

ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ЗДРАВООХРАНЕНИЯ «НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ КЛИНИЧЕСКИЙ  
ЦЕНТР ДИАГНОСТИКИ И ТЕЛЕМЕДИЦИНСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ  
ДЕПАРТАМЕНТА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ ГОРОДА МОСКВЫ»

---

*На правах рукописи*

КУДРЯВЦЕВ  
НИКИТА ДМИТРИЕВИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
ВРАЧЕЙ-РЕНТГЕНОЛОГОВ В УСЛОВИЯХ ОРГАНИЗАЦИИ  
ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ПРОЦЕССА ОПИСАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ  
ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

3.2.3. Общественное здоровье, организация и социология здравоохранения,  
медико-социальная экспертиза

Диссертация на соискание учёной степени  
кандидата медицинских наук

**Научный руководитель:**  
доктор медицинских наук  
А.В. Владзимирский

МОСКВА 2024

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ОГЛАВЛЕНИЕ .....	2
ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1 НОВЫЕ ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РЕНТГЕНОВСКИХ ОТДЕЛЕНИЙ И ЦЕНТРОВ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ) .....	17
1.1 Современное состояние и перспективы развития организационных технологий в деятельности рентгеновских отделений и центров лучевой диагностики .....	17
1.2 Цифровые технологии в организации деятельности рентгеновских отделений и центров лучевой диагностики.....	20
1.3 Организационная технология с применением систем распознавания речи для заполнения медицинской документации .....	26
ГЛАВА 2 МЕТОДИКА И БАЗА ИССЛЕДОВАНИЯ.....	35
ГЛАВА 3. НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ НОВОЙ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОПИСАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	44
3.1 Показатели обеспеченности диагностическим оборудованием и показатели деятельности рентгеновских отделений медицинских организаций, оказывающих помощь в амбулаторных и стационарных условиях за 2016-2022 гг. 45	
3.2 Показатели обеспеченности врачами-рентгенологами и показатели их деятельности в медицинских организациях, оказывающих помощь в амбулаторных и стационарных условиях за 2016-2022 гг.....	53
3.3 Содержание и виды деятельности врачей-рентгенологов по результатам хронометражного исследования .....	60

3.4	Определение скорости заполнения протоколов рентгенологических исследований .....	71
ГЛАВА 4. РАЗРАБОТКА ОРГАНИЗАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ АДАПТИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ ДЛЯ ОПИСАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....		
		79
4.1	Методология адаптации и тестирования системы распознавания речи для заполнения протоколов рентгенологических исследований .....	79
4.2	Организация автоматизированного рабочего места врача-рентгенолога с учётом применения адаптированной системы распознавания речи.....	89
4.3	Организация учебно-методического процесса для освоения навыков применения адаптированной системы распознавания речи врачами-рентгенологами.....	95
4.4	Разработка требований к системе мониторинга применения адаптированной системы распознавания речи и пилотное тестирование системы в рентгеновском отделении .....	98
ГЛАВА 5. ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗРАБОТАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ В УСЛОВИЯХ ОРГАНИЗАЦИИ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ПРОЦЕССА ОПИСАНИЯ РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....		
		108
5.1	Влияние разработанной технологии с применением адаптированной системы распознавания речи на длительность описания результатов рентгенологических исследований .....	109
5.2	Изучение мнения врачей-рентгенологов о внедрении разработанной организационной технологии в профессиональную деятельность.....	124
5.3	Влияние индивидуально-психологических характеристик врача на приверженность к применению системы распознавания речи .....	134

5.4 Результаты внедрения организационной технологии с применением адаптированной системы распознавания речи при подготовке протоколов (заключений) рентгенологических исследований .....	139
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	142
ВЫВОДЫ.....	151
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	153
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	154
СПИСОК ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	155
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 .....	170
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 .....	171
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 .....	172
ПРИЛОЖЕНИЕ 4 .....	175

## ВВЕДЕНИЕ

### Актуальность исследования

В условиях постоянно увеличивающейся доступности рентгенологических исследований, в том числе высокотехнологичных методов визуализации, таких как компьютерная и магнитно-резонансная томография, и сохраняющегося кадрового дефицита и дисбаланса особую актуальность приобретает проблема оптимизации рабочего процесса врачей-рентгенологов с целью повышения эффективности их деятельности и обеспечения высокого качества диагностики [12, 20, 37, 48, 53, 76].

Анализ рабочей нагрузки медицинских специалистов свидетельствует о том, что она обусловлена не только объемом оказываемых услуг, но и существенными временными затратами на работу с медицинской документацией (от 37% до 72% рабочего времени), что негативно сказывается на эффективности их основной деятельности [2, 3, 35, 38, 52, 96]. Данная проблема актуальна и для врачей-рентгенологов [62, 106].

Важным аспектом оптимизации рабочего процесса врачей-рентгенологов является внедрение современных цифровых технологий [23]. В частности, системы распознавания речи имеют высокий потенциал по сокращению времени оформления медицинской документации, однако их эффективность требует дополнительного изучения.

В ответ на сохраняющийся кадровый дефицит и дисбаланс в здравоохранении была предложена концепция референс-центра, предлагающая новый подход к организации описания рентгенологических исследований [1, 21, 26]. Данная концепция направлена на повышение эффективности использования кадровых ресурсов и оптимизацию рабочих процессов за счёт их централизации. Как отмечают Ю.А. Васильев и соавт. [37], централизация описания рентгенологических исследований позволила улучшить качество работы медицинских работников и ускорить интерпретацию исследований.

Кроме того, в контексте централизации процесса описания рентгенологических исследований возникает необходимость в разработке и оценке новых организационных подходов, учитывающих специфику работы референс-центров и направленных на повышение эффективности использования кадровых ресурсов [60, 93].

В связи с этим, одной из важных задач для обеспечения высокого качества оказания медицинской помощи в условиях повышающегося спроса на диагностические исследования, является оптимизация рабочих процессов врачей-рентгенологов, в том числе, сокращение длительности работы с медицинской документацией за счёт применения цифровых технологий [10, 42].

### **Степень разработанности темы исследования**

Вопросам организации работы врачей-рентгенологов с применением информационных технологий посвящено достаточное количество работ, однако подавляющее большинство из них направлены на оптимизацию процесса интерпретации изображений, а не на работу с медицинской документацией [9, 22, 56]. Единичные отечественные работы посвящены вопросам подготовки протоколов рентгенологических исследований и влиянию информационных технологий на длительность заполнения медицинской документации [4, 43].

В отечественной литературе практически не изучена роль систем распознавания речи в заполнении медицинской документации [29, 51]. Не определена методология адаптации и внедрения подобных технологий в деятельность рентгеновских отделений. Не изучено влияние адаптированных систем распознавания речи на скорость подготовки протоколов рентгенологических исследований и отношение врачей-рентгенологов к подобным технологиям.

В свою очередь, вопросам применения систем распознавания речи посвящено достаточное количество зарубежных работ, что, в первую очередь, связано с разными историческими подходами к формированию протоколов

рентгенологических исследований, сложившимися в отечественной и зарубежных системах здравоохранения [87, 115, 116].

Таким образом, исследования по разработке и научному обоснованию внедрения организационных технологий с применением адаптированной системы распознавания речи, направленных на повышения результативности деятельности врачей-рентгенологов в условиях централизации процесса описания результатов диагностических исследований, до настоящего времени не проводились. Данные обстоятельства обуславливают высокий уровень актуальности настоящего исследования и определяют его цель и задачи.

### **Цель исследования**

Научное обоснование организационной технологии повышения результативности деятельности врачей-рентгенологов в условиях централизации процесса описания результатов диагностических исследований.

### **Задачи исследования**

1. Провести анализ структуры рентгенологических исследований и показателей деятельности рентгеновских отделений медицинских организаций, оказывающих помощь в амбулаторных и стационарных условиях за 2016-2022 гг.

2. Провести анализ обеспеченности врачами-рентгенологами и показателей их деятельности в рентгеновских отделениях медицинских организациях, оказывающих помощь в амбулаторных и стационарных условиях за 2016-2022 гг.

3. Исследовать содержание и виды деятельности врачей-рентгенологов в медицинских организациях, оказывающих помощь в амбулаторных и стационарных условиях.

4. Разработать организационную технологию повышения результативности деятельности врачей-рентгенологов с использованием адаптированной системы распознавания речи для описания результатов

диагностических исследований и изучить отношение врачей-рентгенологов к ее внедрению.

5. Оценить результативность разработанной организационной технологии с использованием адаптированной системы распознавания речи в условиях организации централизованного процесса описания рентгенологических исследований.

### **Научная новизна исследования**

Выявлена трансформация структуры рентгенологических исследований за счет сокращения общего количества исследований при значительном увеличении высокотехнологичных методов визуализации, таких как компьютерная и магнитно-резонансная томография, что сопровождается повышением нагрузки на врачей-рентгенологов и указывает на качественные изменения в деятельности рентгеновских отделений

Установлены особенности использования ресурсов рентгеновских отделений, выражающиеся в значительном повышении эффективности эксплуатации КТ и МРТ-аппаратов при одновременном незначительном изменении их количества.

Проведен анализ структуры рабочего времени врачей-рентгенологов, в результате которого, было выявлено преобладание затрат времени на работу с медицинской документацией в рабочем процессе.

Получены новые данные о возможностях совершенствования процессов работы с медицинской документацией за счет внедрения адаптированной системы распознавания речи для подготовки протоколов рентгенологических исследований.

Разработан тезаурус рентгенологических терминов, проведена адаптация системы распознавания речи, благодаря чему точность распознавания специализированной рентгенологической лексики повышена до 98%.

Выявлено преимущественно положительное отношение врачей-рентгенологов к внедрению адаптированной системы распознавания речи.

