHO study and healthcare resources // Inform. Med. Unlocked. — ISSN 2352-9148. 2024. Vol. 44.
3. Pang K. et al. Establishment of ICU Mortality Risk Prediction Models with Machine Learning Algorithm Using MIMIC-IV Database // Diagnostics. — ISSN 2075-4418. 2022. Vol. 12, № 5.
4. Harutyunyan H. et al. Multitask learning and benchmarking with clinical time series data // Sci. Data. — ISSN 2052-4463. 2019. Vol. 6, № 1.
5. Ismukhamedova A., Uvaliyeva I., Rakhmetullina Z. Experimental study of a medical data analysis model based on comparative performance of classification algorithms // Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.. 2024. Vol. 36, № 1. P. 672.
6. Vapnik V.N. An overview of statistical learning theory // IEEE Trans. Neural Netw. 1999. Vol. 10, № 5.
7. Little R.J.A., Rubin D.B. Statistical analysis with missing data // Stat. Anal. with Missing Data. 2019.
8. Bishop C.M. Pattern Recognition and Machine Learning // J. Electron. Imaging. 2007. Vol. 16, № 4. P. 140-155.
9. Hyndman R.J., Athanasopoulos G. 3.4 Evaluating forecast accuracy Training and test sets // Forecast. Princ. Pract. (Online-Version, Kontin. Aktual.). 2018.
10. Guyon I., Elisseeff A. An introduction to variable and feature selection // J. Mach. Learn. Res.. 2003. Vol. 3.
11. Стрижов В.В., Крымова Е.А. Методы выбора регрессионных моделей // Москва: Учреждение Российской академии наук Вычислительный центр им. А. А. Дородницына РАН, 2010, 60 с
12. Pedregosa F. et al. Scikit-learn: Machine learning in Python // J. Mach. Learn. Res.. 2011. Vol. 12.

13. Breiman L. Random forests // Mach. Learn.. 2001. Vol. 45, № 1.
14. Friedman J.H. Greedy function approximation: A gradient boosting machine // Ann. Stat.. 2001. Vol. 29, № 5.
15. Chen T., Guestrin C. XGBoost: A scalable tree boosting system // Proc. ACM SIGKDD Int. Conf. Knowl. Discov. Data Min.. 2016, 13-17 August.
16. Ke G. et al. LightGBM: A highly efficient gradient boosting decision tree // Adv. Neural Inf. Process. Syst.. 2017. Vol. 2017-December.
17. Prokhorenkova L. et al. Catboost: Unbiased boosting with categorical features // Adv. Neural Inf. Process. Syst.. 2018. Vol. 2018-December.
18. Snoek J., Larochelle H., Adams R.P. Practical Bayesian optimization of machine learning algorithms // Adv. Neural Inf. Process. Syst.. 2012. Vol. 4.
19. Chawla N.V. et al. SMOTE: Synthetic minority over-sampling technique // J. Artif. Intell. Res.. 2002. Vol. 16.
20. Wolpert D.H. Stacked generalization // Neural Networks. 1992. Vol. 5, № 2.
21. Gottesman O. et al. Guidelines for reinforcement learning in healthcare // Nat. Med. 2019. Vol. 25, № 1.
22. Исмухамедова, А.М. Баканова А.П. Комплексная архитектура интеграции и защиты гетерогенных медицинских данных для интеллектуальных систем поддержки клинических решений // Наука, образование, технологии в эпоху глобальных трансформаций: сборник статей Международной научно-практической конференции. Петрозаводск: МЦНП «НОВАЯ НАУКА», 2025, с. 279-291
23. Исмухамедова, А.М. Баканова А.П. Проектирование архитектуры системы принятия медицинских решений и анализа медицинских данных на основе технологии машинного обучения // Развитие современных технологий: теоретические и практические аспекты: сборник статей V Международной научно-практической конференции. Петрозаводск: МЦНП «НОВАЯ НАУКА», 2024, с. 58-72.

© Исмухамедова А.М., Баканова А.П., Бельгинова С.А.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В РОССИЙСКОМ ОБРАЗОВАНИИ: ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОЕ ОБУЧЕНИЕ НА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПЛАТФОРМАХ

Имамов Руслан Ильдарович

преподаватель

ГАПОУ «Нижекамский индустриальный техникум»

Аннотация: в статье рассматривается роль искусственного интеллекта (ИИ) в трансформации российского образования, с акцентом на персонализированное обучение с использованием отечественных платформ, таких как YandexGPT и GigaChat. Анализируются преимущества интеграции ИИ для адаптации учебных планов под индивидуальные нужды учащихся, а также вызовы, связанные с этикой и подготовкой педагогов. Обсуждаются практические примеры применения в школьном и вузовском образовании, подчеркивая вклад в национальные проекты цифровизации. Особое внимание уделено кейсам успешных школ и перспективам развития до 2030 года.

Ключевые слова: искусственный интеллект, персонализированное обучение, YandexGPT, GigaChat, российское образование, цифровизация, МЭШ.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN RUSSIAN EDUCATION: PERSONALIZED LEARNING ON DOMESTIC PLATFORMS

Imamov Ruslan Ildarovich

Abstract: the article examines the role of artificial intelligence (AI) in the transformation of Russian education, with an emphasis on personalized learning using domestic platforms such as YandexGPT and GigaChat. The advantages of integrating AI to adapt curricula to the individual needs of students, as well as challenges related to ethics and teacher training, are analyzed. Practical application examples in school and university education are discussed, highlighting the contribution to national digitalization projects. Special attention is paid to the cases of successful schools and development prospects until 2030.

Key words: artificial intelligence, personalized learning, YandexGPT, GigaChat, Russian education, digitalization, MES.

Введение

Современное образование в России сталкивается с вызовами массовости и необходимости учета индивидуальных особенностей учащихся. В условиях реализации национального проекта «**Цифровая экономика**» искусственный интеллект (ИИ) становится ключевым инструментом для персонализации обучения, позволяя адаптировать контент под уровень знаний, стиль восприятия и темп прогресса каждого ученика. С начала 2025 года российские школы и вузы активно внедряют ИИ, что трансформирует традиционные роли педагогов и администраторов, делая акцент на индивидуальные траектории развития. Отечественные платформы, такие как **YandexGPT** и **GigaChat**, обеспечивают суверенитет данных и соответствие федеральным стандартам, что особенно актуально в 2025 году, когда число онлайн-школ по ИИ выросло в четыре раза по сравнению с концом 2023 года. По данным опросов, 49% учащихся уже используют генеративные технологии, а две трети образовательных организаций применяют ИИ в тестовом режиме.

Цель статьи — проанализировать возможности отечественных ИИ-платформ для персонализированного обучения, выявить их преимущества и вызовы, а также предложить рекомендации по интеграции в образовательный процесс, опираясь на свежие кейсы и статистику 2025 года.

Ключевые отечественные платформы ИИ для образования

В России развитие ИИ в образовании опирается на генеративные нейронные сети, адаптированные для работы с текстом, анализом данных и генерацией контента. Среди ведущих платформ выделяются **YandexGPT** и **GigaChat**, которые интегрируются в повседневную педагогическую практику.

YandexGPT, разработанная компанией Яндекс, представляет собой языковую модель, способную генерировать тексты, анализировать ответы и создавать персонализированные задания. В версии 3 она демонстрирует высокую точность в обработке образовательных запросов, включая оценку уровня владения языком по шкале CEFR (A1–C1). Например, в экспериментах по обучению английскому языку **YandexGPT** генерирует уникальные вопросы, такие как «Опишите недавнюю поездку» для начинающих или «Обсудите плюсы и минусы социальных сетей» для продвинутых учеников, с последующей обратной связью по грамматике и лексике.

GigaChat, продукт Сбера, превосходит аналоги по длине контекста (до 32 000 токенов) и точности ответов, что делает ее идеальной для создания полных учебных планов. Платформа поддерживает автоматизацию: от проверки фактов в исторических эссе до генерации тестов по обществознанию. В школьной практике GigaChat используется для персонализации уроков, например, по кибербезопасности для 6-го класса, где генерируется сценарий с теорией, упражнениями и рекомендациями для родителей.

Эти платформы доступны бесплатно через веб-интерфейсы и Telegram-боты, что обеспечивает их широкое внедрение в регионах без дополнительных затрат. Кроме того, в 2025 году появились интеграции с системами управления обучением (LMS), такими как платформа Skyeng, где ИИ анализирует данные для персонализации языковых курсов, что впервые на российском рынке образовательных технологий позволило адаптировать уроки под реальные нужды учеников.

Применение ИИ для персонализированного обучения

Персонализированное обучение с ИИ подразумевает адаптацию материалов под профиль ученика: анализ прогресса, выявление пробелов и предложение индивидуальных траекторий. В российском контексте это реализуется через интеграцию платформ в системы вроде «Госуслуг» и школьных систем управления обучением.

Например, YandexGPT автоматизирует диагностику: учитель загружает ответ ученика на эссе, и модель оценивает уровень (B2–C1 для детализированных текстов), предлагая корректировки, такие как «Расширьте словарный запас по теме экологии». GigaChat усиливает это диалоговым режимом, сохраняя историю взаимодействий для долгосрочной персонализации, что снижает нагрузку на педагогов на 30–50%.

В вузах ИИ применяется для создания адаптивных курсов: студенты получают задания, сложность которых корректируется в реальном времени. По данным исследований, такие подходы повышают мотивацию на 25% и улучшают академические результаты.

Для наглядности представлен рисунок 1 сравнения возможностей платформ (Рис. 1).

Аспект	YandexGPT	GigaChat
Генерация заданий	Высокая (уникальные вопросы по CEFR, адаптация под уровень знаний)	Средняя (структурированные планы уроков с автоматизацией сценариев)
Обратная связь	Детализированная (грамматика, стиль, словарный запас с примерами корректировок)	Фактическая проверка (история, факты с источниками для эссе и тестов)
Длина контекста	До 32 000 токенов (YandexGPT Pro/Lite 5-го поколения для сложных запросов)	До 131 000 токенов (расширенный для длинных учебных планов и диалогов)
Интеграция в образование	Через Яндекс-сервисы, боты и LMS (например, Skyeng для языковых курсов)	Через Сбер-экосистему и Госуслуги (интеграция в школьные платформы МЭШ)
Точность в образовательных задачах	Высокая в языковом обучении (CEFR-оценка, 85% совпадений с экспертами)	Высокая в фактчекинге (90% точности по истории/науке, MoE-архитектура)
Доступность для педагогов	Бесплатно через веб/Telegram, с API для вузов (рост использования +40% в 2025)	Бесплатно в Сбер-аккаунте, с фокусом на регионы (внедрено в 89 субъектах)

Рис. 1. Сравнения возможностей платформ

Кейсы внедрения в российских образовательных учреждениях

В 2025 году практические примеры использования ИИ для персонализации накопились в различных регионах. Одним из ярких кейсов является Московская электронная школа (МЭШ), где сервис «Цифровой учитель» по математике анализирует знания учащихся и формирует индивидуальные траектории. С начала учебного года им воспользовались более 480 тысяч пользователей свыше 3,2 миллиона раз, а к проекту подключены 37% школ Москвы. Библиотека МЭШ включает 17,7 тысяч электронных сценариев уроков и более 12 тысяч видеоуроков, что позволяет создавать персональные планы за 2–6 минут.

В Татарстане, как пилотной площадке, ИИ интегрирован в Университет Иннополис для поддержки учащихся через онлайн-платформу и автоматизацию взаимодействия. В Казанском федеральном университете ИИ генерирует цифровой контент с индивидуальными аватарами для онлайн-лекций. Здесь 30% учителей применяют ИИ для индивидуализации материала, 25% — для создания уникальных упражнений, что привело к повышению вовлеченности на 15% и улучшению оценок у 70% учащихся. 89% отметили рост качества работ, а 86% считают оценку ИИ более справедливой.

Эти кейсы демонстрируют, как ИИ сокращает нагрузку на учителей в 4–5 раз и внедряется в 89 регионах России, включая системы для ЕГЭ в 84 субъектах.

Способы использования генеративного ИИ в образовании

Генеративный ИИ открывает множество применений в 2025 году. Ниже приведена таблица с 10 ключевыми способами (Рис. 2), основанная на анализе трендов.

№	Способ	Краткое описание
1	Персонализированный учебный опыт	Анализ данных об успеваемости, предпочтениях и вовлеченности для подстройки планов под стиль обучения (визуальный, слуховой или практический) и слабые места, что повышает интерес и снижает разочарование.
2	Автоматическое создание контента	Генерация текстов для учебников, вопросов для тестов и интерактивных симуляций с учетом актуальных методов, сокращая время подготовки материалов и обеспечивая динамику занятий.
3	Обратная связь в реальном времени	Анализ ответов и поведения для мгновенной коррекции ошибок, снижения нагрузки на учителей и своевременной корректировки методов обучения на основе данных класса.
4	Развитие навыков письма	Подсказки источников, планы и черновики для фокуса на критическом мышлении и аналитике, особенно в вузах, с рекомендациями по стилю и структуре.
5	Упрощение административных задач	Автоматизация расписаний, зачисления и учета посещаемости с анализом узких мест, что повышает эффективность и снижает затраты в учреждениях.
6	Изучение языков	Имитация живых разговоров с обратной связью по произношению, грамматике и словарному запасу, плюс создание контекстов для культурного погружения.
7	Поддержка особых нужд	Индивидуальные помощники: текст в речь для зрения, речь в текст для слуха, адаптация темпа для инклюзивного обучения и отслеживание прогресса.
8	Прогнозная аналитика	Выявление студентов в риске оттока по моделям поведения для своевременной поддержки, повышения удержания и подбора стратегий успеха.

Рис. 2. 10 способов использования ИИ в образовании в 2025 году

Преимущества и вызовы внедрения

Интеграция отечественных ИИ-платформ предлагает ряд преимуществ: доступность без санкционных ограничений, соответствие ФЗ-152 о персональных данных и вклад в подготовку 70 тыс. специалистов к 2030 году. Персонализация повышает эффективность обучения, автоматизируя рутину и развивая критическое мышление. По данным НИУ ВШЭ, две трети образовательных организаций применяют ИИ в тестовом режиме, а 73% преподавателей отмечают автоматизацию рутинных задач.

Однако существуют вызовы: отсутствие специализированных образовательных функций (в отличие от зарубежных Duolingo или Grammarly), необходимость обучения педагогов и риски этических проблем, таких как предвзятость алгоритмов или плагиат. В школах отмечается дефицит культуры работы с данными, что требует дальнейших исследований. Рекомендуется разработка методических пособий по использованию ИИ и пилотные проекты в регионах, включая оценку готовности студентов к новым технологиям.

Заключение

Искусственный интеллект на отечественных платформах, таких как YandexGPT и GigaChat, открывает новые горизонты для персонализированного обучения в России, способствуя реализации национальных целей цифровизации. В ближайшие годы ожидается рост интеграции ИИ в две трети образовательных учреждений, что повысит качество образования и конкурентоспособность выпускников. Перспективы до 2035 года включают полную адаптацию под индивидуальные особенности, с фокусом на карьерный рост молодых специалистов. Необходимы совместные усилия государства, разработчиков и педагогов для преодоления барьеров и максимизации потенциала технологий.

Список литературы

1. Нейросети в образовании: работа с текстом // IRRO URL: https://www.irro.ru/upload/forum/2025/sec05/mr_text-neyronets.pdf (дата обращения: 08.10.2025).
2. Последствия интеграции систем искусственного интеллекта в российское школьное образование для персонализации образовательного процесса // ResearchGate URL: https://www.researchgate.net/publication/392731637_Posledstvia_integracii_sistem_iskusstvennogo_intellekta_v_rossijskoe_skolnoe_obrazovanie_dla_personalizacii_obrazovatelnoho_processa (дата обращения: 08.10.2025).