Определено влияние индивидуально-психологических черт врачей-рентгенологов на вовлеченность в использование инновационных технологий в здравоохранении.

Определено, что разработанная организационная технология с применением адаптированной системы распознавания речи позволяет сократить длительность заполнения протоколов рентгенологическим исследованиям на 29,5% ( $p < 0,0001$ ) и оптимизировать процесс работы с медицинской документацией.

### **Теоретическая и практическая значимость**

На основе анализа основных показателей деятельности рентгеновских отделений в медицинских организациях Департамента здравоохранения города Москвы, расчёта рабочей нагрузки врачей-рентгенологов и хронометража рабочих процессов врачей-рентгенологов обоснована необходимость совершенствования процесса подготовки протоколов рентгенологических исследований.

Предложены поправочные коэффициенты для расчёта рабочей нагрузки врачей-рентгенологов, основанные на длительности подготовки протоколов рентгенологических исследований разных типов.

Определены требования к системам распознавания речи, обеспечивающие высокое качество распознавания специализированной медицинской лексики.

Определены ключевые типы электронных медицинских документов для использования с адаптированной системой распознавания речи.

На примере рентгенологической лексики и терминологии описана методология адаптации систем распознавания речи для применения в узкоспециализированных областях медицины.

Сформулированы предложения по адаптации системы распознавания речи для внедрения в других медицинских специальностях.

Разработано приложение для ЭВМ для автоматизированного статистического анализа медицинских хронометражных данных.

Разработан информационный и учебно-методический комплекс для внедрения адаптированной системы распознавания речи в рентгеновских отделениях.

Сформированы предложения по совершенствованию процесса подготовки протоколов рентгенологических исследований и повышению результативности врачей-рентгенологов путём внедрения и применения адаптированных систем распознавания речи.

Представлены методические рекомендации для руководителей рентгеновских отделений по оснащению автоматизированных рабочих мест врачей-рентгенологов с учётом применения адаптированной системы распознавания речи для подготовки протоколов диагностических исследований.

Обосновано использование результатов исследования в деятельности рентгеновских отделений для подготовки протоколов рентгенологических исследований.

### **Методология и методы исследования**

Теоретической основой исследования послужили труды отечественных и зарубежных авторов, нормативные правовые акты Российской Федерации. Применена методология комплексного медико-социологического исследования. В работе использованы социологический, аналитический, статистический методы, хронометражное исследование, метод организационного моделирования и организационного эксперимента.

**Область исследования:** профессиональная деятельность врачей-рентгенологов в условиях растущего спроса на томографические исследования, оптимизации загрузки диагностического оборудования и внедрения цифровых технологий в лучевую диагностику, а также процесс адаптации и внедрения системы распознавания речи для повышения эффективности работы специалистов.

**Объект исследования:** организация работы рентгеновских отделений и центров лучевой диагностики и рабочего процесса врачей-рентгенологов в условиях современных технологических и организационных изменений.

**Предмет исследования:** факторы, влияющие на эффективность профессиональной деятельности врачей-рентгенологов, включая рабочую нагрузку, процесс подготовки медицинской документации и использование инновационных технологий в диагностической практике.

### **Основные положения, выносимые на защиту**

1. Изменение структуры приводимых рентгенологических исследований, связанное с уменьшением общего количества рентгенологических исследований с одновременным ростом количества сложных томографических исследований, и увеличением рабочей нагрузки на фоне низкой обеспеченности и укомплектованности врачами-рентгенологами обуславливает необходимость усовершенствования организационных процессов в рентгеновских отделениях и трудовой деятельности врачей-рентгенологов.

2. Изучение структуры затрат рабочего времени врачей-рентгенологов позволяет выявить преобладание временных затрат на работу с медицинской документацией, что является основой для разработки организационной технологии, повышающей эффективность профессиональной деятельности врачей-рентгенологов.

3. Внедрение адаптированной системы распознавания речи в рабочий процесс врачей-рентгенологов позволит существенно сократить время, затрачиваемое на подготовку медицинской документации, и увеличить долю рабочего времени, отводимого на непосредственную диагностическую деятельность.

## **Этические аспекты**

Составленная для исследования база данных не содержала личных или иных данных, позволяющих персонифицировать отдельные случаи наблюдений. На проведение исследования получено разрешение Независимого этического комитета Московского регионального отделения Российского общества рентгенологов и радиологов (НЭК МРО РОРР) (протокол № 07/2022 от 22.09.2022 г.).

## **Связь работы с научными программами**

Научное исследование выполнялось в рамках реализации научной темы НИР «Медико-экономическое обоснование ценностно-ориентированного подхода в организации деятельности подразделений службы лучевой диагностики» (№ ЕГИСУ: АААА-А21-121012290080-8) и НИР «Научно-методические основы цифровой трансформации службы лучевой диагностики» (№ ЕГИСУ: № 123031400118-0).

## **Соответствие диссертации паспорту научной специальности**

Научные положения диссертационного исследования соответствуют пунктам 14 и 18 паспорта научной специальности 3.2.3. Общественное здоровье, организация и социология здравоохранения, медико-социальная экспертиза (медицинские науки).

## **Степень достоверности результатов исследования**

Достоверность результатов исследования, выводов, практических рекомендаций и положений, выносимых на защиту, основывается на достаточном по репрезентативности материале, использовании современных методов исследования. Достоверность результатов исследования также подтверждается применением современных корректных методов обработки и анализа материала с использованием современного статистического инструментария, их оценкой и интерпретацией. Репрезентативность выборочной совокупности обеспечивалась расчетом необходимого количества единиц наблюдения.

Обработка данных и проводилась с помощью языка программирования R в среде RStudio (Version 1.2.5042, RStudio, Inc.). Описательная статистика, тестирование статистических гипотез и линейное моделирование осуществлялись при помощи базового набора функций языка программирования R.

Для автоматизации процесса статистического анализа хронометражных данных была разработана программа для ЭВМ «CHRONO-ANALYTICS FOR R v1» (RU 2023662432 от 07.06.2023 года).

### **Апробация результатов исследования**

Основные положения и результаты диссертационного исследования были автором самостоятельно опубликованы в научных статьях и представлены в докладах на научных конференциях.

Результаты диссертационного исследования обсуждены на Внеочередном XII Съезде онкологов и радиологов стран СНГ и Евразии им. Н.Н. Трапезникова (Москва, 9 апреля 2021 года), на XV Всероссийском национальном конгрессе лучевых диагностов и терапевтов «Радиология – 2021» (Москва, 26 мая 2021 года), на VI Форуме «Онлайн-диагностика 3.0» (Москва, 15 апреля 2022 года), на Открытой конференции молодых ученых ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ» (Москва, 27 апреля 2022 года), на VI Международном форуме онкологии и радиотерапии «РАДИ ЖИЗНИ — FOR LIFE» (Москва, 11 сентября 2023 года), на конгрессе «Информационные технологии в медицине» (Москва, 13 октября 2023 года), на научно-практической конференции «Цифровая диагностика. Итоги 2023» (Москва, 15 декабря 2023 года), на межрегиональной научно-практической конференции «Организация здравоохранения и общественное здоровье: наука и практика» (Пенза, 24 апреля 2024 года). Апробация диссертации состоялась на заседании учёного совета ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ» (совместно с заседанием кафедры лучевой диагностики с курсом клинической радиологии ФГБУ «Национальный медико-хирургический центр им. Н.И. Пирогова»

Министерства здравоохранения Российской Федерации) (протокол № 9 /2023 от 25 октября 2023 г.).

За результаты научно-практической работы, являющимися основой диссертационного исследования, автору была присуждена премия Правительства РФ в области науки и техники для молодых учёных за 2022 год (распоряжение Правительства РФ от 26 октября 2022 г. № 3178-р).

### **Внедрение в практику**

Результаты диссертационного исследования внедрены в работу отделения лучевой диагностики ГБУЗ «ГП № 220 ДЗМ» (акт внедрения от 17.06.2023 г.) и Московского референс-центра лучевой диагностики, организованного на базе ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ» (акт внедрения от 26.06.2023 г.).

Результаты диссертационного исследования и разработанные учебно-методические материалы внедрены и используются в учебно-методический процесс учебного центра Государственного бюджетного учреждения здравоохранения города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы» (акт внедрения от 26.06.2023 г.).

Результаты исследования внедрены в учебный процесс кафедры информационных и интернет-технологий института цифровой медицины ФГАОУ ВО первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) при обучении студентов 4 и 5 курсов Центра инновационных образовательных программ и включены в программу «Применение информационных технологий в медицине» (акт внедрения от 18.05.2023 г.).

Разработанная организационная технология и адаптированная система распознавания речи внедрены в практическую деятельность медицинских организаций Департамента здравоохранения города Москвы, оказывающих первичную медико-санитарную помощь и специализированную, в том числе высокотехнологичную, медицинскую помощь.

## **Личный вклад автора**

Автор самостоятельно определил актуальность исследования, сформулировал его тему, цель и задачи, разработал дизайн исследования и перечень необходимых методов для достижения поставленной цели. Автором самостоятельно проанализирована отечественная и зарубежная литература по изучаемой проблеме, разработаны анкеты для врачей-рентгенологов, тезаурус рентгенологических терминов для подготовки заключений КТ-исследований, организовано анкетирование врачей-рентгенологов. Автор систематизировал и обобщил полученные результаты, провел их статистическую обработку, сформулировал выводы и предложения для внедрения в практику. Автор диссертационного исследования принимал непосредственное участие в адаптации системы распознавания речи, в разработке рекомендаций по организации АРМ врачей-рентгенологов с учётом оснащения адаптированной системы распознавания речи, в разработке методологии применения адаптированной системы распознавания речи в рентгеновских отделениях медицинских организаций ДЗМ, в разработке анкет для проведения опросов врачей-рентгенологов, проведении хронометражных исследований (доля участия 85%).

Автор принял активное участие в организации и проведении обучения врачей-рентгенологов, необходимом для внедрения адаптированной системы распознавания речи в рентгеновских отделениях медицинских организаций Департамента здравоохранения города Москвы (доля участия 95%).

## **Публикации**

По теме диссертации опубликовано 8 научных работ, в том числе 4 статьи в изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, 1 работа в изданиях, индексируемых в наукометрической базе данных SCOPUS в области медицины, получены 2 свидетельства о государственной регистрации результатов интеллектуальной деятельности.

## **Структура и объем диссертации**

Диссертационная работа изложена на 176 страницах машинописного текста и состоит из введения, обзора литературы, описания материала и методов исследования, трех глав результатов собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка использованной литературы, приложений. Работа иллюстрирована 31 таблицей и 34 рисунками. Указатель литературы включает 129 библиографических источников, в том числе 56 отечественных и 73 иностранных публикации.

## ГЛАВА 1

# НОВЫЕ ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РЕНТГЕНОВСКИХ ОТДЕЛЕНИЙ И ЦЕНТРОВ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

### 1.1 Современное состояние и перспективы развития организационных технологий в деятельности рентгеновских отделений и центров лучевой диагностики

Лучевая диагностика – это медицинская специальность, в которой с помощью различных методик визуализации проводят неинвазивное изучение состояния внутренних органов человека. Разнообразие типов рентгенологической визуализации таких, как рентгенография (РГ), компьютерная томография (КТ), магнитно-резонансная томография (МРТ), ультразвуковая диагностика (УЗИ), позитрон-эмиссионная томография (ПЭТ) и однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ), сделали лучевую диагностику важнейшей клинической дисциплиной [20, 25, 45, 48]. При этом лучевая диагностика является быстроразвивающейся и самой технологичной медицинской специальностью. Это было достигнуто благодаря широкомасштабной цифровизации рабочих процессов [70].

Правила организации отделений лучевой диагностики в отечественной системе здравоохранения регламентируется рядом федеральных и региональных приказов [33], методические рекомендациями и т.п. Издание Приказ Министерства здравоохранения РФ от 9 июня 2020 г. № 560н "Об утверждении Правил проведения рентгенологических исследований" [33] открыло дополнительные возможности для дальнейшего развития и внедрения новых технологий в организацию деятельности отделений лучевой диагностики.

На сегодняшний день методы лучевой диагностики являются основными диагностическим инструментами при многих заболеваниях и играют важную роль в мониторинге терапии и прогнозировании исхода заболеваний [85, 101, 109, 124]. Они занимают особое место при ранней

диагностике рака лёгкого и рака молочной железы [21, 28]. Рак лёгкого – наиболее часто встречающаяся злокачественная опухоль и наиболее распространенная причина смерти от онкологической патологии в мире и в РФ [24, 66]. Исследования последних лет продемонстрировали эффективность низкодозной компьютерной томографии в скрининге и раннем выявлении рака лёгкого. Реализация государственных программ скрининга позволила снизить смертность от рака лёгкого на 39-51% [28, 40, 105]. Рак молочной железы (РМЖ) – является самым частым онкологическим заболеванием у женщин в РФ [8, 120, 127]. Программы маммографического скрининга позволяют увеличить долю выявления ранних форм РМЖ (0–I стадии) до 80,0-95,0%, что способствует большему применению органосохраняющих методов лечения и снижению смертности от РМЖ на 25,0-30,0% [18, 44].

Ведущую роль КТ сыграла во время пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19. Применение КТ на амбулаторном этапе позволило эффективно принимать решения о маршрутизации пациентов в медицинские учреждения, оказывающие стационарную и специализированную медицинскую помощь. На госпитальном этапе КТ применяли для дифференциальной диагностики с другими заболеваниями, для оценки тяжести развития новой коронавирусной инфекции COVID-19 и оценке эффективности проводимой терапии [34].

Методы лучевой диагностики, в частности денситометрия, играют ключевую роль в диагностике остеопороза [50]. Ранняя диагностика рентгенологических признаков остеопороза позволяет своевременно начать медикаментозное лечение, что снизит риск возникновения патологических переломов тел позвонков, бедренной кости и других локализаций [110, 122].

МРТ является методом выбора для визуализации заболеваний центральной нервной системы, особенно для образований головного мозга. Ее основными задачами являются первичная постановка диагноза, динамическое наблюдение, планирование лечения и оценка результата лечения. МРТ позволяет визуализировать структурные изменения головного мозга,

исследовать сосудистую анатомию, изучить метаболические процессы протекающие в головном мозге и патологических процессах [98]. Однако, широкая доступность МРТ в крупных мегаполисах ставит перед организаторами здравоохранения важную задачу по стандартизации методик проведения диагностических исследований [99].

Разнообразие методов визуализации обеспечили рентгенологии ведущую роль в диагностике различных заболеваний как в РФ, так и в мире.

Учитывая высокую востребованность рентгенологических методов диагностики, на сегодняшний день ключевыми вопросами при организации работы рентгеновских отделений являются: качество, доступность и своевременность проведения и описания рентгенологических исследований. Был проведён анализ работы рентгенологических отделений в субъектах РФ, в результате которого было продемонстрировано, что доступность рентгенологических исследований, в зависимости от субъекта, отличается [55]. В связи с этим необходимо проведение мероприятий, направленных на оптимизацию организации работы отделений лучевой диагностики. Одним из основных факторов, влияющих на низкую эффективность работы диагностических отделений, является кадровый дефицит, в первую очередь, врачей-рентгенологов [54].

Современные тенденции развития лучевой диагностики направлены на внедрение цифровых решений и инновационных технологий, позволяющих оптимизировать использование материальных и кадровых ресурсов, повышения качества и доступности лучевых диагностических исследований для всех слоёв общества.

В последние годы особой популярностью пользуется решения, основанные на алгоритмах искусственного интеллекта. Применение машинного обучения для обучения алгоритмов для автоматического анализа рентгенологических изображений является все более активной областью исследований, которая, как ожидается, будет развиваться в ближайшие пятьдесят лет. Последние достижения в области машинного обучения позволяют

распознавать и классифицировать сложные закономерности и рентгенологические паттерны на цифровых диагностических изображениях. Многие современные решения, основанные на алгоритмах искусственного интеллекта, продемонстрировали эффективность, сопоставимую с эффективностью принятия решений человеком [11, 63, 77, 129].

## **1.2 Цифровые технологии в организации деятельности рентгеновских отделений и центров лучевой диагностики**

Лучевая диагностика занимает лидирующие позиции по использованию цифровых и информационных технологий в своей практике. В первую очередь это связано с применением большого количества компьютерных технологий в организации работы отделений лучевой диагностики [19, 20].

Активное развитие информационных технологий в лучевой диагностике началось с появления КТ и МРТ-аппаратов, из-за чего возникла потребность в разработке решений для хранения цифровых медицинских изображений, их компьютерной обработке, отображению и передаче. В настоящее время развитие происходит не только в области медицинской визуализации, но и в анализе больших данных, облачных вычислений. В связи с широкомасштабным внедрением информационных технологий увеличилось и количество генерируемых данных, которые необходимо анализировать и изучать. С этой целью внедряются автоматизированные решения на основе алгоритмов искусственного интеллекта [64]. Также актуальными направлениями развития лучевой диагностики являются: радиомика и радиогеномика, системы поддержки принятия врачебных решений (СППВР), алгоритмы компьютерного зрения [7].

В 1990-х годах повышение доступности КТ и МРТ-исследований привело к избытку объёма цифровых медицинских изображений. Возникла потребность в разработке стандарта хранения и передачи цифровых рентгенологических изображений. Изначально архивирование данных осуществлялось на ленточных накопителях и магнитооптических дисках. Но хранение медицинских изображений на цифровых носителях оказалось

дорогостоящим, к тому же требовало дополнительных экономических издержек для обучения и содержания персонала, занимающегося исключительно обеспечением функционирования архива цифровых медицинских изображений [95]. Разные производители разрабатывали собственные системы и физические носители для хранения данных, что приводило к трудностям в коммуникации между медицинскими учреждениями, использующими несовместимое оборудование.

В 1993 году Национальная ассоциация производителей электрооборудования (NEMA) и Американский колледж Радиологов (ACR) представили стандарт DICOM (англ. Digital Imaging and Communications in Medicine). Его задача – обеспечить совместимость систем, используемых для создания, хранения, передачи, отображения, обработки, получения и печати медицинских изображений.

В результате проведения рентгенологических исследований генерируются медицинские изображения в формате DICOM. В зависимости от типа исследования генерируются разное количество изображений, например, КТ-исследование содержит в среднем 800 изображений, МРТ – 500, маммография – 4, цифровая рентгенография – 2. Помимо самих изображений, формат DICOM позволяет хранить метаданные об исследовании: дата и время проведения исследования, тип исследования, наименование медицинского учреждения, персональные данные пациента и др.

В настоящее время DICOM является общепризнанным международным стандартом, который применяется в лучевой и ультразвуковой диагностике, эндоскопии, морфологии, стоматологии.

Также ключевым моментом в развитии и цифровизации лучевой диагностики стала разработка в 1980-х годах PACS-системы для хранения и передачи цифровых медицинских изображений. Она представляет собой комплекс аппаратно-программных средств (компьютерные сети, серверы, автоматизированные рабочие места врачей, программное обеспечение) предназначенных для организация хранения цифровых медицинских

изображений, их передачей как внутри одного, так и между разными медицинскими учреждениями [59]. Внедрение PACS-систем значительно сократило длительность получения диагностических изображений радиологом и в целом повысило эффективность передачи информации внутри отделения лучевой диагностики. Использование цифровых изображений в отличие от аналоговых изображений на пленке существенно упрощает интерпретацию данных медицинских исследований, в частности, при сопоставлении КТ и МРТ-исследований в динамике. Цифровой формат данных способствует повышению точности описания патологических изменений [108].