3. Сравнительный анализ российских и зарубежных генеративных нейронных сетей для персонализации обучения на примере обучения английскому языку // CyberLeninka URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-rossiyskih-i-zarubezhnyh-generativnyh-neyronnyh-setey-dlya-personalizatsii-obucheniya-na-primere-obucheniya> (дата обращения: 08.10.2025).

4. Как нейросети улучшают образование: примеры и перспективы // KursHub URL: <https://kurshub.ru/journal/blog/nejroseti-v-obrazovanii-czifrovaya-evolyucziya-ili-vyzov/> (дата обращения: 08.10.2025).

5. Нейросети для учебы: ТОП ИИ-инструментов для студентов // РАНХиГС URL: <https://www.ranepa.ru/blog/obrazovanie-i-samorazvitie/kak-ispolzovat-neyroseti-dlya-ucheby-luchshie-instrumenty-dlya-studentov-i-shkolnikov/> (дата обращения: 08.10.2025).

6. Как ИИ Меняет Образование в России: Опыт Успешных Школ 2025 // FutureBy URL: <https://futureby.info/kak-ii-menyaet-obrazovanie-v-rossii-opyt-uspeshnyh-shkol-2025/> (дата обращения: 08.10.2025).

7. ИТ-тренды в образовании: с чем идем в 2025 год // Softline URL: <https://softline.ru/about/blog/it-trendy-v-obrazovanii-s-chem-idem-v-2025-god> (дата обращения: 08.10.2025).

8. Искусственный интеллект в российском образовании: Как ... // Oblcit URL: <https://oblcit.ru/tech/iskusstvennyj-intellekt-i-obrazovanie/> (дата обращения: 08.10.2025).

9. Обучение персонализируют с помощью ИИ | Тренды // SmartRanking URL: <http://smartranking.ru/ru/analytics/edtechs/obuchenie-personaliziruyut-s-pomoshyu-ii/> (дата обращения: 08.10.2025).

© Имамов Р.И.

СЕКЦИЯ БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

**ПОЛУЧЕНИЕ ТРИАЗИНИЛАМИДОФОСФАТНЫХ
ОЛИГОНУКЛЕОТИДОВ, СОДЕРЖАЩИХ ГИДРОФОБНЫЕ
И КАТИОННЫЕ ГРУППЫ, И ИЗУЧЕНИЕ
ИХ БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ**

Нилов Игорь Дмитриевич

магистрант

ФГАОУ ВО «Новосибирский национальный
исследовательский государственный университет»

Аннотация: на текущий момент модифицированные олигонуклеотиды становятся все более востребованным инструментом в самых разных областях, таких как молекулярная биология, биотехнология и медицина. Терапевтические препараты на основе нуклеиновых кислот являются многообещающими, что подтверждается статистикой организации FDA (Food & Drug Administration, США) одобренных олигонуклеотидных препаратов (20) [1, с. 1235]. Биологический эффект этих препаратов основан на комплементарном связывании с необходимым участком РНК или ДНК и блокировании матричных процессов с привлечением различных клеточных механизмов (антисенс, антиген, РНК-интерференция и др.) [2, с. 3158]. Модификации в составе препарата проводятся с целью улучшения его характеристик для обеспечения максимальной эффективности блокирования транскрипции/трансляции. К ним относятся увеличение стабильности к нуклеазам, повышение аффинности к таргетному участку, улучшенное проникновение через клеточную мембрану и др. [3, с. 340]. В настоящее время модификации часто комбинируют для придания олигонуклеотидам уникальных свойств, которые не могут быть получены иначе. Актуальность данных исследований в области олигонуклеотидной терапии подтверждается созданием все новых типов таких модификаций.

Ключевые слова: триазиниламидофосфатная модификация, межнуклеозидная фосфатная связь, модифицированные олигонуклеотиды, антисенс-терапия, гидрофобные группы.

**OBTAINING TRIAZINYLAMIDE PHOSPHATE
OLIGONUCLEOTIDES CONTAINING HYDROPHOBIC
AND CATIONIC GROUPS AND STUDYING
THEIR BIOLOGICAL PROPERTIES**

Nilov Igor Dmitrievich

Abstract: currently, modified oligonucleotides are becoming an increasingly popular tool in a variety of fields, such as molecular biology, biotechnology, and medicine. Nucleic acid-based therapeutic drugs show great promise, as confirmed by the FDA (Food & Drug Administration, USA) statistics on approved oligonucleotide drugs (20) [1, p. 1235]. The biological effect of these drugs is based on complementary binding to the desired region of RNA or DNA and blocking matrix processes with the involvement of various cellular mechanisms (antisense, antigen, RNA interference, etc.) [2, p. 3158]. Modifications to the drug composition are carried out in order to improve its characteristics to ensure maximum efficiency in blocking transcription/translation. These include increased stability to nucleases, increased affinity for the target site, improved penetration through the cell membrane, etc. [3, p. 340]. Currently, modifications are often combined to impart unique properties to oligonucleotides that cannot be obtained otherwise. The relevance of these studies in the field of oligonucleotide therapy is confirmed by the creation of new types of such modifications.

Key words: triazinyl amidophosphate modification, internucleoside phosphate linkage, modified oligonucleotides, antisense therapy, hydrophobic groups.

Список используемых сокращений

A549 – клеточная линия аденокарциномы легкого человека;

EtOAc – этилацетат;

FBS – фетальная бычья сыворотка;

TBE - Трис/Борат/ЭДТА буфер

ДНК – дезоксирибонуклеиновая кислота;

ОФ ВЭЖХ – обращенно-фазовая высокоэффективная жидкостная хроматография;

ПААГ – полиакриламидный гель;

РНК – рибонуклеиновая кислота;

ТЕМЕД – тетраметилэтилендиамин;

ЭДТА – этилендиаминтетрауксусная кислота;

ЯМР – ядерный магнитный резонанс;

Целью настоящей работы является получение набора триазиниламидофосфатных олигонуклеотидных производных, несущих одновременно гидрофобные и катионные группы, а также изучение ряда их биологических свойств.

Для достижения данной цели были поставлены следующие **задачи**:

- С использованием различных азидо-триазинов в качестве реагентов-модификаторов в рамках твердофазного амидофосфитного синтеза получить набор модельных триазиниламидофосфатных олиготимидилатов, содержащих различные комбинации гидрофобных и катионных заместителей.
- Синтезировать ряд олигонуклеотидов, в том числе содержащих флуоресцентную метку, несущих триазиниламидофосфатную модификацию с выбранными комбинациями гидрофобных и катионных заместителей.
- Исследовать цитотоксичность и эффективность внутриклеточного проникновения полученных триазиниламидофосфатных олигонуклеотидов.

Материалы

В работе были использованы нуклеозидные амидофосфиты (GlenResearch, США), цианурхлорид, NaN_3 (Panreac, Европа), додециламин, 3-диметиламинопропиламин (Acros Organics, США), ТЕМЕД, бис-акриламид (Amresco, США), CH_2Cl_2 , FAM, диаминобутан, 3-диэтиламинопропиламин, 3-дибутиламинопропиламин, хлорангидрид октановой кислоты, диаминопропан, трис, бромфеноловый синий, реагент для прокраски ПААГ Stains All (Sigma-Aldrich, США), акриламид, ЭДТА, ксиленцианол, персульфат аммония (Helicon, Россия), мочеви́на (ДИАМ, Россия), а также реактивы и растворители квалификации х.ч. и о.с.ч.: CH_3NH_2 , ацетон, NaCl , Na_2SO_4 , н-гексан, NH_3 , CHCl_3 , NaOH , CH_3OH , EtOAc , CaH_2 , ацетонитрил, толуол, LiClO_4 (Sigma-Aldrich, США).

Методы

Вакуумное выпаривание на ротационном испарителе, центрифужная вакуумная концентрация и вакуумное высушивание

Для концентрирования водных и органических растворов использовались Rotavapor R200, Rotavapor RE120 (Buchi, Швейцария) и CentriVac Vacuum Concentrator Systems (Labconco, США) при давлении 10-15 мм рт. ст. и температуре до 40°C. Получаемые соединения высушивали до постоянной массы, выдерживая их в эксикаторе при пониженном давлении (4 мм.рт. ст) над P_2O_5 .

ОФ ВЭЖХ

ОФ ВЭЖХ реакционных смесей модифицированных олигонуклеотидов проводили на хроматографе “Милихром А02” (“Эконова”, Россия) с использованием колонки (2 x 75 мм, “ProntoSIL-120-5-C18”; “Эконова”, Россия). Разделение продуктов реакции проводили в градиенте ацетонитрила (0-50 % за 15 минут) в 0.02 М водном растворе ТЕА*АсОН (рН = 7) (скорость потока 200 мкл/мин, температура термостата 35°C). Детекцию осуществляли на трех длинах волн: 260, 280, 300 нм.

Выделение олигонуклеотидов с помощью ОФ ВЭЖХ

Хроматографическое выделение олигонуклеотидов проводили на хроматографе Agilent 1200 (США) с колонкой Zorbax SB-C18 (5 мкм) 4.6 × 150 мм в градиенте ацетонитрила в 20 мМ ацетате триэтиламония, рН 7, от 0 до 90%, в течение 30 мин при скорости потока 1.5 мл/мин. Фракции, содержащие целевой продукт, упаривали со смесью H₂O/EtOH 1:1 в вакууме на установке SpeedVac. Затем олигонуклеотиды высаживали добавлением 1 мл раствора 1 М LiClO₄ в ацетоне, осадок промывали ацетоном и сушили на воздухе 20 минут.

ЯМР-спектроскопия

Спектры ЯМР ¹³C и ЯМР ¹H регистрировали на спектрометре “Bruker AC 200” (300, 500 МГц) в дейтерированном хлороформе с концентрацией 50 мг/500 мкл. Спектры анализировали с помощью программы SPINWORKS.

Электрофорез в ПААГ

Электрофорез в денатурирующих условиях при 24 В/см проводили в 20% ПААГ с соотношением акриламида к бисакриlamиду 19:1 и 7 М мочевиной в однократном ТВЕ-буфере (ТВEx20: 1 М трис, рН=8.3, 1 М H₃BO₃, 0.0265 М ЭДТА). Для полимеризации добавляли 10 мкл персульфата аммония (10%) и 1 мкл ТЕМЕД на 1 мл объема. В качестве электродного буфера использовали однократный ТВЕ-буфер.

Синтез 2-азидо-4,6-дихлор-1,3,5-триазина (рис. 1)

К раствору цианурхлорида (1 г, 5.4 ммоль) в 20 мл ацетона добавляли азид натрия (0.35 г, 5.4 ммоль). Реакцию проводили при интенсивном перемешивании в течение 2 часов при охлаждении до 0°C. Реакционную смесь упаривали, растворяли в 20 мл CH₂Cl₂, промывали насыщенным раствором NaCl (3 × 15 мл). Органическую фазу сушили над безводным Na₂SO₄, упаривали до получения белого осадка продукта. Очистка проводилась методом колоночной хроматографии в градиенте 0-50% CH₂Cl₂ в гексане. Объединенные фракции упаривали, вещество высушивали в эксикаторе. Масса полученного вещества 0.32 г (выход 31 %).

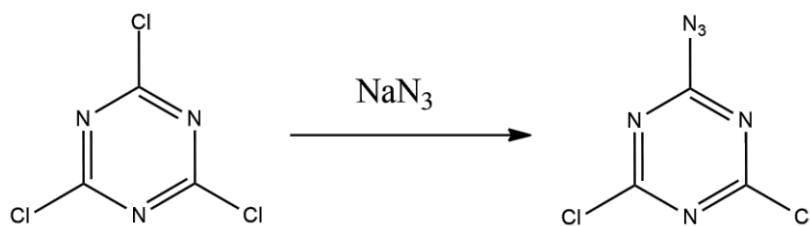


Рис. 1. Синтез 2-азидо-4,6-дихлор-1,3,5-триазина

Синтез 4-азидо-6-хлоро-1,3,5-триазин-2-амина (реагент I, рис. 2)

К раствору 2-азидо-4,6-дихлор-1,3,5-триазина (0.1 г, 0.52 ммоль) в 20 мл CH_2Cl_2 добавляли водный раствор аммиака (0.03 г, 0.52 ммоль). Реакцию проводили при интенсивном перемешивании в течение 2 часов при охлаждении до 0°C . Реакционную смесь промывали насыщенным раствором NaCl (3×15 мл). Органическую фазу сушили над безводным Na_2SO_4 , упаривали до получения белого осадка продукта. Вещество использовали без дополнительной очистки. Масса полученного вещества 36 мг (выход 40%).

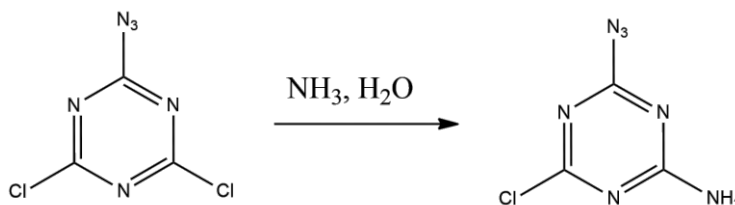


Рис. 2. Синтез 4-азидо-6-хлоро-1,3,5-триазин-2-амина

Синтез 4-азидо-6-хлоро-N-додецил-1,3,5-триазин-2-амина (реагент II, рис. 3)

К цианурхлориду (1 г, 5.42 ммоль) в 15 мл хлороформа добавляли додециламин (1 г, 5.42 ммоль) в 15 мл хлороформа и 10 мл 10% по массе раствора NaOH . Реакция протекала при интенсивном перемешивании в течение 4 часов при комнатной температуре. Реакционную смесь промывали насыщенным раствором NaCl (3×15 мл). Органическую фазу сушили над безводным Na_2SO_4 , упаривали с получением белого осадка продукта. Очистка проводилась перекристаллизацией в смеси $\text{CH}_3\text{OH}:\text{CHCl}_3$, 5:1, полученное вещество сушили до постоянного веса. Масса полученного вещества 1.26 г (выход 70%).

Далее к раствору очищенного вещества в 20 мл ацетона добавляли 1 эквивалент азиды натрия (0.25 г, 3.78 ммоль). Реакция протекала в течение

суток при интенсивном перемешивании и комнатной температуре. Реакционную смесь упаривали, растворяли в 20 мл хлористого метилена, после чего промывали насыщенным раствором NaCl (3×15 мл). Органическую фазу сушили над безводным Na_2SO_4 , упаривали с получением белого осадка продукта. Очистка проводилась методом колоночной хроматографии в градиенте 0-5% EtOAc в гексане. Объединенные фракции упаривали, вещество высушивали в эксикаторе. Масса полученного вещества 0,27 г (выход 21%).

^1H ЯМР (500 МГц, CDCl_3 , δ , ppm): 0.87 (t, 3 H, $-\text{CH}_3$), 1.20-1.37 (m, 18 H, $-\text{CH}_2-$), 1.59 (m, 2 H, $-\text{NHCH}_2\text{CH}_2-$), 3.45 (m, 2 H, $-\text{NHCH}_2-$), 6.37 (m, 1 H, $-\text{NH}-$).

^{13}C ЯМР (500 МГц, CDCl_3 , δ , ppm): 14.03, 22.64, 26.68, 29.08, 29.17, 29.20, 29.29, 29.47, 29.51, 29.58, 31.87, 41.34, 166.28, 166.39, 169.24, 170.18, 170.25, 171.34.