Параллельно с разработкой и внедрением PACS стали появляться медицинские и радиологические информационные системы (МИС и РИС). РИС обеспечивали повышение эффективности работы отделения лучевой диагностики за счёт автоматизации хранения и передачи диагностических изображений и протоколов рентгенологических исследований, объединение автоматизированных рабочих мест врачей-рентгенологов в единую информационную систему, позволяющее получить быстрый доступ к лучевым исследованиям с разных диагностических устройств рабочих мест [19].

Интеграция PACS систем с МИС имеет ряд преимуществ. Не требуется вручную вводить паспортные и демографические данные пациента. Направление на исследование, созданное лечащим врачом, может быть автоматически загружено на рабочую станцию рентгенлаборанта и в диагностическое устройство. Также интеграция позволяет упростить работу с архивными исследованиями, а протокол рентгенологического исследования, может автоматически загружаться в ЭМК пациента.

Дальнейшее развитие PACS систем и внедрение широкополостных информационно-коммуникационных сетей и технологий в медицинских учреждениях позволило организовать региональные референс-центры лучевой диагностики [27, 36, 39]. В условиях референс-центра описание рентгенологических исследований проводится удалённо и централизованно,

что обеспечивает оптимальное использование кадровых ресурсов и бесперебойность подготовки заключений [39].

Современные рабочие станции врачей-рентгенологов имеют множество инструментов для работы с цифровыми диагностическими изображениями. К базовым инструментам относятся: панорамирование, масштабирование, изменение параметров яркости и контрастного изображения, мультипланарная реконструкция, линейка, транспортёр и окружность. Продвинутое инструменты, такие как криволинейная и 3D реконструкции, построение кривых накопления и гистограмм, измерение объёма, позволяет получить дополнительную клинически важную информацию.

Современный этап развития цифровых технологий открывает возможности для разработки инновационных программных продуктов, использующих алгоритмы искусственного интеллекта и машинного обучения. Целью данных разработок является автоматизация рутинных задач врача-рентгенолога. Автоматизация в сфере лучевой диагностики может применяться для решения следующих задач: обеспечение контроля качества проведенных исследований, приоритизация результатов, выявление диагностических признаков патологических процессов, поддержка принятия решений в процессе дифференциальной диагностики, морфометрия, проведение сравнительного анализа исследований в динамике, формирование проектов описаний результатов исследований, а также голосовое заполнение медицинской документации [22, 47]. Особую актуальность задачи по автоматизации рабочих процессов получили в условиях повышенной нагрузки во время пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19 [11].

Отечественная компания IRA LABS в 2020 году представила комплексное решение для анализа КТ исследований органов грудной клетки, позволяющее в автоматическом режиме провести измерение объёма поражения паренхимы лёгких при COVID-19, поиск компрессионных переломы тел позвонков, волнометрию эпикардальной жировой ткани (ЭЖТ), измерение диаметром восходящей аорты и лёгочного ствола и определение

индекса коронарного кальция. Результаты исследований показали, что применение автоматизированных алгоритмов позволило снизить рабочую нагрузку на врачей-рентгенологов во время пандемии COVID-19 без ущерба точности диагностики [74]. Волюметрия ЭЖТ, проведённая с помощью алгоритма машинного обучения, позволила провести количественную оценку в 30 раз быстрее, чем врач-рентгенолог [79].

Применение алгоритма ИИ позволяет сократить длительность проведения двойного описания профилактических исследований примерно в 10 раз, с 30 до 3,5 часов [77]. Применение двойного чтения маммографических исследований в скрининге рака молочной железы повышает точность выявления злокачественных образований [118]. Актуальный Приказ Министерства здравоохранения РФ от 9 июня 2020 г. № 560н «Об утверждении Правил проведения рентгенологических исследований» [33] определяет правила организации деятельности дистанционного консультативного центра лучевой диагностики и обязывает проведение двойного просмотра результатов массовых профилактических осмотров (скрининга), в том числе с использованием автоматизированных систем. В начале 2023 года в московской программе государственных гарантий бесплатного оказания медицинской помощи появилась новая услуга – «Описание и интерпретация данных маммографического исследования с использованием искусственного интеллекта», подразумевающая автоматический анализ маммографических изображений с помощью алгоритмов искусственного интеллекта [41].

Таким образом, инновационные технологии, основанные на алгоритмах искусственного интеллекта, уже сейчас вносят значительные изменения как в работу рентгеновских отделений, так и в здравоохранение в целом. В связи с чем остро встаёт вопрос о правовом регулировании применения алгоритмов ИИ в медицине.

Указ Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» [49] заложил

важнейшие терминологические основы правового регулирования ИИ. Так, ИИ определяется как «комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получать при выполнении конкретных задач результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека. Комплекс технологических решений включает в себя информационно-коммуникационную инфраструктуру, программное обеспечение (в том числе, в котором используются методы машинного обучения), процессы и сервисы по обработке данных и поиску решений. При этом под технологиями ИИ понимаются технологии, основанные на использовании ИИ, включая компьютерное зрение при анализе медицинских изображений, обработку естественного языка, распознавание и синтез речи, и систему поддержки принятия врачебных решений. Анализ определений ключевых терминов, представленных в Указе Президента РФ, позволяет заключить, что правовое регулирование ИИ в значительной степени ориентировано на использование и создание результатов интеллектуальной деятельности в процессе эксплуатации технологий ИИ.

Учитывая, что к основным задачам развития искусственного интеллекта Указ Президента относит поддержку научных исследований в целях обеспечения опережающего развития ИИ; разработку и развитие программного обеспечения, в котором используются технологии ИИ; создание комплексной системы регулирования общественных отношений, возникающих в связи с развитием и использованием технологий ИИ, можно заключить, что проблематика правовой охраны соответствующей интеллектуальной собственности будет перманентно сопровождать процессы развития ИИ [16].

Применение ИИ в лучевой диагностике направлено на оптимизацию процессов и повышение качества оказания медицинской помощи [64]. Однако эти цели могут быть достигнуты только в том случае, если практическое

применение ИИ будет базироваться на нормах права и подчиняться соответствующим этическим и технологическим стандартам. Поэтому, в процессе его использования не следует забывать о необходимости соблюдения основополагающих прав человека, таких как право на неприкосновенность частной жизни и защиту данных [69, 83].

### **1.3 Организационная технология с применением систем распознавания речи для заполнения медицинской документации**

Развитие технологии распознавания речи привело к повсеместному внедрению голосового управления в различные сферы жизни, включая бытовую электронику и телефонную связь. Системы распознавания речи преобразуют устную речь пользователя в цифровой формат, что позволяет реализовать взаимодействие с «умными» устройствами посредством голосовых команд.

Помимо управления бытовой техникой, технология распознавания речи активно используется в телефонной связи. Автоответчики с функцией распознавания речи получили широкое распространение в государственных и коммерческих организациях, оптимизируя маршрутизацию звонков.

В качестве примера практического применения технологии распознавания речи в социальной сфере можно привести проект, реализованный в Москве в 2019 году. В рамках данного проекта голосовой помощник использовался для уведомления жителей о записи к врачу, напоминания о диспансерном наблюдении, записи на прием, отмены или переноса консультаций, а также опроса пациентов о наличии жалоб [5].

Таким образом, технология распознавания речи демонстрирует значительный потенциал для автоматизации различных процессов и повышения качества жизни.

Внедрение систем распознавания речи в здравоохранении демонстрирует значительный потенциал для оптимизации рабочего процесса врачей, поскольку значительную часть их времени занимает оформление медицинской документации.

Многочисленные хронометражные исследования подтверждают данное утверждение. Так, врачи-терапевты в условиях амбулаторного приема тратят на заполнение документации до 37% рабочего времени, в то время как детские кардиологи расходуют до 72% времени на взаимодействие с медицинской информационной системой и электронными медицинскими документами. Детские ортопеды, работающие без медицинской сестры, затрачивают на оформление документации 57% времени приема. Аналогичная ситуация наблюдается и в диагностических специальностях: рентгенологи тратят 62% рабочего времени на заполнение протоколов исследований, а врачи ультразвуковой диагностики – 40% [3, 35, 52].

Таким образом, ведение медицинской документации является весьма трудоемким процессом для врачей различных специальностей. Это негативно сказывается на качестве оказания медицинской помощи, особенно в условиях ограниченного времени приема пациента. Системы распознавания речи способны значительно сократить время, затрачиваемое на документооборот, что позволит врачам уделять больше внимания непосредственно пациентам.

Применение технологии распознавания речи в лучевой диагностике открывает перспективы для оптимизации рабочего процесса врача-рентгенолога. Сокращение времени, затрачиваемого на заполнение протоколов исследований, позволит уделять больше внимания анализу диагностических изображений, изучению сопроводительной медицинской документации и, что особенно важно, личному общению с пациентами.

Неслучайно системы голосового ввода получили наибольшее распространение именно в рентгенологических отделениях, поскольку организация рабочего процесса в них оптимальна для внедрения подобных технологий. Эффективность использования систем распознавания речи в лучевой диагностике подтверждается современными зарубежными систематическими обзорами [86, 114]. Высокая востребованность технологии обусловлена необходимостью внесения больших объемов текстовой информации в протоколы рентгенологических исследований.

Немаловажным является и сохранение кадрового дефицита врачей-рентгенологов требует поиска новых решений. Одним из перспективных инструментов для внедрения в медицинскую практику является технология распознавания речи. Она позволяет сократить длительность заполнения электронной медицинской документации. Что особенно актуально для современной системы здравоохранения.

Преимущество автоматизированного голосового ввода текста над клавиатурным заключается в скорости ввода информации. Современное программное обеспечение позволяет распознавать и оцифровывать речь со скоростью 190 слов в минуту, что соответствует разговорному темпу речи человека, скорость же клавиатурного набора в среднем ограничена в пределах 50-80 слов в минуту. Следует отметить, что темп разговорной специализированной речи для русского языка составляет примерно 700-900 символов/мин [17].

Приказ Минздрава №947н от 7 сентября 2020 года «Об утверждении Порядка организации системы документооборота в сфере охраны здоровья в части ведения медицинской документации в форме электронных документов» [32].

История применения технологии распознавания речи в здравоохранении началась еще в 70-80-х годах прошлого века. Первые прототипы систем, способные распознавать медицинскую лексику и терминологию, были описаны уже в 1975 году [90].

Первое упоминание об использовании технологии распознавания речи в лучевой диагностике относится к 1981 году. В израильской больнице Beth Israel Hospital была апробирована система голосового ввода для создания протоколов рентгенологических исследований. Изначально врачи использовали систему CLIP (Coded Language Information Processing) – иерархический стандартизированный язык медицинских терминов, разработанный Simon и Leeming [71]. Структура языка основывалась на кодировании медицинских терминов. Например, код "А" обозначал

"анатомическую область", "А6" – "нижнюю конечность", "А61" – "бедро". Аналогичным образом кодировались и другие анатомические структуры: "В" – "кость", "В6" – "кости нижней конечности", "В61" – "бедренная кость", "В611" – "малый вертел", "В612" – "большой вертел". Комбинируя различные коды с помощью клавиатуры, рентгенолог мог составить протокол исследования любой сложности [72].

Системы распознавания речи того времени характеризовались весьма ограниченным словарём (порядка 200 уникальных медицинских терминов) ввиду малого объема рабочей памяти. Естественно, такого количества терминов было недостаточно для полноценного описания диагностических исследований. Одним из решений данной проблемы стало совмещение технологии распознавания речи с системой CLIP.

В исследовании 1981 года проводилось сравнение скорости и качества создания протоколов радиологических исследований при использовании клавиатурного и голосового ввода. Всего было подготовлено 60 медицинских документов. Результаты показали, что объем протокола не зависел от способа заполнения, что косвенно свидетельствовало о схожей сложности описываемых исследований. При этом длительность заполнения протокола с помощью голосового ввода оказалась в 4 раза больше, чем при использовании клавиатуры. Кроме того, протоколы, заполненные голосом, содержали в среднем 12 ошибок распознавания, в то время как в протоколах, подготовленных с помощью клавиатуры, ошибки отсутствовали [71].

Исследование 1981 года выявило и ряд других ограничений, присущих системам распознавания речи того времени. Так, увеличение времени заполнения медицинского документа было обусловлено необходимостью отдельного произнесения слов, поскольку система не была способна распознавать связную речь. Врачу приходилось делать паузу после каждого слова, а при использовании системы CLIP – после каждого кода. Такой способ голосового ввода был неудобным и неестественным.

Кроме того, система голосового ввода требовала длительной (от 3 до 6 часов) предварительной настройки и адаптации под индивидуальные особенности речи каждого пользователя.

Перечисленные выше ограничения препятствовали широкому внедрению систем распознавания речи в здравоохранении.

В течение следующих 15 лет происходило постепенное совершенствование систем распознавания речи. Объем памяти и словаря значительно выросли (до 19 000 рентгенологических терминов), время предварительной настройки сократилось до нескольких минут, а точность распознавания существенно повысилась.

Однако, несмотря на все эти улучшения, лишь к концу 1990-х годов разработчикам удалось научить системы распознавать связную речь, что избавило пользователей от необходимости делать паузы между словами [125].

В 1995 году на рынке США появились первые системы голосового ввода, способные распознавать слитную английскую речь. Это нововведение позволило врачам диктовать текст в естественном, разговорном темпе, не делая пауз между словами. Однако на тот момент системы слитного ввода уступали системам с отдельным вводом по точности распознавания [125]. Дальнейшее развитие технологии и совершенствование алгоритмов распознавания речи привели к тому, что системы слитного голосового ввода вытеснили системы с отдельным вводом с рынка.

Следует отметить, что в середине 80-х годов в западных странах значительно изменился процесс подготовки протоколов рентгенологических исследований. На помощь врачу пришли медицинские транскрипционисты. Это специально обученные сотрудники, которые не имели медицинского образования, но понимали и умели интерпретировать медицинский язык и лексику. Процесс подготовки рентгенологических протоколов был построен следующим образом: врач-рентгенолог диктовал на диктофон описание диагностического исследования, диктофонная запись расшифровывалась медицинским транскрипционистом и возвращалась врачу в напечатанном

виде. Врач-рентгенолог проверял корректность расшифровки, визировал запись и добавлял протокол рентгенологического исследования в историю болезни пациента. В некоторых случаях протоколы возвращались транскрипционистам для исправления ошибок [73]. Появление медицинских транскрипционистов было связано с увеличением количества рентгенологических исследований и повышением нагрузки на врачей-рентгенологов.

Сравнительный анализ эффективности подготовки протоколов рентгенологических исследований с помощью медицинских транскрипционистов и систем распознавания речи выявил как преимущества, так и недостатки обоих подходов.

Неоспоримым преимуществом медицинских транскрипционистов является их способность улавливать смысл высказывания даже при низком качестве аудиозаписи, исправлять грамматические ошибки и учитывать контекстную информацию о пациенте [128]. Однако дефицит квалифицированных специалистов в этой области зачастую приводил к значительным задержкам в оформлении документации: врач мог получить готовый протокол лишь через 16 часов после диктовки [87].

Системы голосового ввода, в свою очередь, уступая в точности расшифровки речи, позволяют значительно сократить как временные, так и финансовые затраты. Согласно имеющимся данным, внедрение систем распознавания речи способно сократить ежемесячные расходы рентгеновских отделений на 81% [104, 106, 114]. В результате, несмотря на отдельные недостатки, системы распознавания речи постепенно вытеснили медицинских транскрипционистов из рентгеновских отделений [128].

В настоящее время системы распознавание речи прочно вошли в клиническую практику в зарубежных странах, а уровень их внедрения в рентгеновских отделениях достигает 85% [112]. Доля рынка, занимаема системами распознавания речи для нужд здравоохранения, составляет около 25% от общемирового [100].

Зарубежные исследования, сравнивавшие голосовой и клавиатурный методы заполнения англоязычной медицинской документации, продемонстрировали ряд преимуществ использования технологии распознавания речи. Анализ скорости ввода, объема протоколов и уровня удовлетворенности врачей показал, что голосовой ввод позволяет увеличить скорость заполнения документации на 26% и объем протоколов.

Более того, внедрение технологии способствует оптимизации рабочего процесса за счет сокращения времени, необходимого для подготовки медицинской документации, и повышения качества протоколов. В результате наблюдается повышение удовлетворенности врачей условиями работы с документацией [62, 106].

Так, в рентгеновских отделениях внедрение технологии позволило сократить время подготовки протоколов исследований с 16 до 5 часов [87]. Аналогичные результаты были получены в эндокринологии и психиатрии, где использование систем распознавания речи способствовало повышению эффективности и производительности труда врачей [113]. В хирургии применение данной технологии позволило сократить время подготовки протоколов операций с 4 до 3 дней, а количество подготовленных протоколов в течение одного дня возросло с 22% до 37% [111].

Несмотря на то, что современные рентгенологические протоколы имеют стандартизированную структуру: подзаголовки с паспортной частью пациента, поля описание, заключение и рекомендации, врачи-рентгенологи всё так же в форме свободного письма описывают результаты рентгенологических исследований. В зарубежных и российской программах ординатуры по рентгенологии отсутствуют семинары по «правильному» оформлению протоколов исследований [42, 123, 126]. Рентгенологи вынуждены вырабатывать свой собственный стиль описания исследования, перенимая и адаптируя фразы и формулировки из протоколов других рентгенологов, учебников, мастер-классов и вебинаров. Такой подход приводит к большой вариабельности, зачастую одно и тоже патологическое

состояние может быть описано разными стилями и медицинскими терминами даже рентгенологами одного медицинского учреждения [42].

До сих пор ведётся дискуссия о том каким должен быть «правильный» рентгенологический протокол [68, 84]. Некоторые авторы считают, что протоколы должны содержать полные предложения с богатым словарным запасом, другие же – склоняются к коротким и тезисным фразам, описывающих только патологическое состояние [126]. В ряде работ было показано, что объёмные протоколы, с длинными предложениями и подробным описанием находок, хуже интерпретируются клиницистами, нежели протоколы, содержащие короткие, тезисные утверждения [84, 107]. Отсутствие единого стандарта описания рентгенологических исследований повышает риск возникновения недопонимания между рентгенологами и клиницистами и клинических ошибок [67].

Технология распознавания речи имеет ряд преимуществ: во-первых, системы голосового ввода просты в использовании и требуют мало времени для адаптации и обучения врачей. Это связано с тем, что применение технологии соответствует естественному способу общения и не требует от пользователей наработки нового навыка. Во-вторых, современные медицинские и рентгенологические информационные системы позволяют проводить интеграцию со сторонним программным обеспечением, в том числе системами распознавания речи. Это позволяет сохранить для врачей привычную и комфортную среду для работы.

Несмотря на очевидные преимущества, внедрение систем распознавания речи в медицинскую практику может столкнуться с определенными трудностями. Одним из ключевых барьеров является сопротивление изменениям и боязнь новых технологий со стороны самих врачей [80].

В отечественной системе здравоохранения применению технологии распознавания речи для подготовки медицинской документации уделяется недостаточно внимания. Описан опыт применения данной технологии в

патологоанатомической практике и в работе эндоскопических отделений [92, 102]. Однако отечественные исследования, изучающие влияние системы голосового ввода на скорость подготовки протоколов рентгенологических исследований, отсутствуют.