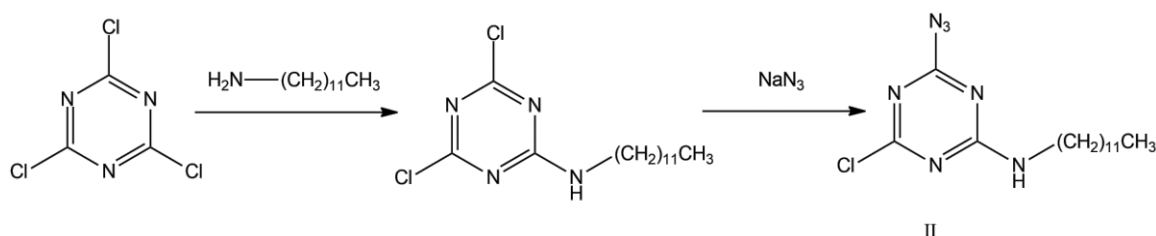


Рис. 3. Синтез 4-азидо-6-хлоро-N-додецил-1,3,5-триазин-2-амина

Синтез модельных модифицированных олигонуклеотидов

Синтез модельных модифицированных олигонуклеотидов проводили согласно стандартному протоколу 2-цианэтильного амидофосфитного метода, используя стандартные коммерческие дезоксирибонуклеозидные мономеры и соответствующие пористые стекла (Glen Research, США), на автоматическом ДНК-синтезаторе ASM-800 (Biosset, Россия) с модифицированными условиями реакций.

Для получения модельных модифицированных олигонуклеотидов синтезировали гептатимидилат по стандартному протоколу твердофазного амидофосфитного синтеза без последней стадии деблокирования, после чего с 3'-конца пришивали Т без окисления, кэпирования и деблокирования. Переносили твердофазный носитель с промежуточным продуктом из реактора в пробирку, заливали олигонуклеотид 0,1 М раствором соединения (I) или 0,2 М раствором соединения (II), ставили на 1ч в термошейкер для проведения реакции Штаудингера (40°C, 800 об/мин). Промывали твердофазный носитель ацетонитрилом (3×200 мкл), добавляли 200 мкл 10% раствора N,N-

диизопропилэтиламина, продували аргоном и ставили на 30 мин в термошейкер для протекания реакции бета-элиминирования (40°C, 800 об/мин). Далее промывали твердофазный носитель ацетонитрилом (3 × 200 мкл), добавляли раствор соответствующего гидрофобного соединения в ацетонитриле для модификации и ставили в термошейкер на 1 ч (55°C, 800 об/мин). После промывали твердофазный носитель ацетонитрилом (3 × 200 мкл), переносили в реактор и удаляли последнюю диметокситритильную защитную группу в автоматическом режиме. Деблокировали олигонуклеотид с твердофазного носителя водным раствором CH_3NH_2 в течение 20 минут при 55°C, после чего выпаривали метиламин в течение 20 мин и брали пробу в 3 мкл для ОФ ВЭЖХ.

Далее приведены отличия в методиках синтеза модельных октатимидилатов с учетом введения соответствующих гидрофобных и катионных модификаций.

N-(2-(4-амино-6-додециламино)-1,3,5-триазин)амидофосфатная модификация (“Tr + dod”, модельный олигонуклеотид, рис. 4)

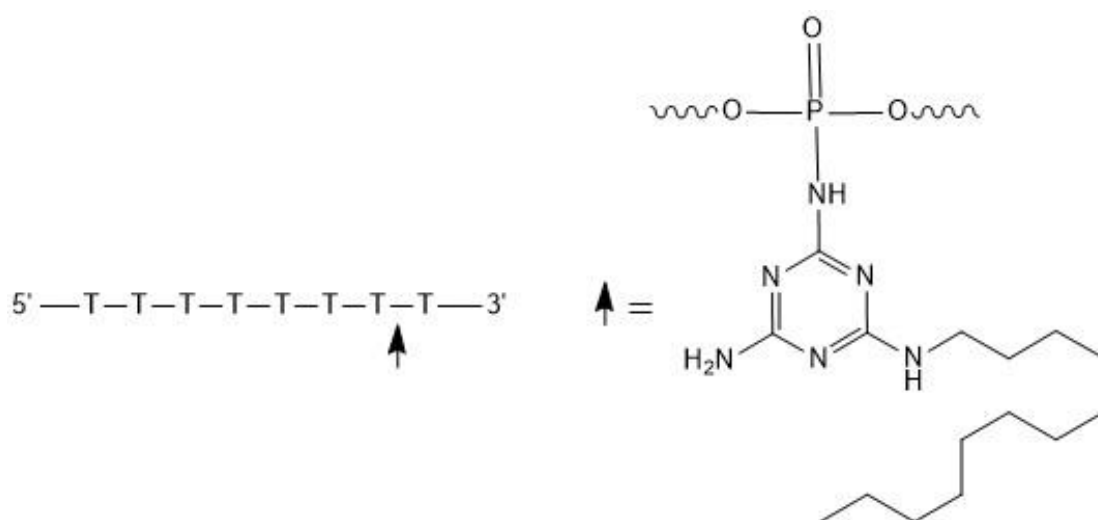


Рис. 4. N-(2-(4-амино-6-додециламино)-1,3,5-триазин)амидофосфатная модификация

Синтез проводили согласно общему протоколу (см. Синтез модельных модифицированных олигонуклеотидов). На стадии после протекания бета-элиминирования промывали твердофазный носитель ацетонитрилом (3 × 200 мкл), добавляли 1 М раствор додециламина в ацетонитриле для модификации и

ставили в термошейкер на 1 ч (55°C, 800 об/мин). Следующие этапы проводили согласно основному протоколу.

N-(2-(4-амино-6-октанамидобутиламино)-1,3,5-триазин) амидофосфатная модификация (“C₈Cl + diABu”, модельный олигонуклеотид, рис. 5)

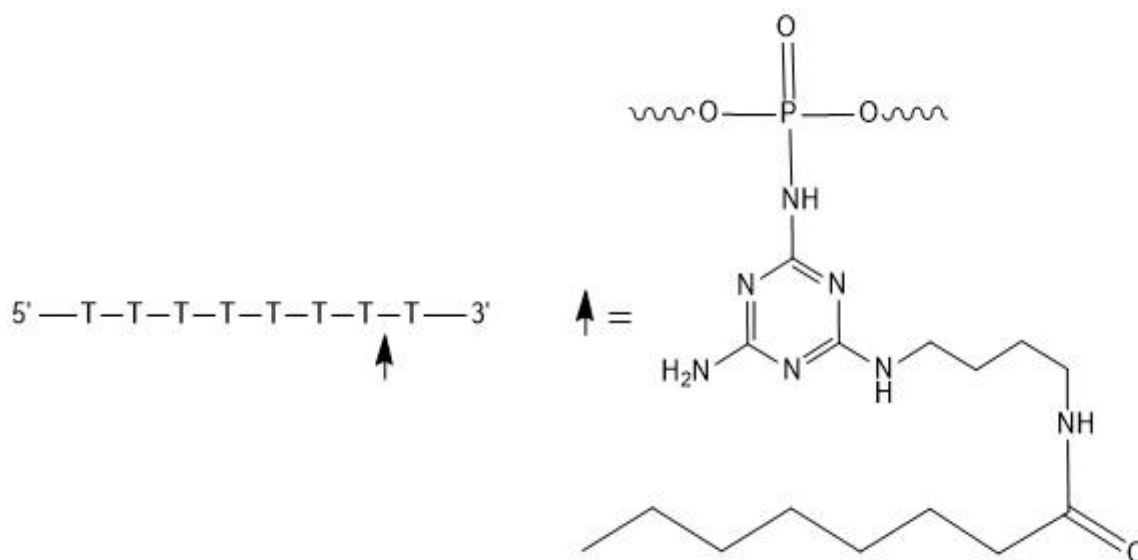


Рис. 5. N-(2-(4-амино-6-октанамидобутиламино)-1,3,5-триазин)амидофосфатная модификация

Синтез проводили согласно общему протоколу (см. Синтез модельных модифицированных олигонуклеотидов). На стадии после протекания бета-элиминирования промывали твердофазный носитель ацетонитрилом (3 × 200 мкл), добавляли 1 М раствор диаминобутана в ацетонитриле для модификации и ставили в термошейкер на 1 ч (55°C, 800 об/мин). После промывали твердофазный носитель ацетонитрилом (3 × 200 мкл), добавляли 100 мкл 10% раствора хлорангидрида октановой кислоты в толуоле для образования амида с диаминобутаном и ставили в термошейкер на 1 ч (55°C, 800 об/мин). Следующие этапы проводили согласно основному протоколу.

N-(2-(4-додeciламино-6-(3-диметиламино)пропиламино)-1,3,5-триазин)амидофосфатная модификация (“diMe”, модельный олигонуклеотид, рис. 6)

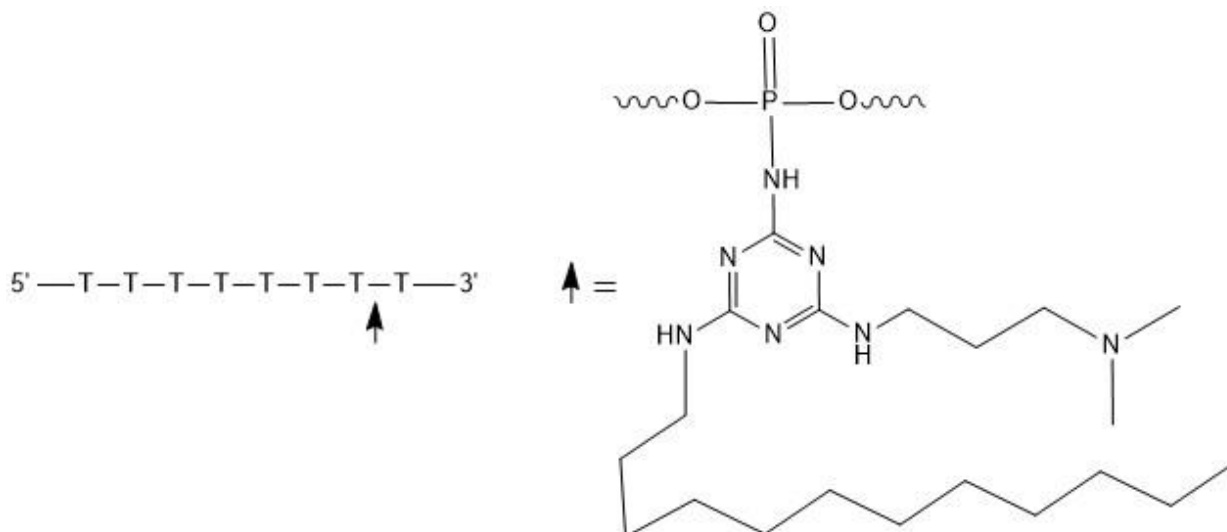


Рис. 6. N-(2-(4-додeciламино-6-(3-диметиламино)пропиламино)-1,3,5-триазин)амидофосфатная модификация

Синтез проводили согласно общему протоколу (см. Синтез модельных модифицированных олигонуклеотидов). На стадии после протекания бета-элиминирования промывали твердофазный носитель ацетонитрилом (3×200 мкл), добавляли 1 М раствор 3-диметиламинопропиламина в ацетонитриле для модификации и ставили в термошейкер на 1 ч (55°C , 800 об/мин). Следующие этапы проводили согласно основному протоколу.

N-(2-(4-додeciламино-6-(3-диэтиламино)пропиламино)-1,3,5-триазин)амидофосфатная модификация (“diEt”, модельный олигонуклеотид, рис. 7)

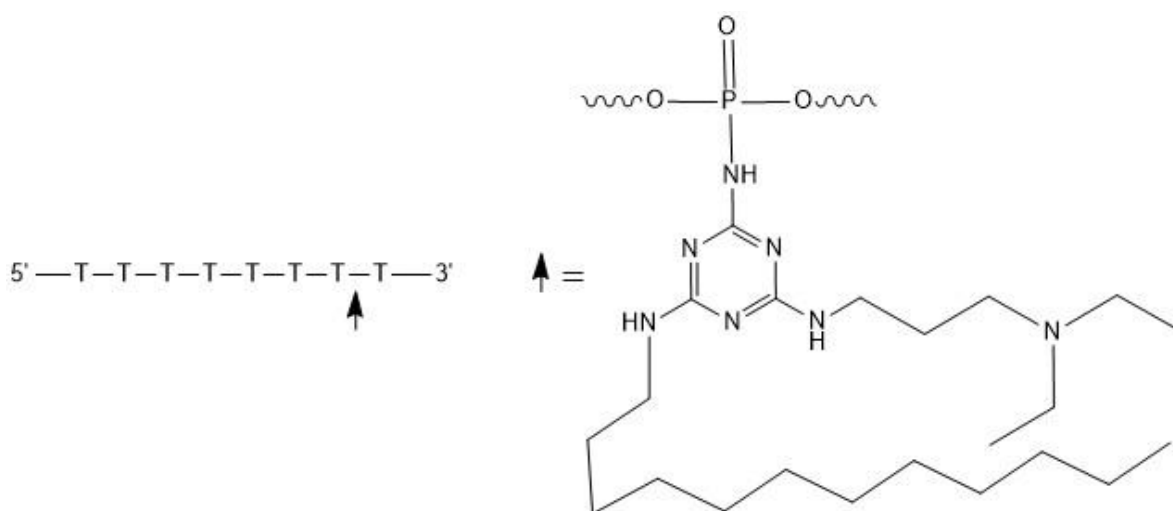


Рис. 7. N-(2-(4-додeciламино-6-(3-диэтиламино)пропиламино)-1,3,5-триазин)амидофосфатная модификация

Синтез проводили согласно общему протоколу (см. Синтез модельных модифицированных олигонуклеотидов). На стадии после протекания бета-элиминирования промывали твердофазный носитель ацетонитрилом (3 × 200 мкл), добавляли 1 М раствор 3-диэтиламинопропиламина в ацетонитриле для модификации и ставили в термошейкер на 1 ч (55°C, 800 об/мин). Следующие этапы проводили согласно основному протоколу.

N-(2-(4-додециламино-6-(3-дибутиламино)пропиламино)-1,3,5-триазин)амидофосфатная модификация (“diBu”, модельный олигонуклеотид, рис. 8)

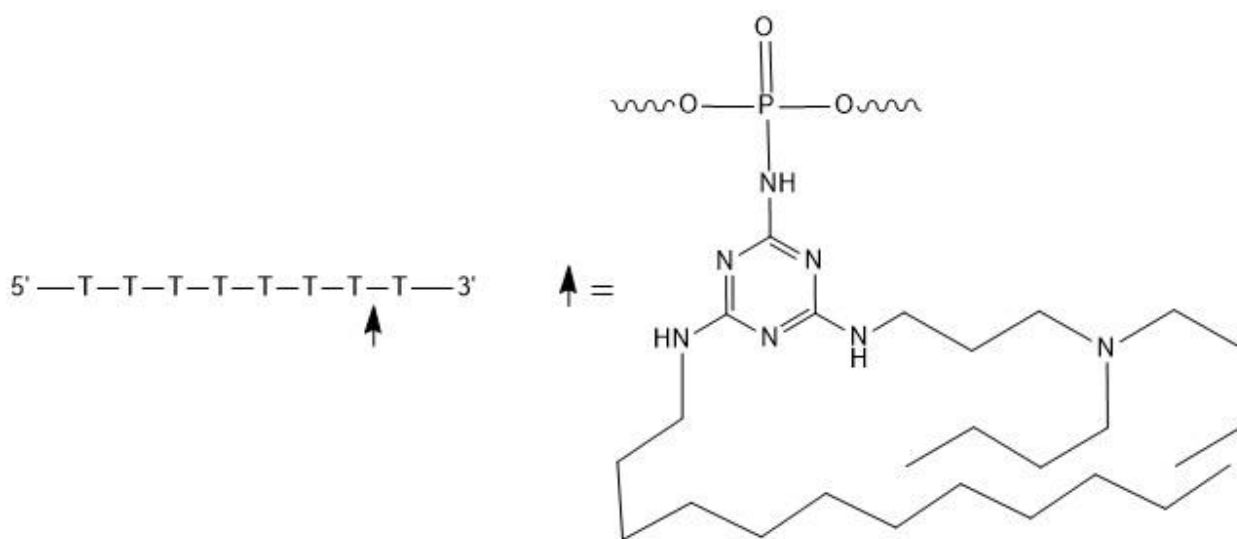


Рис. 8. N-(2-(4-додециламино-6-(3-дибутиламино)пропиламино)-1,3,5-триазин)амидофосфатная модификация

Синтез проводили согласно общему протоколу (см. Синтез модельных модифицированных олигонуклеотидов). На стадии после протекания бета-элиминирования промывали твердофазный носитель ацетонитрилом (3 × 200 мкл), добавляли 1 М раствор 3-дибутиламинопропиламина в ацетонитриле для модификации и ставили в термошейкер на 1 ч (55°C, 800 об/мин). Следующие этапы проводили согласно основному протоколу.

Синтез модифицированных гетероолигонуклеотидов с заданной последовательностью

Синтез целевых олигонуклеотидов с заданной последовательностью 5'-FAM-CC-GGT-GCA-GAT-GA*A-3' (* - место ввода модификации) проводили аналогично на автоматическом синтезаторе ASM800 («Биоссет», Россия) согласно стандартному протоколу 2-цианэтильного амидофосфитного метода, используя коммерческие дезоксирибонуклеозидные мономеры и

соответствующие пористые стекла (Glen Research, США). Для введения триазиламидофосфатной модификации синтез останавливали после первого присоединенного нуклеотида, полимерный носитель переносили в пробирку, образовавшийся фосфит-триэфир окисляли в реакции с 200 мкл 0.1 М раствора 4-азидо-6-хлоро-1,3,5-триазин-2-амина (реагента (I)) в ацетонитриле в течение 1 часа при 40°C или 0,2 М раствора 2-азидо-4-додециламино-6-хлоро-1,3,5-триазина (реагента (II)) в толуоле в течение 1 часа при 55°C. После этого по вышеописанным методикам вводили интересующие гидрофобные/катионные заместители, загружали полимерный носитель в реактор и продолжали автоматический синтез по стандартному амидофосфитному протоколу на ДНК синтезаторе. Синтезированные олигонуклеотиды деблокировали в водном растворе метиламина в течение 30 минут при 55°C. Олигонуклеотиды, содержащие остаток флуоресцеина, деблокировали сначала в водном растворе аммиака в течение 15 минут при 55°C, затем добавляли равный объем метиламина и продолжали деблокирование в течение 15 минут при 55°C.

Присоединение к олигонуклеотидам остатка флуоресцеина (FAM) проводили по стандартному амидофосфитному протоколу синтеза с увеличенным временем (30 минут), объемом (70 мкл) и концентраций подаваемого коммерчески доступного мономера (0.1M) (6-FAM amidite, LumiProbe, Россия).

Исследование цитотоксичности олигонуклеотидов с помощью МТТ-теста

Для исследования цитотоксичности модифицированных олигонуклеотидов был проведен МТТ-тест, в котором использовалась линия эпителиальных клеток аденокарциномы легкого A549, культивируемая на адгезионной культуре с добавлением питательной среды на основе DMEM и F12 (1:1). Эта питательная среда состояла из 88% DMEM/F12, 10% FBS, 1% GlutaMax и 1% антибиотика-антимикотика. Клетки инкубировали в CO₂-инкубаторе с 5% содержанием CO₂ при 37°C.

Сначала в каждую лунку 96-луночного планшета наносили 100 мкл среды, содержащие по 10000 клеток, после чего клетки инкубировали сутки в CO₂-инкубаторе для прикрепления к дну. Далее в каждую лунку наносили 10 мкл 10-ти кратного раствора олигонуклеотида, после чего клетки инкубировали в течение 48 часов при перемешивании. По прошествии этого времени клетки обрабатывали раствором МТТ (тиазолил синий тетразолий бромид) в PBS до достижения концентрации МТТ 0,5 мг/мл и инкубировались 3 часа. Раствор удаляли, добавляли 100 мкл ДМСО для растворения

образовавшихся в ходе восстановления МТТ кристаллов формазана и снимали абсорбцию на мультимодальном ридере ClarioStar на длине волны 570 нм. По отношению абсорбции обработанных клеток к необработанным считали их выживаемость.

Исследование эффективности проникновения олигонуклеотидов

Для исследования олигонуклеотидов на эффективность трансфекции клетки линии A549 высевали в лунки 24-луночного планшета в концентрации $2,6 \times 10^5$ клеток/лунку в объеме 250 мкл питательной ростовой среды (DMEM/F12 1:1 88%, антибиотик-антимикотик 1%, GlutaMax 1%, FBS 10%) и инкубировали в течение 24 часов для адгезии клеток. Затем среду заменяли на 200 мкл среды DMEM/F12 1:1 без сыворотки и антибиотиков. Олигонуклеотиды растворяли в среде DMEM/F12 1:1 и добавляли к клеткам до конечной концентрации 1, 5 или 10 мкМ (125 мкл на лунку). В качестве положительного контроля для каждого олигонуклеотида проводили трансфекцию клеток соответствующим олигонуклеотидом с помощью коммерчески доступного трансфекционного агента GenJect39 (Молекта, Россия). Трансфекцию проводили в соответствии с протоколом производителя. Клетки инкубировали в течение 4 часов при стандартных условиях. После инкубации клетки отсоединяли с использованием 2% раствора трипсина (TrypLe; MP Biomedicals, США), ресуспендировали в ростовой среде, центрифугировали при 200 g в течение 5 минут, промывали фосфатно-солевым буфером (PBS) и фиксировали в 2% растворе формальдегида в PBS (10 минут, комнатная температура). Анализ клеток проводили на проточном цитометре NovoCyte 3000 (ACEA Biosciences, США). Все экспериментальные точки проводили в трех повторах для статистического анализа. Эффективность трансфекции оценивали по двум параметрам: процент флуоресцентных клеток в популяции и средняя интенсивность флуоресценции клеток в образце.

Результаты и обсуждения

Оптимизация синтеза триазиниламидофосфатных олигонуклеотидов на модельных последовательностях

В ходе работы был создан набор триазиниламидофосфатных олигонуклеотидов, содержащих гидрофобные и катионные группы, для дальнейшей проверки их биологических эффектов. Триазиниламидофосфатные олигонуклеотиды обладают рядом преимуществ по сравнению с другими, чем и обусловлен выбор их в качестве исследуемых агентов. Во-первых, замена отрицательно заряженного атома кислорода в составе нативной

фосфодиэфирной группы на незаряженный остаток амина значительно увеличивает стабильность олигонуклеотидов к нуклеазному расщеплению. Во-вторых, для получения данных производных достаточно изменения в протоколе автоматического синтеза лишь этапа окисления – при замене стандартной окисляющей смеси на азидо-триазины возможно проведение реакции Штаудингера, результатом которой после всех дополнительных обработок являются триазиниламидофосфаты. В-третьих, функциональные заместители в триазиновом остове можно легко варьировать, что в значительной мере увеличивает гибкость подхода и возможные варианты модификаций.

В качестве двух основных направлений синтеза были выбраны модификации олигонуклеотидов гидрофобными соединениями через 2-азидо-4-амино-6-хлоро-1,3,5-триазин (реагент I) и 2-азидо-4-додециламино-6-хлоро-1,3,5-триазин (реагент II), синтезированные по вышеописанным методикам. Выбор именно этих двух триазиновых производных обусловлен относительной простотой их синтеза, включающего всего 2 стадии, коммерческой доступностью исходных реагентов и возможностью для дальнейшей модификации. Кроме того, эти соединения отличаются друг от друга наличием длинного гидрофобного додецильного остатка, который предпологаемо должен улучшать трансфекционную способность олигонуклеотида, содержащего этот остаток.

Исходно в качестве агентов модификации были выбраны гидрофобные разветвленные амины и производные карбоновых кислот с длинным углеводородным скелетом. Данный выбор функциональных остатков обусловлен их свойством увеличивать степень проникновения олигонуклеотида через клеточную мембрану за счет повышения гидрофобности олигонуклеотида или приобретения положительного заряда у первичных аминов при кислых или нейтральных значениях pH.

В рамках апробации и оптимизации синтеза, введение триазиниламидофосфатной модификации проводилось на модельных T₈-олигонуклеотидах. По вышеприведенным методикам были синтезированы 5 олигонуклеотидов, модифицированные по 3'-фосфату через 2-азидо-4-амино-6-хлоро-1,3,5-триазин и 2-азидо-4-додециламино-6-хлоро-1,3,5-триазин различными гидрофобными группами, в том числе полученными путем поэтапной сборки на твердофазном носителе (рис. 9).

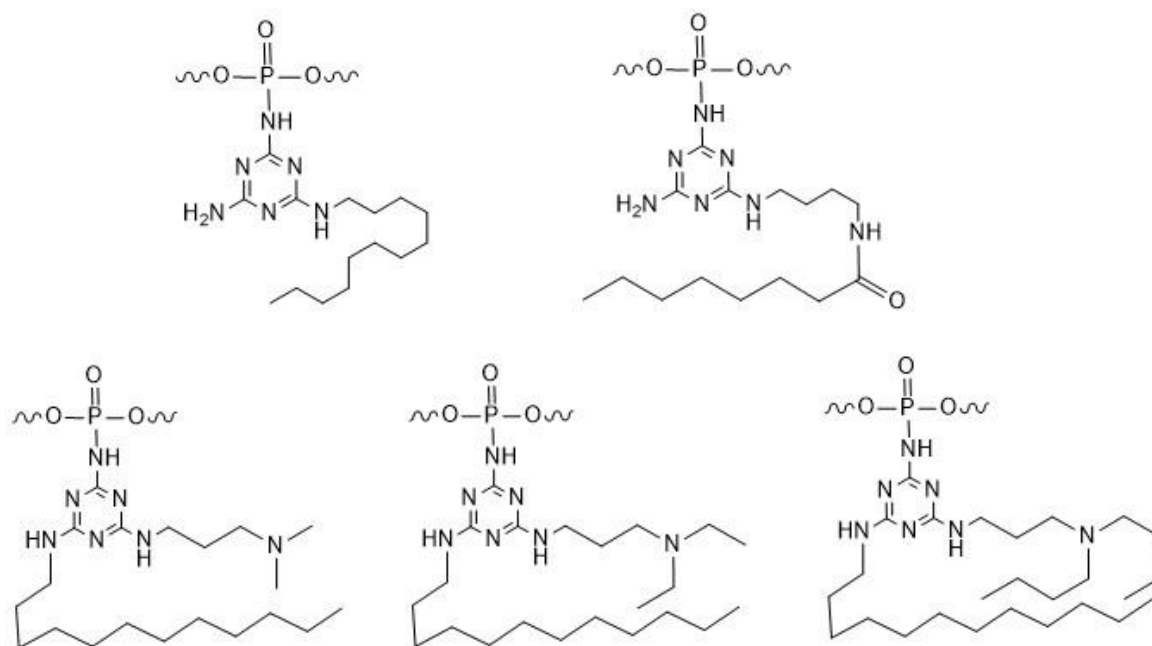


Рис. 9. Схематичное представление исходных вариантов модификаций.
5'-TTTTTTT*T-3', * = Tr + dod, C₈Cl + diABu, diMe, diEt и diBu
модификации

Степень конверсии реакционных смесей в целевой модифицированный продукт определялась методом ОФ ВЭЖХ (рис. 10-13).

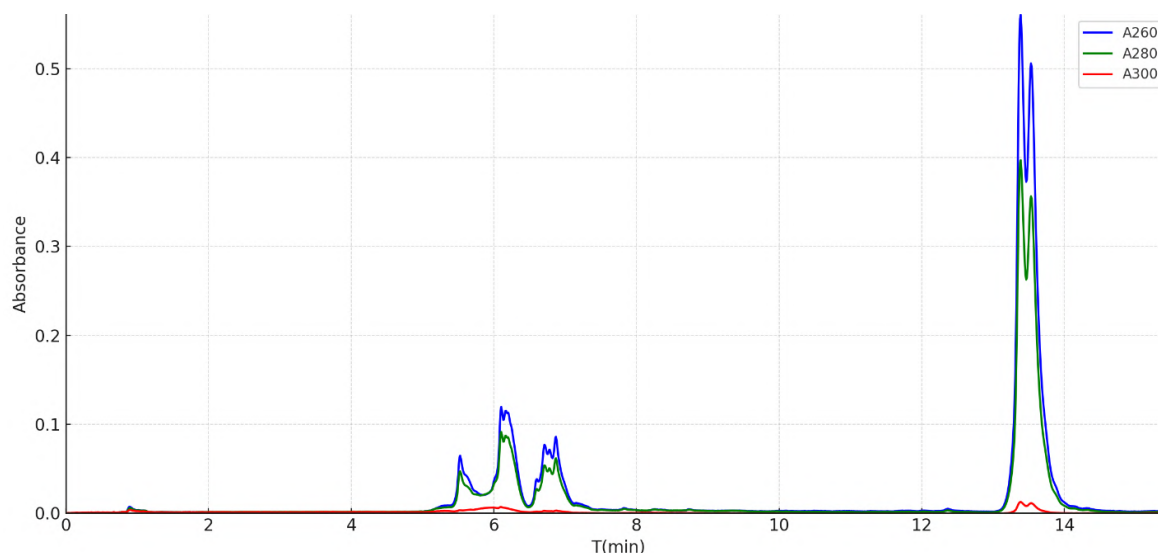


Рис. 10. Профиль ОФ ВЭЖХ реакционной смеси продуктов модификации додециламином Т₈-олигонуклеотида с реагентом (I) ($\lambda = 260$ нм – синий, $\lambda = 280$ нм – зеленый, $\lambda = 300$ нм – красный). Градиент: 0-50% CH₃CN (15 минут, поток 200 мкл/мин) в 0,02М водном растворе TEA*AcOH

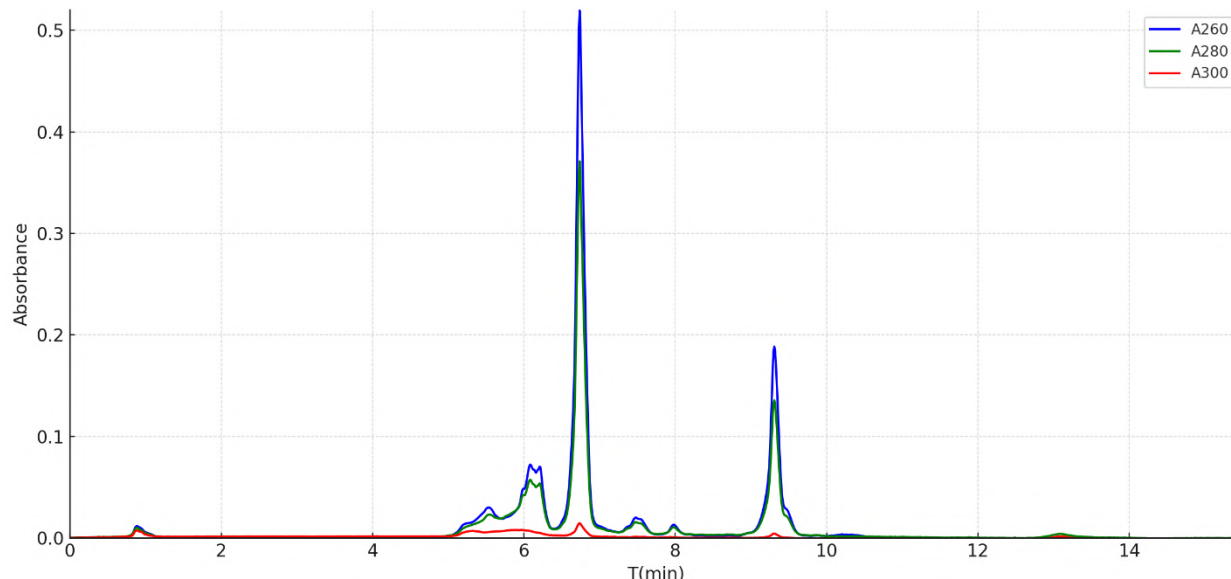


Рис. 11. Профиль ОФ ВЭЖХ реакционной смеси продуктов модификации хлорангидридом октановой кислоты и диаминобутаном Т₈-олигонуклеотида с реагентом (I) ($\lambda = 260$ нм – синий, $\lambda = 280$ нм – зеленый, $\lambda = 300$ нм – красный). Градиент: 0-50% CH₃CN (15 минут, поток 200 мкл/мин) в 0,02М водном растворе ТЕА*АсОН