### **Резюме**

Лучевая диагностика сохраняет ведущую роль в диагностике важнейших заболеваний в современных системах здравоохранения в РФ и в Мире. Оптимизация рабочих процессов, которая стала возможной с благодарю применению современных компьютерных и цифровых технологий, и увеличение парка диагностического оборудования делает методы лучевой диагностики более доступными для населения. При этом в РФ сохраняется кадровый дефицит врачей-рентгенологов.

К тому же, ряд отечественных хронометражных исследований демонстрируют, что врачи тратят больше половины своего рабочего времени на подготовку и заполнение медицинской документации. Что может негативно сказываться на качестве оказания медицинской помощи и способствовать развитию синдрома эмоционального выгоранию у медицинских специалистов.

Одним из решений может быть внедрение технологии распознавания речи в отечественную систему здравоохранение. Основное преимущество данной технологии – это скорость ввода информации. Речь человека значительно превышает скорость печати на клавиатуре.

Таким образом технология распознавания речи может оптимизировать процесс заполнения электронной медицинской документации. В случае применения технологии распознавания речи в рентгеновских отделениях– позволит сократить длительность работы врачей-рентгенологов с протоколами диагностических исследований, что может способствовать повышению качества оказания медицинской помощи за счёт общения с пациентом и более детальное изучение его истории болезни.

## ГЛАВА 2

### МЕТОДИКА И БАЗА ИССЛЕДОВАНИЯ

Теоретической основой исследования послужили труды отечественных и зарубежных авторов, нормативные правовые акты Российской Федерации. Применена методология комплексного медико-социологического исследования. В работе использованы социологический, аналитический, статистический методы, хронометражное исследование, метод организационного моделирования и организационного эксперимента.

Область исследования: профессиональная деятельность врачей-рентгенологов в условиях растущего спроса на томографические исследования, оптимизации загрузки диагностического оборудования и внедрения цифровых технологий в лучевую диагностику, а также процесс адаптации и внедрения системы распознавания речи для повышения эффективности работы специалистов.

Объект исследования: организация работы рентгеновских отделений и центров лучевой диагностики и рабочего процесса врачей-рентгенологов в условиях современных технологических и организационных изменений.

Предмет исследования: факторы, влияющие на эффективность профессиональной деятельности врачей-рентгенологов, включая рабочую нагрузку, процесс подготовки медицинской документации и использование инновационных технологий в диагностической практике.

Диссертационное исследование проводилось в 5 этапов.

**1 этап.** На основе обзора литературных источников отечественных и зарубежных авторов и использовании контентно-аналитической методики представлена характеристика современного состояния и развития организационных технологий, применяемых в деятельности рентгеновских отделений и центров лучевой диагностики. Изучен опыт применения систем распознавания речи для подготовки электронной медицинской документации. Проанализированы основные факторы, снижающие результативность деятельности врачей-рентгенологов, дана оценка роли организационных

технологий с применением систем распознавания речи в трудовой деятельность врачей-рентгенологов. По результатам хронометражного исследования было изучено содержание и виды деятельности врачей-рентгенологов.

**2 этап.** Проведен анализ форм №30 федерального статистического наблюдения «Сведения о медицинской организации»: Разделы «Рентгенодиагностические исследования» (без профилактических исследований), «Компьютерная томография», «Рентгенологические профилактические (скрининговые) обследования», «Магнитно-резонансные томографии» за 2016-2022 годы по медицинским организациям ДЗМ, оказывающим амбулаторную, специализированную и стационарную медицинскую помощь. Проведён анализ данных из Единого радиологического информационного сервиса Единой медицинской информационно-аналитической системы города Москвы.

**3 этап.** Был проведен комплексный анализ существующих систем распознавания речи и выполнена адаптация одной из них для создания протоколов рентгенологических исследований. Разработана методология применения адаптированной системы с целью оптимизации процесса подготовки протоколов рентгенологических исследований.

Для обучения врачей-рентгенологов работе с адаптированной системой были разработаны специализированные учебно-методические материалы. Проведено пилотное тестирование системы в реальных условиях отделений лучевой диагностики. На заключительном этапе было осуществлено внедрение адаптированной системы распознавания речи в медицинских учреждениях Департамента здравоохранения города Москвы.

**4 этап.** Проведена апробация и комплексная оценка результативности применения адаптированной системы распознавания речи в отделениях лучевой диагностики. Проведено повторное хронометражное исследование и анкетирование врачей-рентгенологов по вопросам применения адаптированной системы распознавания речи.

По результатам диссертационного исследования были сформулированы выводы и практические рекомендации.

При выполнении исследования использовались аналитический, социологический, статистический методы, а также метод организационного моделирования и организационного эксперимента. Для каждого раздела методы и объем исследования были выбраны в соответствии с целями и задачами настоящей работы.

Схема диссертационного исследования представлена на рисунке 2.1.

### **Источники информации:**

Для расчёта показателей деятельности отделений лучевой диагностики Департамента здравоохранения города Москвы был проведён анализ количества выполненных диагностических исследований, количества диагностического оборудования и численности врачей-рентгенологов и рентгенлаборантов.

В ходе исследования были использованы различные источники информации на пяти этапах. Источники включали формы федерального статистического наблюдения № 30 «Сведения о медицинской организации» за период 2016-2022 годы по г. Москве, отчётные данные о работе ЕРИС ЕМИАС г. Москвы за тот же период, статистические бюллетени Росстата, статистический сборник ГБУ «НИИОЗММ ДЗМ» о кадрах системы здравоохранения города Москвы в 2018-2022 годах [6], протоколы измерения скорости ввода текстовой информации, протоколы рентгенологических исследований, протоколы хронометражного наблюдения операционной деятельности врачей-рентгенологов, результаты хронометражных наблюдений тестирования адаптированной системы распознавания речи, анкеты по изучению индивидуально-психологических характеристик врачей, анкеты по определению индекса приверженности по методологии NPS, анкеты по оценке результативности применения системы распознавания речи, а также результаты хронометражных наблюдений длительности подготовки протоколов исследований.

Учитывалась численность физических лиц, работающих на должностях врачей-рентгенологов, количество занятых и штатных должностей.

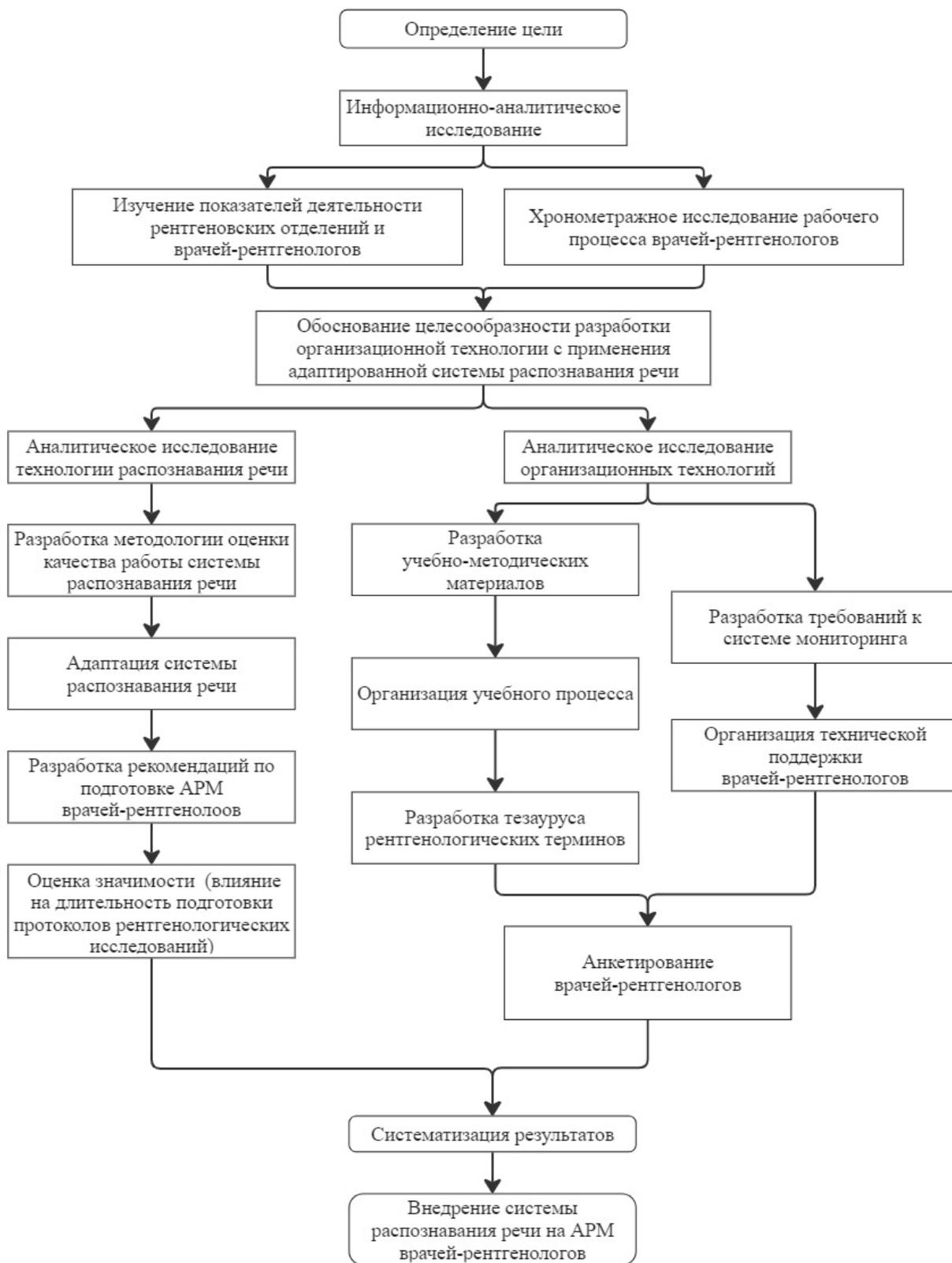


Рисунок 2.1 – Схема диссертационного исследования

Расчёт укомплектованности занятых должностей физическими лицами и штатных должностей физическими лицами в рентгеновских отделениях проводился по формулам (1) и (2) соответственно. Расчёт коэффициента совместительства проводился по формуле (3). Совокупный годовой темп роста рассчитывался по формуле (4). Обеспеченность врачами-рентгенологами (на 10 000 населения) (5).