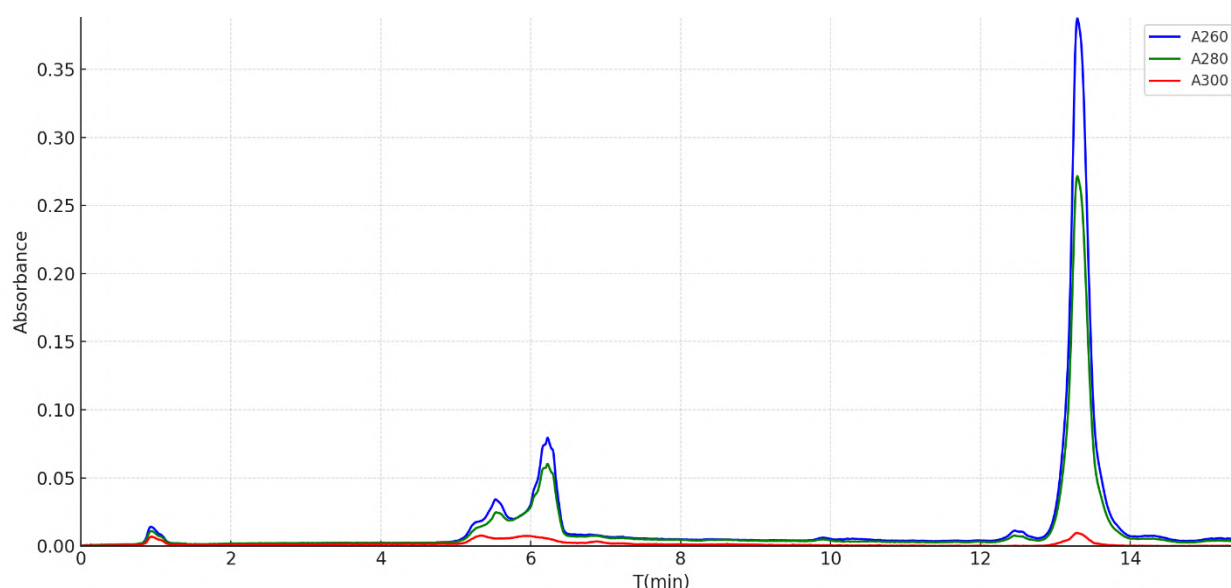


Рис. 12. Профиль ОФ ВЭЖХ реакционной смеси продуктов модификации 3-диметиламинопропиламином Т₈-олигонуклеотида с реагентом (II) ($\lambda = 260$ нм – синий, $\lambda = 280$ нм – зеленый, $\lambda = 300$ нм – красный). Градиент: 0-50% CH₃CN (15 минут, поток 200 мкл/мин) в 0,02М водном растворе ТЕА*АсОН

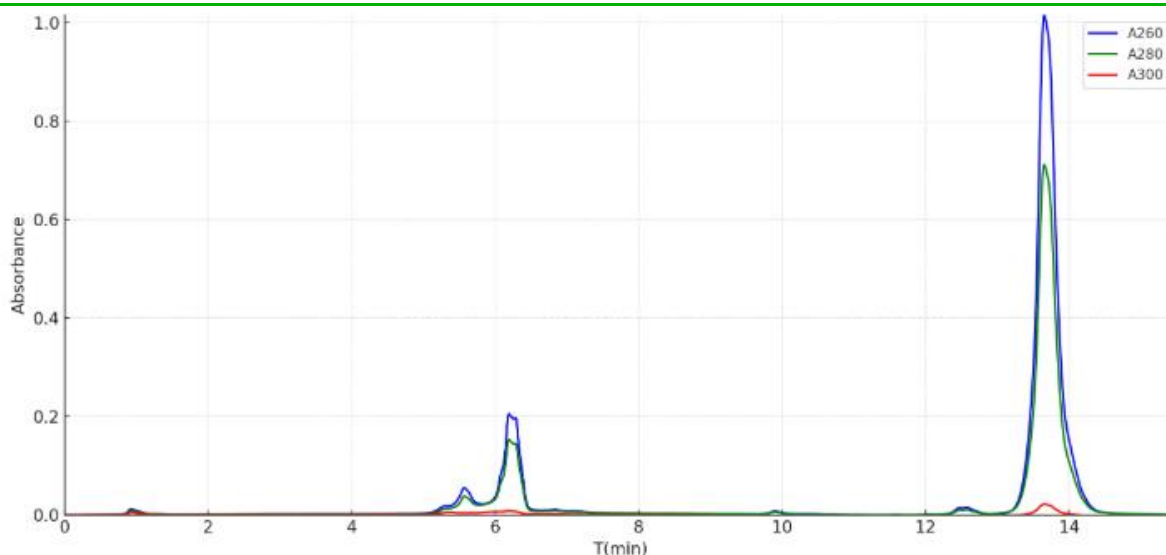
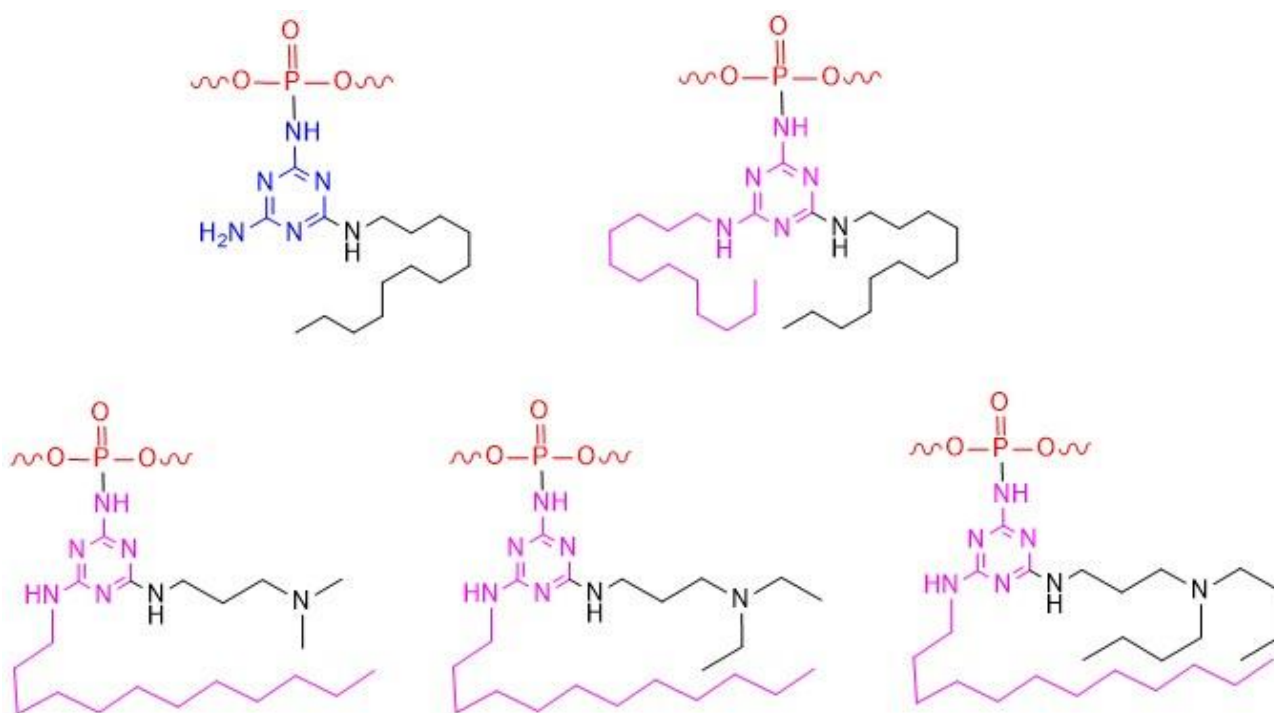


Рис. 13. Профиль ОФ ВЭЖХ реакционной смеси продуктов модификации 3-диэтиламинопропиламино Т₈-олигонуклеотида с реагентом (II) ($\lambda = 260$ нм – синий, $\lambda = 280$ нм – зеленый, $\lambda = 300$ нм – красный). Градиент: 0-50% CH₃CN (15 минут, поток 200 мкл/мин) в 0,02М водном растворе ТЕА*АсОН

На основании результатов хроматографического анализа были сделаны выводы о степени конверсии получившихся продуктов. Tr + dod, diMe, diEt и diBu модификации были введены успешно, реакционные смеси характеризуется высокими долями ожидаемых модифицированных продуктов (второй пик на хроматограммах). C₈Cl + diABu модификация хотя и была введена успешно, но 2 дополнительных пика свидетельствуют о повышенном содержании примесей в реакционной смеси, в связи с чем желательна дальнейшая оптимизация протокола синтеза.

В дальнейшем были предприняты попытки оптимизировать синтез N-(2-(4-амино-6-октанамидобутиламино)-1,3,5-триазин)амидофосфатной модификации (C₈Cl + diABu), однако добиться приемлемых выходов (>80%) не удалось. В связи с этим, было принято решение не использовать данную модификацию при создании гетероолигонуклеотидов для биологических исследований. Таким образом, конечный список модификаций для введения в состав гетероолигонуклеотидов отличается от исходного и представлен на рис. 14. В добавление к четырем выбранным модификациям, в состав гетероолигонуклеотидов была также введена N-(2-(4,6-дидодециламино)-1,3,5-триазин)амидофосфатная модификация (“Tr dod + dod”), которая

использовалась в качестве положительного контрольного образца, так как для нее ранее уже были изучены некоторые биологические свойства.



**Рис. 14. Схематичное представление конечных вариантов модификаций.
5'-CC-GGT-GCA-GAT-GA*A-3', * = Tr + dod, Tr dod + dod, diMe, diEt
и diBu модификации**

Синтез и исследование биологических свойств модифицированных олигонуклеотидов с заданной последовательностью

На следующем этапе были синтезированы 5 гетероолигонуклеотидов с целевой рандомизированной последовательностью 5'-CC-GGT-GCA-GAT-GA*A-3', модифицированные через первую 3'-межнуклеозидную фосфатную группу вышеописанными модификациями. Кроме того, diMe, diEt, diBu и Tr dod + dod олигонуклеотиды были модифицированы FAM по 5'-положению для возможности их детекции в рамках флуоресцентного анализа способности проникновения в клетки. Степень конверсии каждой реакционной смеси в целевой модифицированный продукт определялась методом ОФ ВЭЖХ (рис. 15-19). После этого получившиеся олигонуклеотиды были очищены от примесей для однозначной трактовки результатов дальнейших биологических экспериментов.

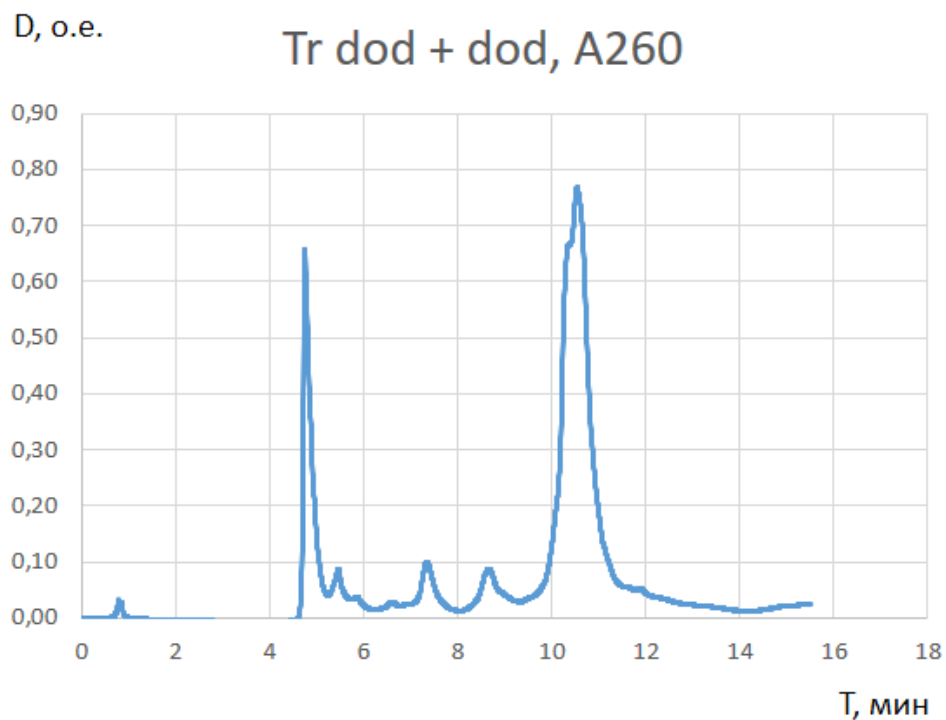


Рис. 15. Профиль ОФ ВЭЖХ реакционной смеси продуктов модификации додециламином (“Tr dod + dod”) гетероолигонуклеотида с реагентом (II) ($\lambda = 260$ нм – синий). Градиент: 0-100% CH_3CN (15 минут, поток 200 мкл/мин) в 0,02М водном растворе ТЕА*АсОН

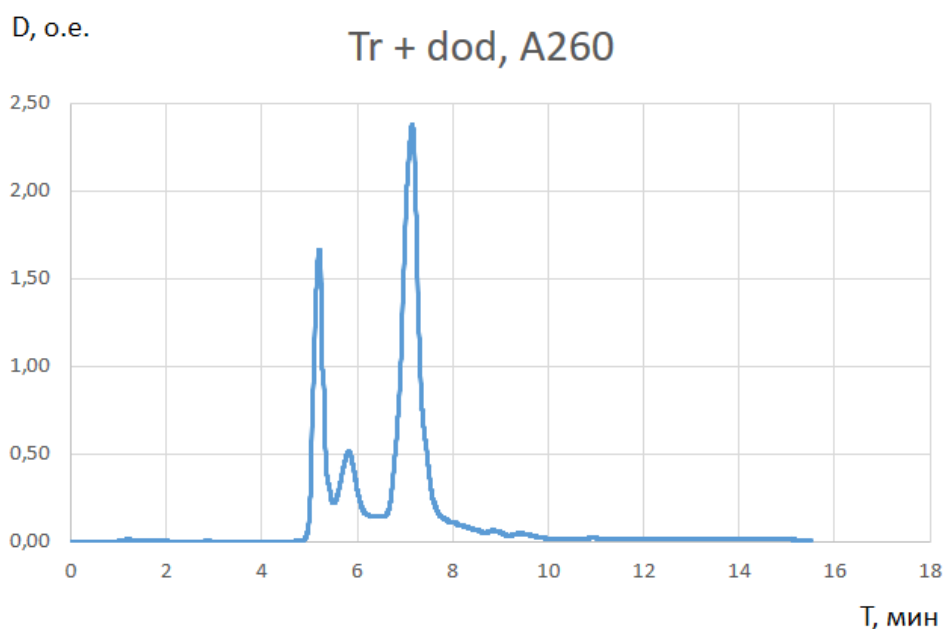


Рис. 16. Профиль ОФ ВЭЖХ реакционной смеси продуктов модификации додециламином (“Tr + dod”) гетероолигонуклеотида с реагентом (I) ($\lambda = 260$ нм – синий). Градиент: 0-100% CH_3CN (15 минут, поток 200 мкл/мин) в 0,02М водном растворе ТЕА*АсОН