$$U_{\text{врачами-рентгенологами}} = \frac{N_{\text{занятых должностей}}}{N_{\text{штатных должностей}}} \times 100\% \quad (1)$$

$$U_{\text{штатных должностей}} = \frac{N_{\text{физических лиц}}}{N_{\text{штатных должностей}}} \times 100\% \quad (2)$$

$$K_{\text{совместительства}} = \frac{U_{\text{врачами-рентгенологами}}}{U_{\text{штатных должностей}}} \quad (3)$$

$$\text{СГТР} = \sum_i^N \Delta_i \quad (4)$$

$$O = \frac{N_{\text{врачей-рентгенологов на конец года}} \times 10000}{N_{\text{населения на конец года}}} \quad (5)$$

Расчёт показателя точности распознавания рентгенологической лексики и терминологии адаптированной системы распознавания речи осуществлялся по формуле (6).

$$WER = \frac{(ins+del+sub)}{N} \times 100 \quad (6)$$

Расчёт показателя Net Promoter Score (NPS) проводился по формуле (7).

$$NPS = \frac{(N_{\text{сторонников}} - N_{\text{критиков}})}{N_{\text{респондентов}}} \times 100\% \quad (7)$$

За основу системы распознавания для лучевой диагностики была взята разработка от ООО «ЦРТ», включающая в себя 3-граммную языковую модель

со словарем в 760 тысяч слов. Эта языковая модель не специализируется на какой-то определенной области, а обобщает большое количество текстов на различные тематики. Универсальная система распознавания речи должна хорошо работать на данных из различных областей. Изменение универсальной языковой модели на модель для конкретной области позволяет улучшить качество распознавания на тестах из этой области, но в большинстве случаев это приведет к снижению качества на данных из других областей. Медицинская языковая модель позволяет существенно уменьшить ошибку распознавания медицинских терминов, однако значительно ухудшает качество распознавания речи, содержащих термины из иных областей.

В таблице 2.1 представлена программа диссертационного исследования.

### **Методы статистической обработки данных**

Обработка данных и проводилась с помощью языка программирования R в среде RStudio (Version 1.2.5042, RStudio, Inc.) [119]. В рамках исследования для обработки и анализа данных применялся язык программирования R с использованием широкого спектра специализированных пакетов. Для работы с данными в формате Excel использовались пакеты `openxlsx` и `XLConnect`, для работы с регулярными выражениями – пакет `stringr`, а форматирование данных проводилось с использованием пакетов `reshape` и `tidyr`. Описательная статистика, тестирование гипотез и линейное моделирование осуществлялись при помощи базового набора функций R. Проверка условий применимости линейного моделирования проводилась при помощи функций из пакета `glm`.

**Таблица 2.1 – Программа диссертационного исследования**

Разработка и научное обоснование организационной технологии повышения результативности деятельности врачей-рентгенологов в условиях централизации процесса описания результатов диагностических исследований			
Задачи исследования	Методы исследования	Единица наблюдения	Источники информации
<b>I этап</b>			
Провести анализ структуры рентгенологических исследований и показателей деятельности рентгеновских отделений медицинских организаций, оказывающих помощь в амбулаторных и стационарных условиях за 2016-2022 гг.	Статистический	Рентгенодиагностическое оборудование медицинских организаций ДЗМ, рентгенологическое исследование	Формы федерального статистического наблюдения № 30 за период 2016 – 2022 годы по г. Москве – 618 форм Отчётные данные о работе ЕРИС ЕМИАС г. Москвы за период 2016 – 2022 годы – 68 отчётов; Всего: 686 документов
<b>II этап</b>			
Провести анализ обеспеченности врачами-рентгенологами и показателей их деятельности в рентгеновских отделениях медицинских организаций, оказывающих помощь в амбулаторных и стационарных условиях за 2016-2022 гг.	Статистический	Врачи-рентгенологи медицинских организаций ДЗМ	Формы федерального статистического наблюдения № 30 за период 2016 – 2022 годы по г. Москве – 618 форм; Статистические бюллетени Росстата – 8 шт. ; Статистический сборник ГБУ «НИИОЗММ ДЗМ» – «Кадры системы здравоохранения города Москвы в 2018–2022 года Всего: 627 документов.
<b>III этап</b>			
Исследовать содержание и виды деятельности врачей-рентгенологов в медицинских организациях, оказывающих помощь в амбулаторных и стационарных условиях.	Метод хронометражного наблюдения, аналитический	Операционная деятельность врачей-рентгенологов медицинских организаций ДЗМ	Протокол измерения скорости ввода текстовой информации – 54; Протоколы рентгенологических исследований – 6 482; Протоколы хронометражного наблюдения операционной деятельности врачей-рентгенологов – 317 Всего: 6 853 документов.
<b>IV этап</b>			
Разработать организационную технологию повышения результативности деятельности врачей-рентгенологов с использованием адаптированной системы распознавания речи для описания результатов диагностических исследований и изучить отношение врачей-рентгенологов к ее внедрению.	Метод организационного моделирования, аналитический, социологический, статистический	Врачи-рентгенологи медицинских организаций ДЗМ, Операционная деятельность врачей-рентгенологов медицинских организаций ДЗМ	Результаты хронометражных наблюдений тестирования адаптированной системы распознавания речи– 225 протоколов; Анкеты по изучению индивидуально-психологических характеристик врачей – 80 – анкет Анкеты по определению индекса приверженности по методологии NPS – 15 анкет Всего: 240 документов.
<b>V этап</b>			
Оценить результативность разработанной организационной технологии с использованием адаптированной системы распознавания речи в условиях организации централизованного процесса описания рентгенологических исследований.	Социологический, статистический, метод организационного эксперимента	Врачи-рентгенологи медицинских организаций ДЗМ, Операционная деятельность врачей-рентгенологов медицинских организаций ДЗМ	Анкеты по оценке результативности применения системы распознавания речи– 97 анкет; Результаты хронометражных наблюдений длительность подготовки протоколов исследований – 12 917 протоколов Всего: 13 094 документов.

Визуализация данных осуществлялась при помощи пакетов `ggplot2` и `corrplot`. Расчет необходимого объема выборки осуществлен по номограмме Альтмана (при мощности 0.8 и уровне значимости 0.05). В качестве статистического теста нормального распределения величин применялся тест Колмогорова-Смирнова в модификации Лиллиефорса. Для оценки однородности дисперсий величин использовался тест Флигнера-Килина и тест Барлетта. Выявление выбросов осуществлялось с помощью теста Бонферрони. Анализ соотношения частот проводился с помощью теста Хи-квадрат Пирсона с поправкой Йейтса. Сравнительный анализ средних проводился односторонними и двусторонним тестом Уилкоксона и тестом Манна-Уитни. Оценка устойчивости результатов сравнения выборок проводилась методом бутстреппинга (1000 итераций). Корреляция между переменными определялась с помощью коэффициента корреляции Спирмана. Для расчета доверительных интервалов использовался пакет `Rmisc` (доверительный интервал = 95%). Подбор коэффициентов линейных моделей осуществлялся методом наименьших квадратов. Для проверки типа распределения переменных применялись пакеты `fitdistrplus`, `Rlab` (для распределения Бернулли) и `goft` (для распределения Вейбулла). Во всех статистических тестах уровень значимости принимался равным  $p < 0.05$ , доверительные интервалы брались в диапазоне 95%. В целом, представленное описание свидетельствует о применении комплексного и статистически обоснованного подхода к анализу данных.

Для разработки прогностических моделей на первом этапе исследований проводился подбор типа распределения тому или иному набору изучаемых данных. Среди проверяемых распределений были: распределение Бернулли, биномиальное распределение, распределение Коши, распределение Хи-квадрат, лог-нормальное распределение, логистическое распределение, отрицательное биномиальное распределение, распределение Стьюдента, распределение Вейбулла, равномерное распределение, гамма-распределение и распределение Пуассона. Процедура подбора типа распределения

осуществлялась следующим образом: на первом этапе проводилось вычисление параметров искомого распределения на полном наборе исходных эмпирических данных, затем с помощью этих параметров генерировалась «эмпирическая» псевдовыборка исследуемого типа распределения и затем с помощью теста Колмогорова-Смирнова проверялось соответствие «эмпирической» выборки искомому теоретическому распределению с вычислением значения критерия и выводом о статистической значимости полученного результата на основании рассчитанного р-значения.

Для автоматизации процесса статистического анализа хронометражных данных была разработана программа для ЭВМ «CHRONO-ANALYTICS FOR R v1» (RU 2023662432 от 07.06.2023 года).