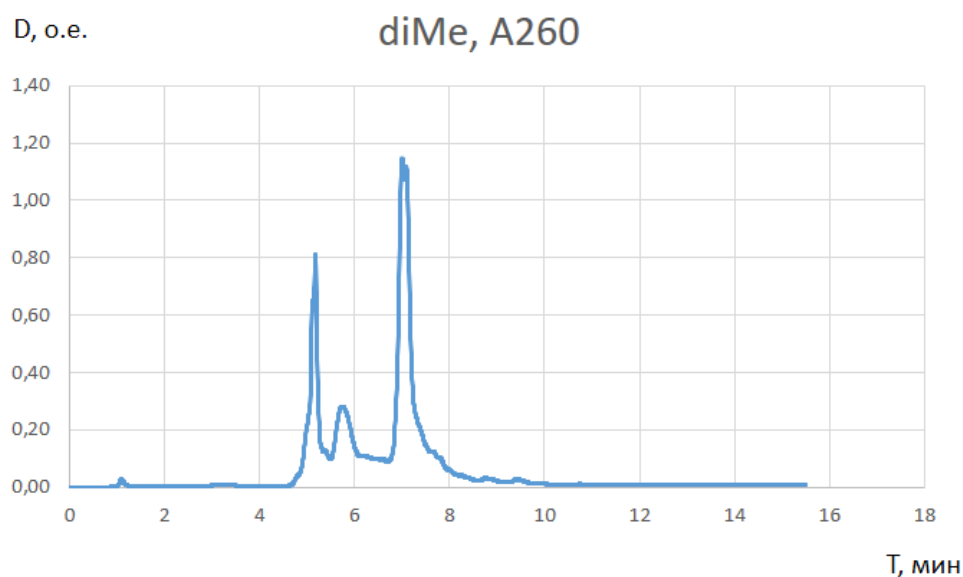


Рис. 17. Профиль ОФ ВЭЖХ реакционной смеси продуктов модификации 3-диметиламинопропиламином (“diMe”) гетероолигонуклеотида с реагентом (II) ($\lambda = 260$ нм – синий). Градиент: 0-100% CH_3CN (15 минут, поток 200 мкл/мин) в 0,02М водном растворе ТЕА*АсОН

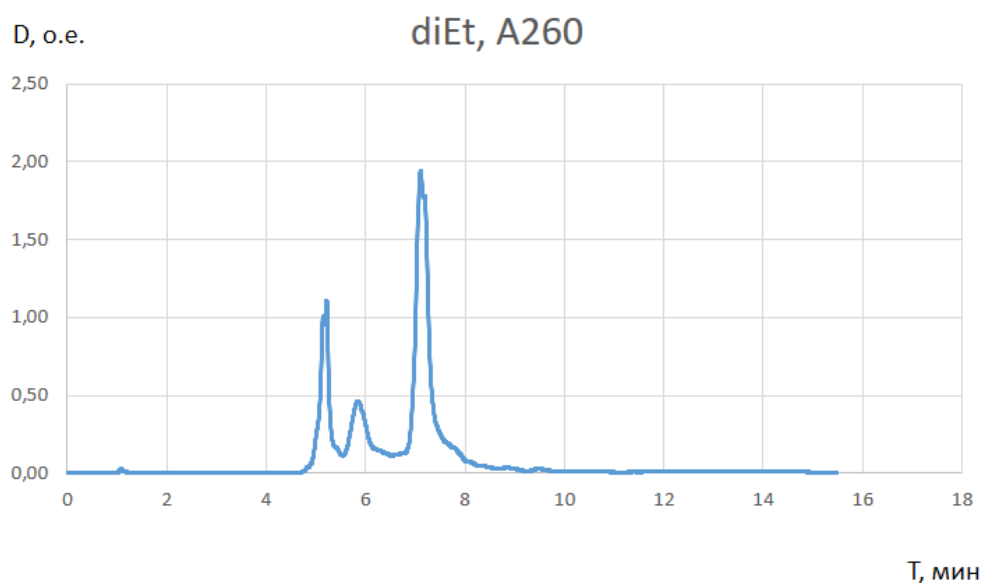


Рис. 18. Профиль ОФ ВЭЖХ реакционной смеси продуктов модификации 3-диэтиламинопропиламином (“diEt”) гетероолигонуклеотида с реагентом (II) ($\lambda = 260$ нм – синий). Градиент: 0-100% CH_3CN (15 минут, поток 200 мкл/мин) в 0,02М водном растворе ТЕА*АсОН

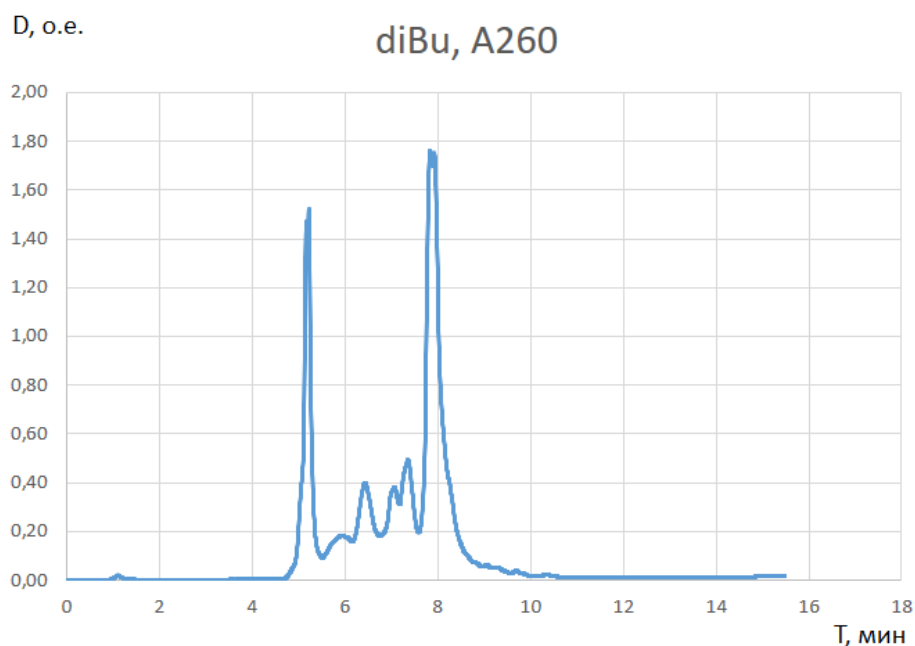


Рис. 19. Профиль ОФ ВЭЖХ реакционной смеси продуктов модификации 3-дибутиламинопропиламином (“diBu”) гетероолигонуклеотида с реагентом (II) ($\lambda = 260$ нм – синий). Градиент: 0-100% CH_3CN (15 минут, поток 200 мкл/мин) в 0,02М водном растворе $\text{TEA} \cdot \text{AcOH}$

Результаты ОФ ВЭЖХ демонстрируют высокие выходы гетероолигонуклеотидов. В целом структура всех хроматограмм схожа: сначала наблюдаются пики нецелевых продуктов реакции Штаудингера (левый высокий пик и несколько низких, следующих за ним), после чего выходит пик целевого гетероолигонуклеотида, что связано с его более высокой гидрофобностью за счет модификации аминами. Согласно измеренной оптической плотности наибольшие выходы показали diEt и Tr + dod модификации. Кроме того, из результатов хроматографии следует, что Tr + dod, diMe и diEt олигонуклеотиды обладают схожей гидрофобностью, так как пики, соответствующие им, появляются на седьмой минуте. В то же время diBu олигонуклеотид демонстрирует большую гидрофобность, появляясь около восьмой минуты. В целом можно сделать вывод, что введение производных пропилдиамина не приводит к резкому повышению гидрофобности, в отличие от модификации додециламином (Tr dod + dod), время выхода с колонки которого начинается только после десятой минуты. Это можно объяснить наличием дополнительного атома азота у гомологов (N,N-диметиламинопропил)амина, который протонируется в растворе, тем самым снижая общую гидрофобность.

Далее был проведен электрофорез модифицированных олигонуклеотидов в денатурирующих условиях по вышеописанной методике. Разделение

олигонуклеотидов происходит в зависимости от отношения заряда к размеру (массе). При прочих равных условиях молекулы с более высоким зарядом (в абсолютном значении) и меньшими размерами перемещаются быстрее через гель. В связи с этим ожидалось, что пропилдиаминовые модификации (diMe, diEt и diBu) пройдут меньшее расстояние, чем Tr + dod и Tr dod + dod, так как обладают меньшими абсолютными значениями зарядов из-за наличия у каждой протонированного в условиях электрофореза дополнительного атома азота.

Результаты электрофореза подтверждают вышеописанные предположения и представлены на рис. 20: Contr; diMe, diEt, diBu, dod, dod + dod модификации.

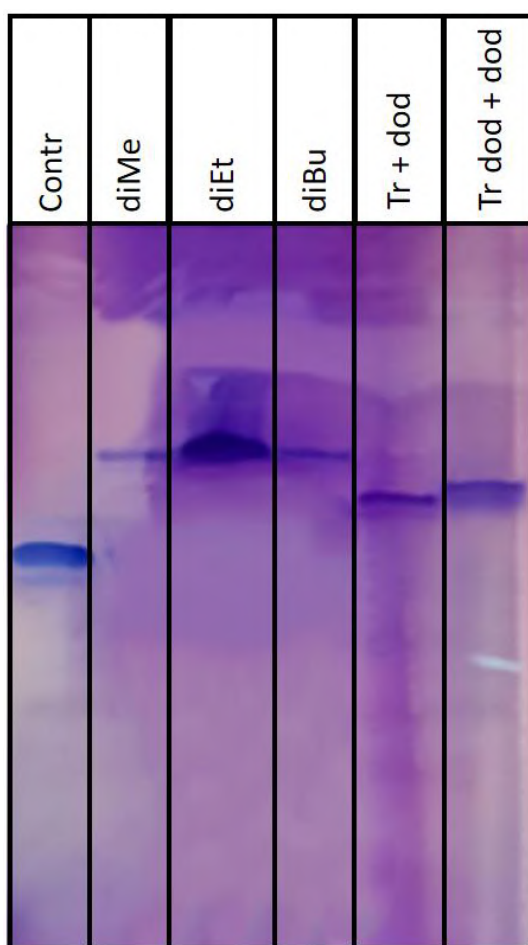


Рис. 20. Электрофорез в денатурирующих условиях в 20% ПААГ с соотношением акриламида к бисакриlamиду 19:1 и 7 М мочевиной в однократном ТВЕ-буфере (ТВEx20: 1 М трис, рН=8.3, 1 М H_3BO_3 , 0.0265 М ЭДТА). Для полимеризации добавлялось 10 мкл персульфата аммония (10%) и 1 мкл ТЕМЕД на 1 мл объема. Окраска Stains-all. Бэнды слева направо: Contr (контроль), diMe, diEt, diBu, Tr + dod, Tr dod + dod

Результаты электрофореза косвенно подтверждают структуру синтезированных олигонуклеотидов. Благодаря амидофосфатной модификации олигонуклеотид становится менее отрицательно заряженным и, следовательно, имеет меньшую подвижность в ПААГ в условиях электрофореза. Бэнды diMe, diEt и diBu модификаций имеют схожую подвижность, из чего следует, что увеличение длины модифицированных остатков в пропилдиаминовой группе практически не влияет на степень разделения в ПААГ. В то же время, додециламиновая и дидодециламиновая модификации достаточно хорошо разделяются на электрофореграмме, что связано с увеличением размера олигонуклеотида при введении дополнительной додецильной группы. Сравнивая в целом две группы олигонуклеотидов, нужно отметить, что пропилдиаминовые олигонуклеотиды имеют подвижность хуже, чем моно- и дидодецильный. Это является следствием наличия положительного заряда у пропилдиаминовой модификации за счет второго атома азота, и, следовательно, меньшего (по абсолютному значению) общего отрицательного заряда.

После этого в рамках исследования цитотоксических свойств модифицированных олигонуклеотидов был проведен МТТ-тест. В качестве модельного объекта для оценки цитотоксичности и клеточного проникновения модифицированных олигонуклеотидов была выбрана клеточная линия эпителиальных клеток аденокарциномы легкого A549. Эти клетки отличаются простотой культивации, хорошей адгезионной способностью, высокой стабильностью, умеренной метаболической активностью и воспроизводимым ответом на токсическое воздействие [4, с. 1959], что делает их удобными для тестирования цитотоксичности. Кроме того, наличие развитых эндоцитарных механизмов [5, с. 20994] и выраженной эпителиальной морфологии [6, с. 2] позволяет эффективно анализировать процессы клеточного захвата и внутриклеточной локализации олигонуклеотидов с использованием флуоресцентных методов. Также необходимо отметить, что на текущий момент не проведено работ по изучению биохимических свойств триазиламидофосфатных олигонуклеотидов на этой клеточной линии, поэтому настоящая работа отличается новизной в рамках этого направления. Клетки культивировали на адгезионной культуре с добавлением питательной среды на основе DMEM и F12 (1:1). Затем их трансфецировали модифицированными олигонуклеотидами в концентрациях 1 – 20 мкМ и инкубировали в CO₂-инкубаторе с 5% содержанием CO₂ при 37°C. По отношению клеток, флуоресцирующих после обработки МТТ (тиазолиловый синий тетразолий бромид), к общему числу клеток была

просчитана их выживаемость и построена диаграмма (рис. 21), отражающая влияние концентрации каждого олигонуклеотида на долю выживших клеток.

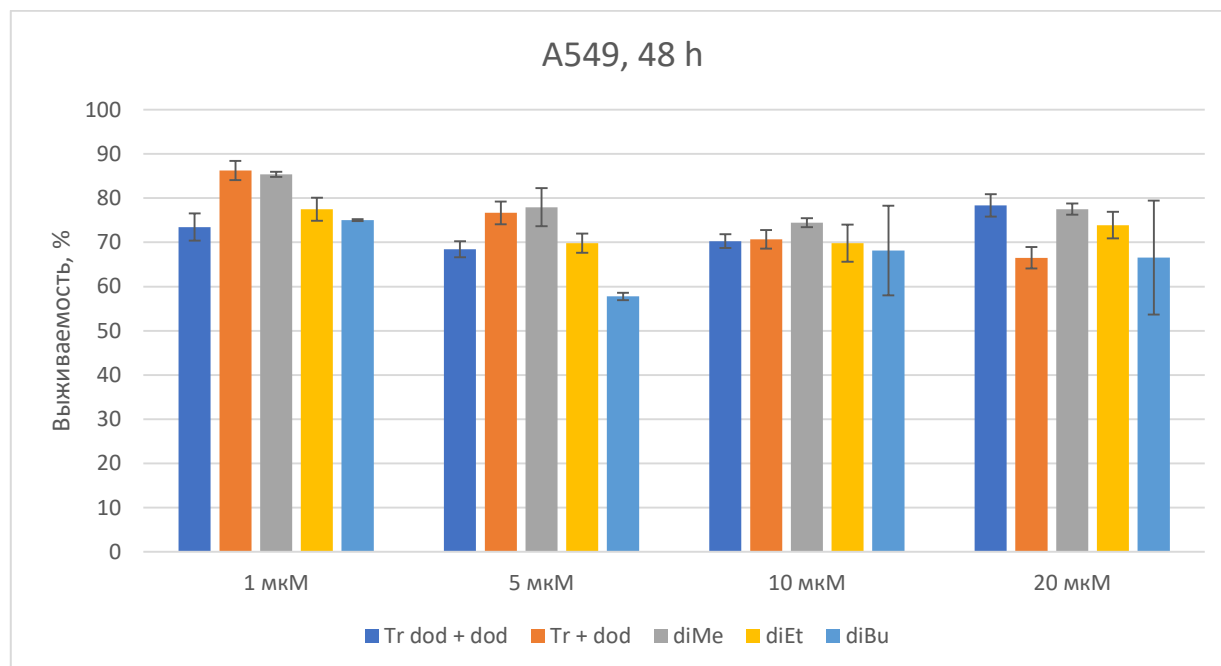


Рис. 21. Влияние концентраций олигонуклеотидов на выживаемость клеток

По данным диаграммы видно, что все олигонуклеотиды демонстрируют достаточно низкую цитотоксичность, во всех экспериментах доля выживших клеток составляет более 50%. Стоит отметить, что из полученных данных невозможно определить IC₅₀, так как по результатам эксперимента наблюдается большой диапазон концентраций, которые в разы превышают те, которые стандартно используются для терапевтических олигонуклеотидов (менее 5 мкМ). Наименее цитотоксичными оказались Tr + dod и diMe модификации, обладающие наименьшими по размеру заместителями. Этот тренд также заметен в ряду diMe, diEt и diBu модификаций: с увеличением длины алифатических заместителей цитотоксичность олигонуклеотидов возрастает. В целом полученные результаты были ожидаемы, т.к. для триазиниламидофосфатов на примере дидодецил содержащего олигонуклеотида уже была показана низкая цитотоксичность [7, с. 721]. Таким образом, наблюдается корреляция на уровне тенденции между увеличением длины гидрофобного остатка и повышением цитотоксичности модификации.

Далее проводили исследование эффективности проникновения модифицированных олигонуклеотидов в эукариотические клетки на примере

клеточной линии A549, для чего были выбраны олигонуклеотиды с diMe, diEt и diBu модификациями.

Дизайн настоящего эксперимента ставил целью выяснение влияния на изменение трансфекционной способности при замене одного додецильного остатка в триазириламидофосфате на катионные группы с разветвленным углеводородным скелетом (соответственно diMe, diEt и diBu).

Для каждого выбранного олигонуклеотида проводили трансфекцию клеток им с трансфектантом GenJect39 (1 мкМ) и без (5мкМ). Эффективность трансфекции оценивалась по проценту флуоресцентных клеток в популяции и средней интенсивности флуоресценции клеток в образце. На основе этих данных были построены сравнительные диаграммы, отражающие процент флуоресцирующих клеток и значения RFU (относительная единица флуоресценции) для соответствующих нуклеотидов, которые сравнивались с контрольными значениями (отрицательный контроль - флуоресценция клеток без олигонуклеотидов, положительный контроль – флуоресценция Tr dod + dod олигонуклеотида).

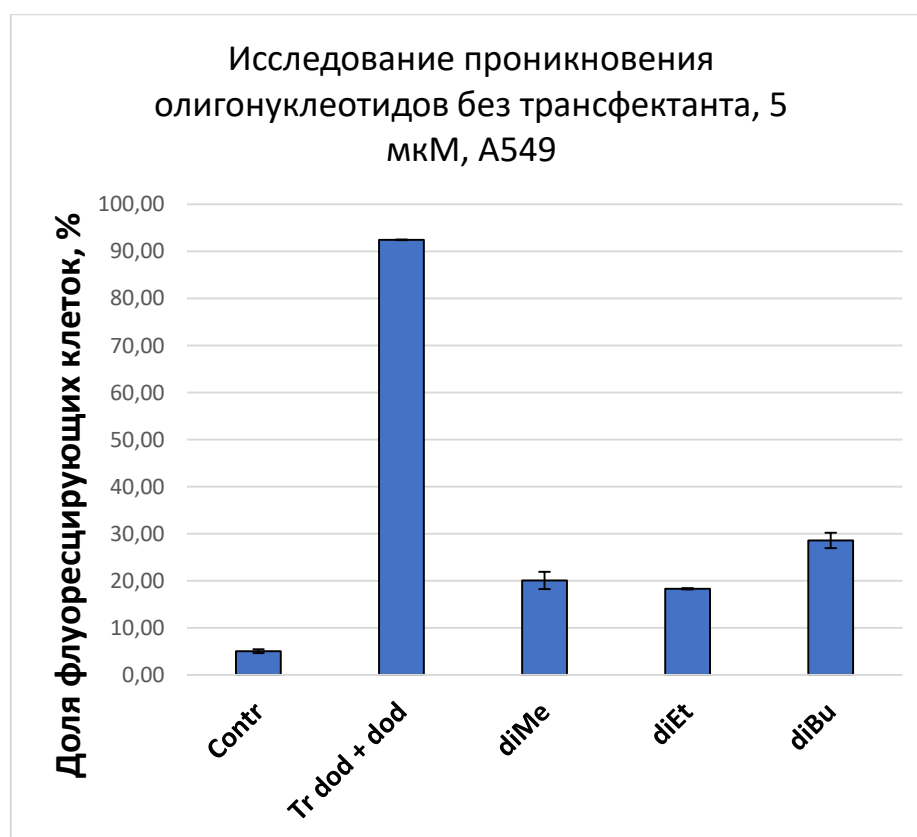


Рис. 22. Количество флуоресцирующих клеток (в %) при проникновении олигонуклеотидов в концентрации 5 мкМ. Contr – контроль (флуоресценция клеток без добавления олигонуклеотидов)

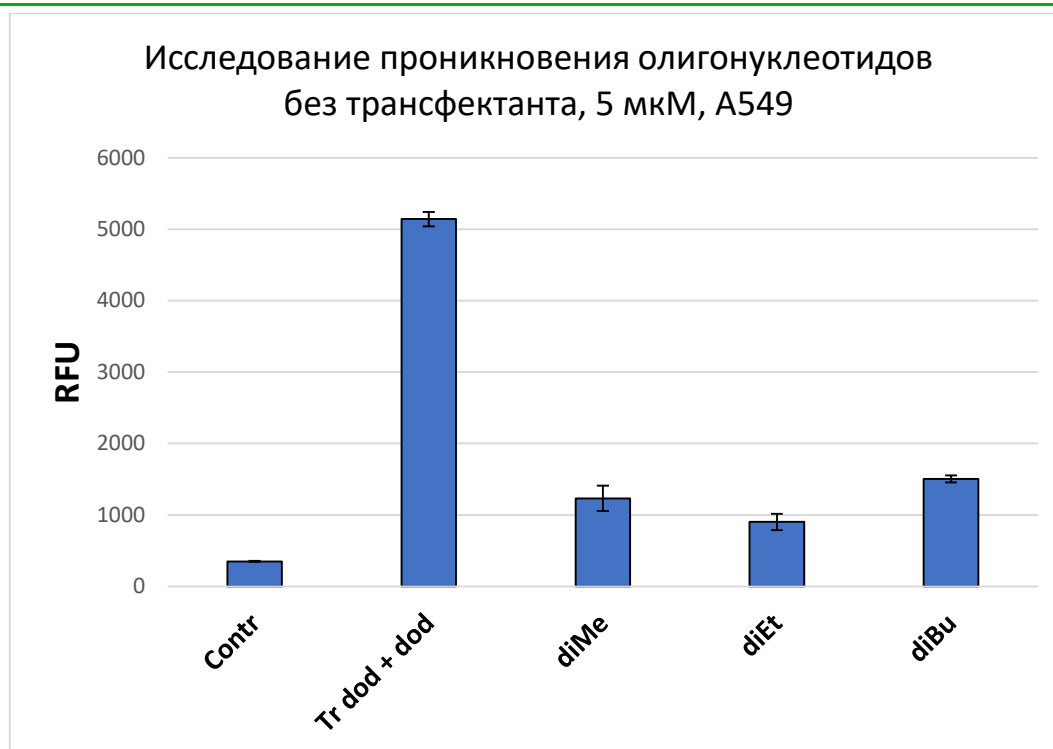


Рис. 23. Средняя интенсивность флуоресценции при проникновении олигонуклеотидов в концентрации 5 мкМ. Contr – контроль (флуоресценция клеток без добавления олигонуклеотидов)

Сначала клетки были трансфицированы олигонуклеотидами без GenJect39 для оценки их проникающей способности на фоне уровней флуоресценции положительного и отрицательного контролей (дидодецильный олигонуклеотид и клетки без олигонуклеотидов соответственно). По результатам цитометрического анализа (рис. 22, 23) дибутильный олигонуклеотид показал наилучшую трансфекционную способность среди гомологов (N,N-диметиламинопропил) аминовой модификации. Хотя по уровню доли флуоресцирующих клеток, ровно как и по их средней интенсивности значения diMe, diEt и diBu модификаций сравнительно мало отличаются между собой, наблюдается тенденция к повышению значений сравниваемых параметров при увеличении общей гидрофобности комбинации заместителей при триазиновом остове.

Столь сильные отличия в трансфекционной способности с контрольным дидодецильным олигонуклеотидом могут быть объяснены приобретением положительного заряда и, соответственно, уменьшением общего отрицательного заряда из-за дополнительного атома N в трех исследуемых олигонуклеотидах. При протонировании атома азота уменьшается общая

гидрофобность олигонуклеотида, тем самым снижается его трансфекционная способность. В целом эти олигонуклеотиды обладают примерно в 2 раза меньшей гидрофобностью из-за замены второго додецильного остатка на производные пропилдиамина, однако при этом степень их проникновения снизилась более чем в 2 раза. Из этого следует, что зависимость между общей гидрофобностью олигонуклеотида и степенью его проникновения носит нелинейный характер.

После этого было решено оценить динамику проникновения при увеличении концентрации олигонуклеотида с diBu модификацией как имеющего наилучшие показатели среди трех производных, содержащих катионные заместители.

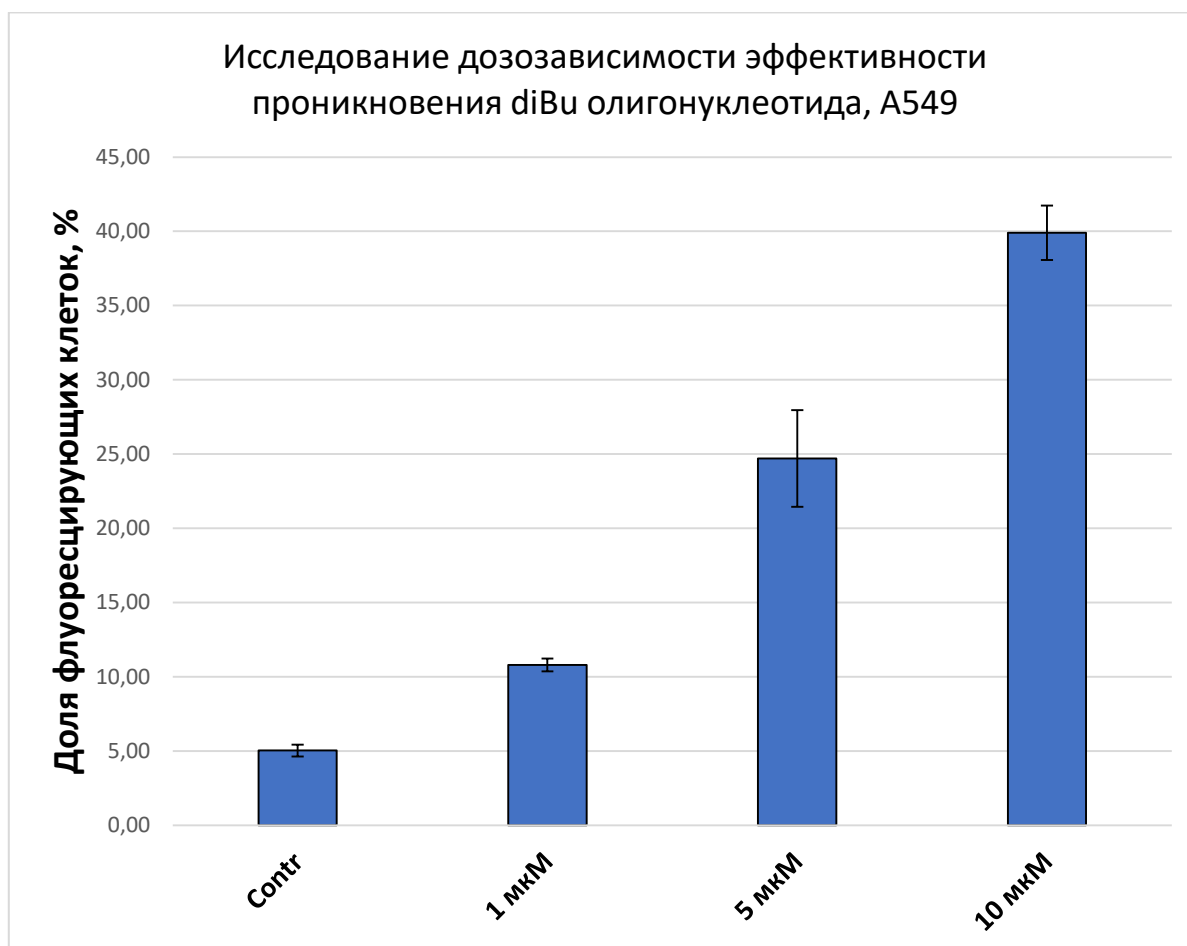


Рис. 24. Количество флуоресцирующих клеток (в %) при проникновении diBu олигонуклеотида в разных концентрациях (1 – 10 мкМ). Contr – контроль (флуоресценция клеток без добавления олигонуклеотидов)

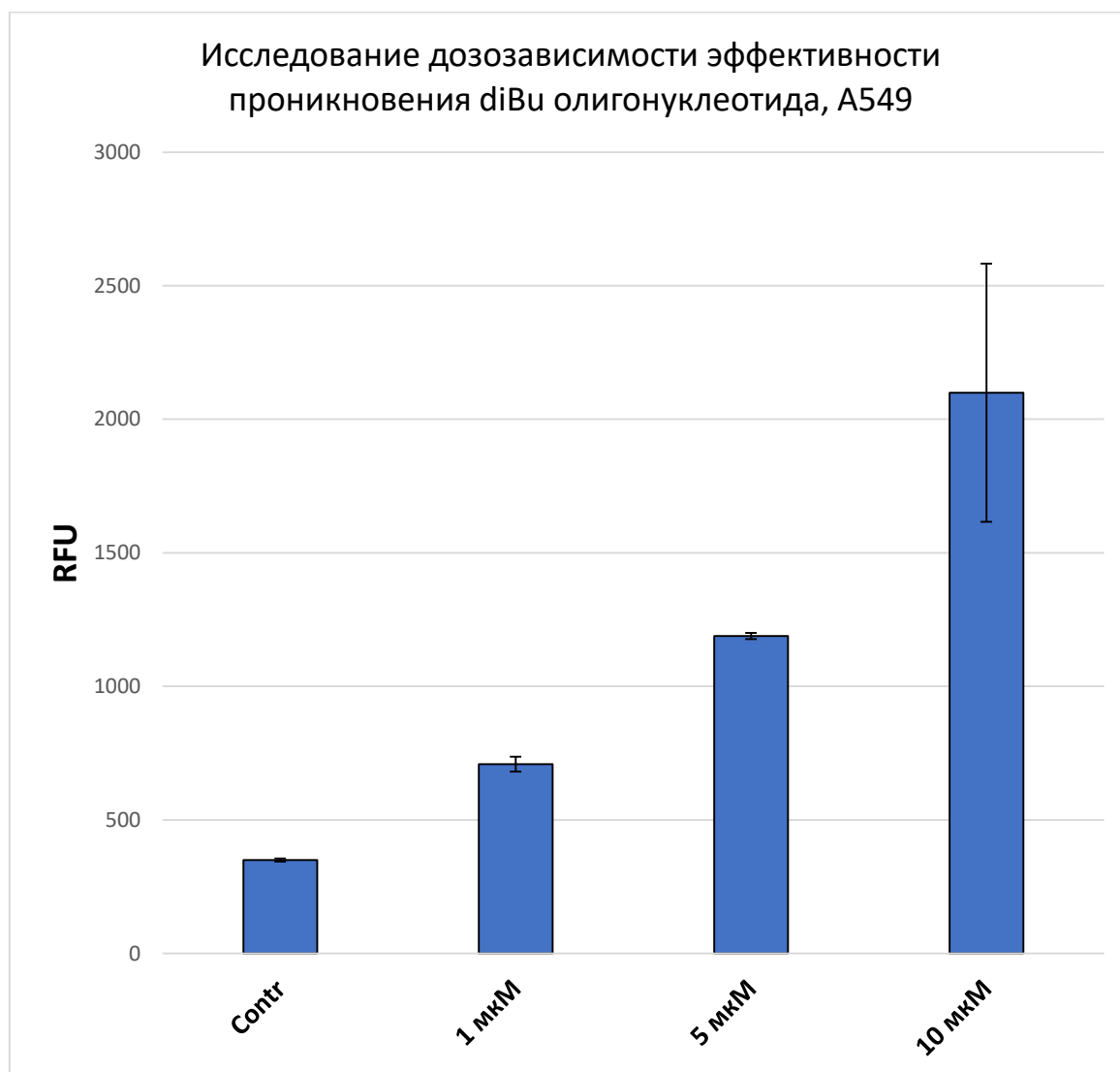


Рис. 25. Средняя интенсивность флуоресценции при проникновении diBu олигонуклеотида в разных концентрациях (1 – 10 мкМ). Contr – контроль (флуоресценция клеток без добавления олигонуклеотидов)

Диаграммы, приведенные на рис. 24 и рис. 25, демонстрируют схожую динамику: при увеличении концентрации добавляемого олигонуклеотида доля флуоресцентных клеток и интенсивность флуоресценции пропорционально увеличиваются. Видно, что при повышенных концентрациях diBu олигонуклеотид показывает средние значения проникновения (40% клеток флуоресцируют с интенсивностью ~2000 RFU). В связи с этим можно предположить, что для оставшихся олигонуклеотидов будет демонстрироваться подобная динамика. Однако необходимо отметить, что такие результаты

олигонуклеотиды показывают лишь при концентрациях, на порядок выше терапевтических (1 мкМ), в связи с чем необходима дальнейшая оптимизация дизайна гомологов (N,N-диметиламинопропил) аминовой модификации.

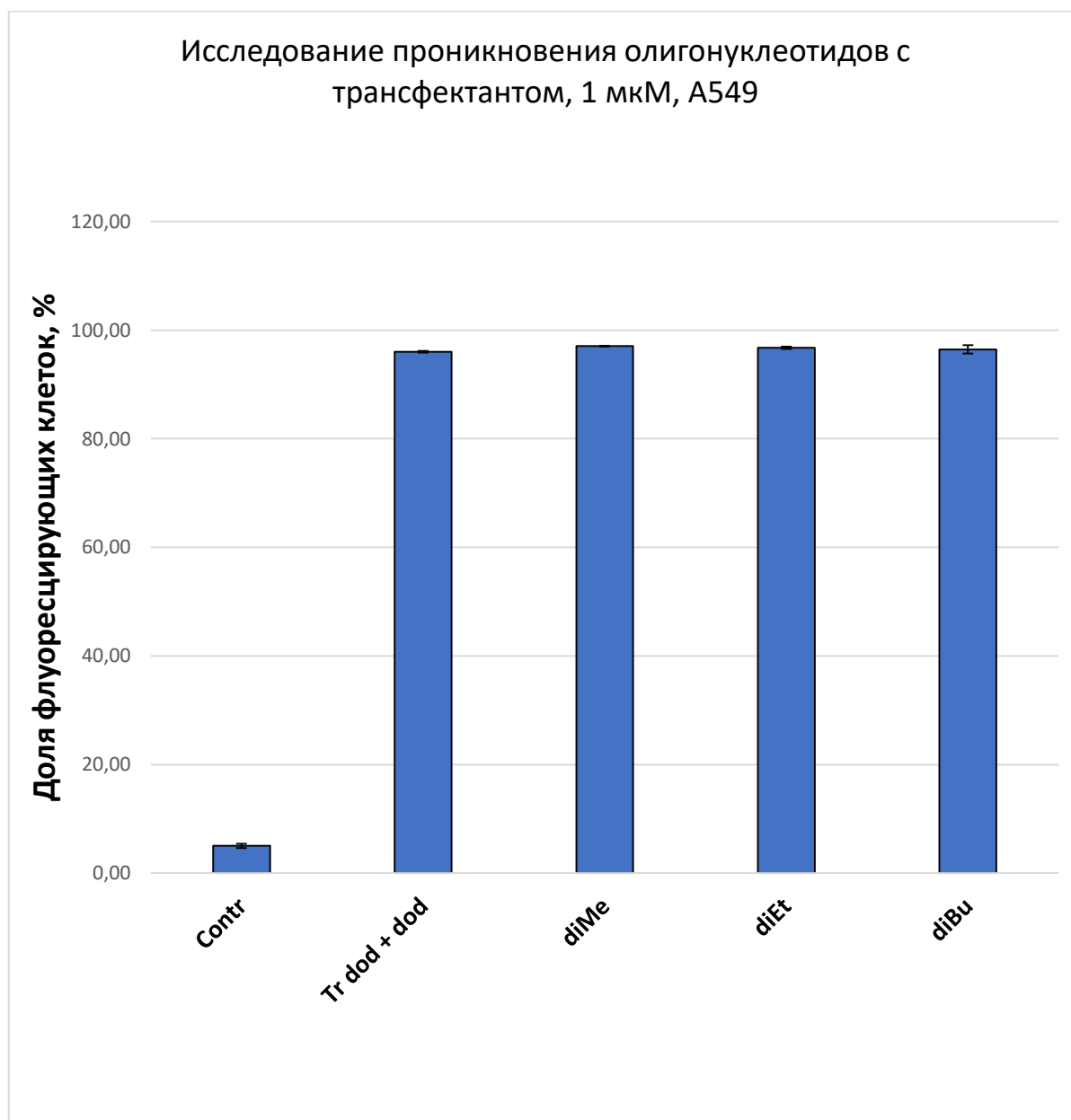


Рис. 26. Количество флуоресцирующих клеток (в %) при проникновении олигонуклеотидов в концентрации 1 мкМ с трансфектантом GenJect39. Contr – контроль (флуоресценция клеток без добавления олигонуклеотидов)



Рис. 27. Средняя интенсивность флуоресценции при проникновении олигонуклеотидов в концентрации 1 мкМ с трансфектантом GenJect39. Contr – контроль (флуоресценция клеток без добавления олигонуклеотидов)

Наконец, проводился контроль способности олигонуклеотидов к трансфекции в целом. Для этого были проанализированы значения RFU и доля флуоресцирующих клеток при проникновении олигонуклеотидов в концентрациях по 1 мкМ с трансфектантом. По данным рис. 26 видно, что при трансфекции с GenJect39 более 90% клеток флуоресцируют, что свидетельствует об успешном проникновении олигонуклеотидов в большую часть клеток, детектируемых на цитофлуориметре. В то же время вторая диаграмма (рис. 27) демонстрирует, что клетки, трансфецированные дидодецильным олигонуклеотидом, флуоресцируют с примерно в 2 раза большей интенсивностью, что свидетельствует о лучшем проникновении олигонуклеотида с такой модификацией. Как упоминалось выше, в отличие от дидодецильной остальные модификации обладают дополнительным катионным центром и меньшим суммарным отрицательным зарядом. В связи с этим diMe,

diEt и diBu модификации хуже образуют комплексы с трансфектантами, который представляет из себя суспензию смеси катионных липидов, и, соответственно, с меньшей эффективностью проникают в клетки. Тем не менее, олигонуклеотиды продемонстрировали способность к проникновению, меньшую всего в 2 раза по сравнению с контрольным дидодецильным, что указывает на существование потенциала к дальнейшему дизайну и исследованиям биологических свойств гомологов (N,N-диметиламинопропил)аминовой модификации триазиламидофосфатных олигонуклеотидов.

Заключение

В рамках настоящей работы было проведено исследование, направленное на разработку и изучение перспективной группы модифицированных триазиламидофосфатных олигонуклеотидов, содержащих гидрофобные и катионные функциональные группы. В ходе работы были реализованы эффективные методы их синтеза, основанные на применении реакции Штаудингера к производным 1,3,5-триазина. Предложенный подход к модификации межнуклеозидного фосфата отличается высокой селективностью, технологичностью и возможностью тонкой вариации вводимых функциональных заместителей, что способствует гибкой регулировке физико-химических и биологических свойств получаемых олигонуклеотидов.

Синтезированные модифицированные нуклеиновые кислоты были охарактеризованы с использованием обращённо-фазовой ВЭЖХ и электрофореза в ПААГ, по результатам которых был продемонстрирован высокий выход целевых олигонуклеотидов и косвенно подтверждены структуры их модификаций. В ходе биологических экспериментов было установлено, что включение гидрофобных и катионных фрагментов в структуру олигонуклеотида в случае N-(2-(4-додециламино-6-(3-дибутиламино)пропиламино)-1,3,5-триазин)амидофосфатной модификации способствует значительному повышению его способности проникать в эукариотические клетки без использования трансфекционных агентов. Ряд полученных соединений продемонстрировал эффективность проникновения, сопоставимую с наблюдаемой для трансфекции с использованием GenJect39, при этом не проявляя выраженной цитотоксичности в используемом диапазоне концентраций.

Полученные результаты подтверждают высокую прикладную значимость предложенных модификаций для разработки антисенс-препаратов и систем доставки олигонуклеотидов. Выгодное сочетание высокой биологической

активности и минимальной токсичности делает триазиниламидофосфатные модификации перспективным направлением для дальнейших исследований. В частности, представляется целесообразным проведение *in vivo*-исследований по изучению биораспределения, фармакокинетики и терапевтического потенциала данных олигонуклеотидов, а также оптимизация их структуры с целью повышения селективности действия и адресной доставки к клеткам-мишеням. Таким образом, работа формирует прочный задел для дальнейшего изучения триазиниламидофосфатных олигонуклеотидов с улучшенными транспортными и фармакологическими свойствами.

Выводы

1. По реакции Штаудингера с применением 2-азидо-4-амино-6-хлоро-1,3,5-триазина и 2-азидо-4-додециламино-6-хлоро-1,3,5-триазина в качестве реагентов-модификаторов в рамках твердофазного амидофосфитного синтеза с высоким выходом (более 80%) получен ряд модельных триазиниламидофосфатных октатимидилатов, содержащих в триазиновом остове комбинации остатков аммиака и додещиламина, а также додещиламина и различных гомологов (N,N-диметиламинопропил)аминa.

2. Получен набор 14-звенных олигонуклеотидов, а также их флуоресцентно-меченых аналогов, содержащих в составе триазинового остова комбинации остатков аммиака и додещиламина, додещиламина и (N,N-диметиламинопропил)аминa, додещиламина и (N,N-диэтиламинопропил)аминa, додещиламина и (N,N-дибутиламинопропил)аминa. Полученные модифицированные олигонуклеотиды были очищены и охарактеризованы методами ОФ ВЭЖХ и электрофореза в ПААГ.

3. На культуре клеток аденокарциномы легкого человека A549 было показано отсутствие высокой цитотоксичности исследуемых олигонуклеотидов в диапазоне концентраций от 1 до 20 мкМ. Кроме того, было продемонстрировано увеличение эффективности проникновения олигонуклеотидов в клетки без использования трансфектанта при увеличении общей гидрофобности триазиниламидофосфатных заместителей, а также дозозависимость эффективности проникновения на примере олигонуклеотида с остатками додещиламина и (N,N-дибутиламинопропил)аминa.

Список литературы

1. Vinjamuri B. P., Pan J., Peng P. A review on commercial oligonucleotide drug products // J. Pharm. Sci. – 2024. – Vol. 113, №. 6. – P. 1234–1245. – DOI: 10.1016/j.xphs.2024.04.021.

2. Juskowiak B. Nucleic acid-based fluorescent probes and their analytical potential // *Anal. Bioanal. Chem.* – 2010. – Vol. 399, №. 9. – P. 3157–3176. – DOI: 10.1007/s00216-010-4304-5.
3. Metelev V. G., Oretskaya T. S. Modified oligonucleotides: new structures, new properties, and new spheres of application // *Russ. J. Bioorg. Chem.* – 2021. – Vol. 47, №. 2. – P. 172–182. – DOI: 10.1134/S1068162021020175.
4. Petiti J., Caria S., Revel L., Pegoraro M., Divieto C. Standardized protocol for resazurin-based viability assays on A549 cell line for improving cytotoxicity data reliability // *Cells.* – 2024. – Vol. 13, №. 23. – Art. 1959. – DOI: 10.3390/cells13231959.
5. Engelberg S., Modrejewski J., Walter J.G., Livney Y.D., Assaraf Y.G. Cancer cell-selective, clathrin-mediated endocytosis of aptamer-decorated nanoparticles // *Oncotarget.* – 2018. – Vol. 9, №. 30. – P. 20993–21006. – DOI: 10.18632/oncotarget.24772.
6. Cooper J.R., Abdullatif M.B., Burnett E.C., Kempself K.E., Conforti F., Tolley H., Collins J.E., Davies D.E. Long term culture of the A549 cancer cell line promotes multilamellar body formation and differentiation towards an alveolar type II pneumocyte phenotype // *PLoS One.* – 2016. – Vol. 11, №. 10. – Art. e0164438. – DOI: 10.1371/journal.pone.0164438.
7. Kupryushkin M. S., Zharkov T. D., Ilina E. S. et al. Triazinylamidophosphate oligonucleotides: synthesis and study of their interaction with cells and DNA-binding proteins // *Rus. J. of Bioorg. Chem.* – 2021. – Vol. 47, №. 3. – P. 719–733. – DOI: 10.1134/S1068162021030110.

© Нилов И.Д.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

RESEARCH AND DEVELOPMENT - 2025

Сборник статей

III Международной научно-практической конференции,
состоявшейся 9 октября 2025 г. в г. Петрозаводске.

Ответственные редакторы:

Ивановская И.И., Кузьмина Л.А.

Подписано в печать 10.10.2025.

Формат 60х84 1/16. Усл. печ. л. 10.87.

МЦНП «НОВАЯ НАУКА»

185002, г. Петрозаводск,

ул. С. Ковалевской, д.16Б, помещ.35

office@sciencen.org

www.sciencen.org



НОВАЯ НАУКА

Международный центр
научного партнерства



NEW SCIENCE

International Center
for Scientific Partnership

МЦНП «НОВАЯ НАУКА» - член Международной ассоциации издателей научной литературы
«Publishers International Linking Association»

ПРИГЛАШАЕМ К ПУБЛИКАЦИИ

- 1. в сборниках статей Международных
и Всероссийских научно-практических конференций**

<https://www.sciencen.org/konferencii/grafik-konferencij/>



- 2. в сборниках статей Международных
и Всероссийских научно-исследовательских,
профессионально-исследовательских конкурсов**

<https://www.sciencen.org/novaja-nauka-konkursy/grafik-konkursov/>



- 3. в составе коллективных монографий**

<https://www.sciencen.org/novaja-nauka-monografii/grafik-monografij/>



<https://sciencen.org/>