### **ГЛАВА 3.**

## **НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ НОВОЙ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОПИСАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Изучение показателей обеспеченности диагностическим оборудованием, деятельности рентгенологических подразделений и обеспеченности врачами-рентгенологами в медицинских организациях ДЗМ необходимо для комплексной оценки и эффективного управления системой здравоохранения города. Эти данные позволяют оценить доступность медицинской помощи для населения, выявить районы с недостаточным уровнем обеспеченности и оптимально распределить ресурсы между медучреждениями. Анализ этих показателей помогает планировать будущие потребности в оборудовании и специалистах, контролировать качество медицинской помощи и соответствие оснащенности нормативам. Кроме того, эта информация важна для модернизации системы здравоохранения, определения приоритетных направлений для инвестиций и обоснования необходимости закупки нового оборудования. Эти данные также используются для научных исследований, изучения влияния обеспеченности на показатели здоровья населения и разработки рекомендаций по оптимизации ресурсов. Экономический анализ на основе этих показателей помогает оценивать затраты на диагностические услуги и рассчитывать экономическую эффективность использования оборудования. Наконец, изучение этих показателей необходимо для обеспечения равного доступа к медицинской помощи путем выявления и устранения диспропорций в обеспеченности между районами города. Все это в совокупности способствует повышению качества и доступности медицинской помощи, а также оптимальному использованию ресурсов в сфере здравоохранения Москвы.

Результаты анализа показателей обеспеченности диагностическим оборудованием, показатели деятельности рентгеновских отделений, показатели обеспеченности врачами-рентгенологами и показатели их

деятельности были опубликованы в научной публикации «Показатели деятельности отделений лучевой диагностики департамента здравоохранения города Москвы в 2016-2022 гг.» в рецензируемом издании «Менеджер здравоохранения» в 2024 году [30].

### **3.1 Показатели обеспеченности диагностическим оборудованием и показатели деятельности рентгеновских отделений медицинских организаций, оказывающих помощь в амбулаторных и стационарных условиях за 2016-2022 гг.**

Анализ динамики количества диагностического оборудования в медицинских учреждениях ДЗМ за период 2016-2022 гг. выявил ряд тенденций (табл. 3.1). Наблюдалось постепенное сокращение количества рентгеновских диагностических аппаратов различных типов с 2016 по 2021 год. Однако в 2022 году отмечен рост их количества, что обусловлено как амортизацией существующего парка оборудования, так и поступлением новых аппаратов, а также открытием филиалов поликлиник после капитального ремонта. Схожие тенденции прослеживаются в изменении количества компьютерных томографов, маммографов и денситометров.

Таблица 3.1 – Количество диагностического оборудования в медицинских организациях ДЗМ, 2016-2022 гг., (абс.)

<b>Вид оборудования</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>
Рентгеновские аппараты	1 176	1 122	1 093	1 065	1 068	1 018	1 065
Флюорографы	310	305	297	294	285	253	230
Маммографы	200	198	191	183	173	161	196
КТ	171	170	176	176	197	205	196
МРТ	100	100	102	102	102	93	92
Денситометры	49	49	49	48	47	42	58

При этом количество магнитно-резонансных томографов за рассматриваемый период незначительно уменьшилось (с 100 единиц в 2016 году до 92 единиц в 2022 году), что связано с более длительным процессом замены устаревшего оборудования на новое, учитывая специфику подготовки помещений и монтажа данных аппаратов.

Анализ структуры диагностического оборудования в медицинских учреждениях Москвы показывает, что наибольшую долю составляют рентгеновские аппараты (рис. 3.1). В 2022 году отмечено снижение доли рентгеновских диагностических аппаратов с 40% до 37% по сравнению с 2016 годом, а также уменьшение доли флюорографов с 15% до 13% за тот же период. При этом наблюдается незначительное увеличение доли компьютерных томографов, маммографов и палатных рентгеновских аппаратов в 2022 году относительно 2016 года. Важно отметить, что при анализе количества действующих аппаратов из общего количества имеющегося оборудования выявлено увеличение количества недействующих аппаратов в медицинских организациях, подведомственных Департаменту здравоохранения Москвы.

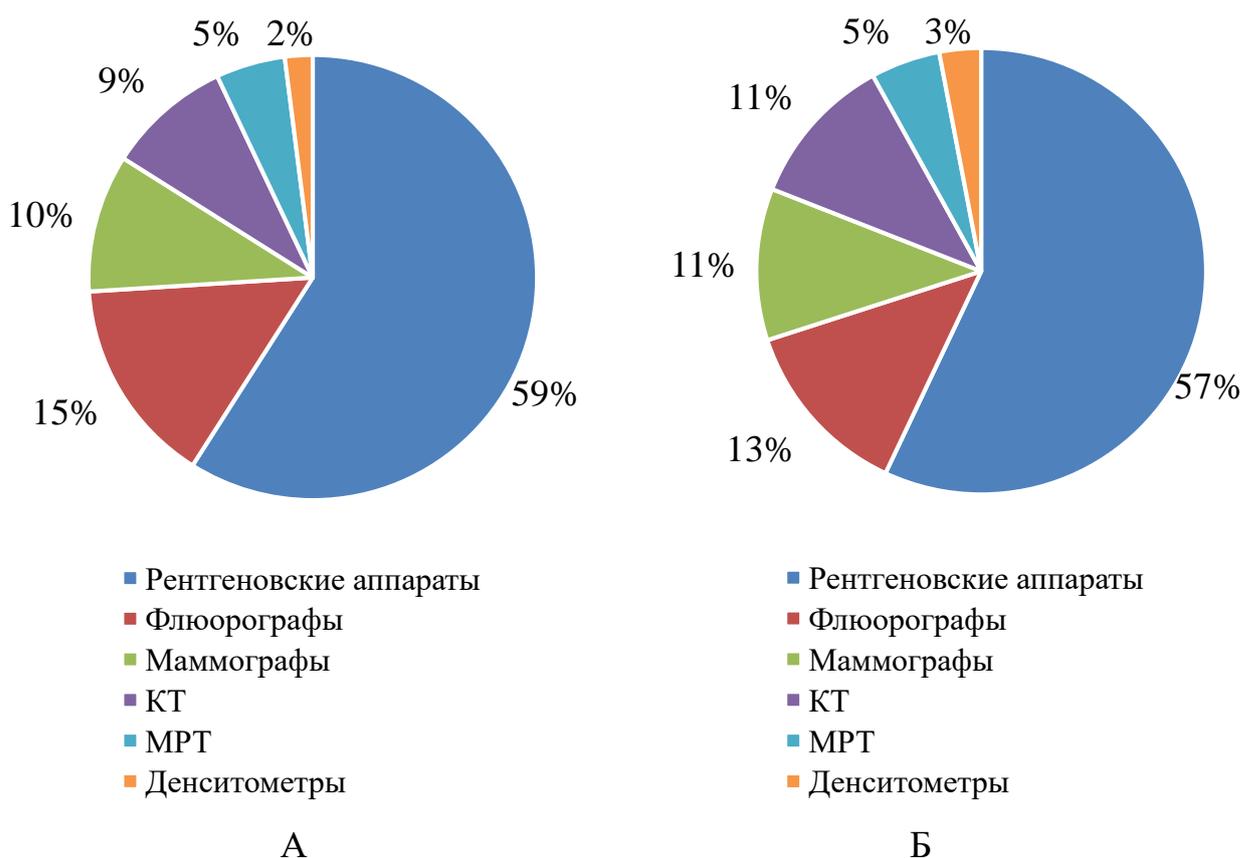


Рисунок 3.1 – Структура парка рентгенодиагностического оборудования в медицинских организациях ДЗМ, А – в 2016 году, Б – в 2022 году, (%)

Эта тенденция объясняется технологическими процессами, связанными с поставками нового оборудования, требующими демонтажа старых аппаратов

и подготовки помещений, а также проведением капитальных ремонтов зданий. Ожидается, что реализация этих планов будет завершена к 2024 году.

Следует отметить, что с 2020 года в медицинских организациях ДЗМ появился новый тип компьютерных томографов – мобильные аппараты (рис. 3.2). Мобильный КТ Airo TruCT, предназначен для применения в нейрохирургических операционных, однако производитель не исключает применение данного КТ в целях диагностики ургентной патологии других анатомических областей. В связи с этим, такой тип КТ был установлен во всех временных резервных госпиталях, организованных для лечения пациентов с новой коронавирусной инфекцией COVID-19.



Рисунок 3.2 – Мобильный компьютерный томограф Airo TruCT.

Особенностью данного типа КТ является компактный размер, возможность ручной транспортировка, без применения специального оборудования, и низкие требования к источнику питания (мобильный КТ подключается в электрическую сеть мощностью 1,5 кВт).

В 2022 году в медицинских организациях ДЗМ было проведено 12 582 181 рентгенологических исследования, что на 7,5% меньше, чем годом ранее (13 605 721). (табл. 3.2) [30].

Таблица 3.2 – Количество рентгенологических исследований, проведённых в медицинских организациях ДЗМ, 2016-2022 гг., (абс.)

Метод	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
РГ	6995873	6152792	5402459	5242634	4733304	3068902	3433474
КТ	781481	939542	1166367	1247267	2009495	2461080	2165243
МРТ	279782	329127	358633	410356	289976	362670	420773
ММГ	767231	821564	865 790	921 955	652 019	871 510	936 913
ФЛГ	6387083	6357615	6579470	6693971	4576218	6766921	5534111
ДРА	86837	88496	93439	114304	66541	74638	91667

В структуре исследований за 2022 год доля флюорографических исследований составила 44% от общего количества исследований, на втором – рентгенография (27%). В 2016 году доля рентгенографий так же преобладала (46%), но на втором месте были флюорографические исследования (42%), доля КТ составляла 5% (рис. 3.3). С 2016 года отмечается нисходящий тренд количества рентгенографических исследований. Так в 2016 году было проведено 6 995 873 рентгенографических исследований, в 2019 году – 5 242 634, а в 2022 году – 3 433 474. Среднегодовое уменьшение количества рентгенографических исследований составило -9,7%. Минимум был зафиксирован в 2021 году (3 068 902 исследований). Это связано с активной стадией развития пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19 и реорганизацией рентгеновских отделений в амбулаторные КТ центры.

До 2019 года среднегодовое количество флюорографических исследований составляло примерно 6,1 млн в год. В 2020 году отмечается значительное сокращение количества исследований до 4 576 218.

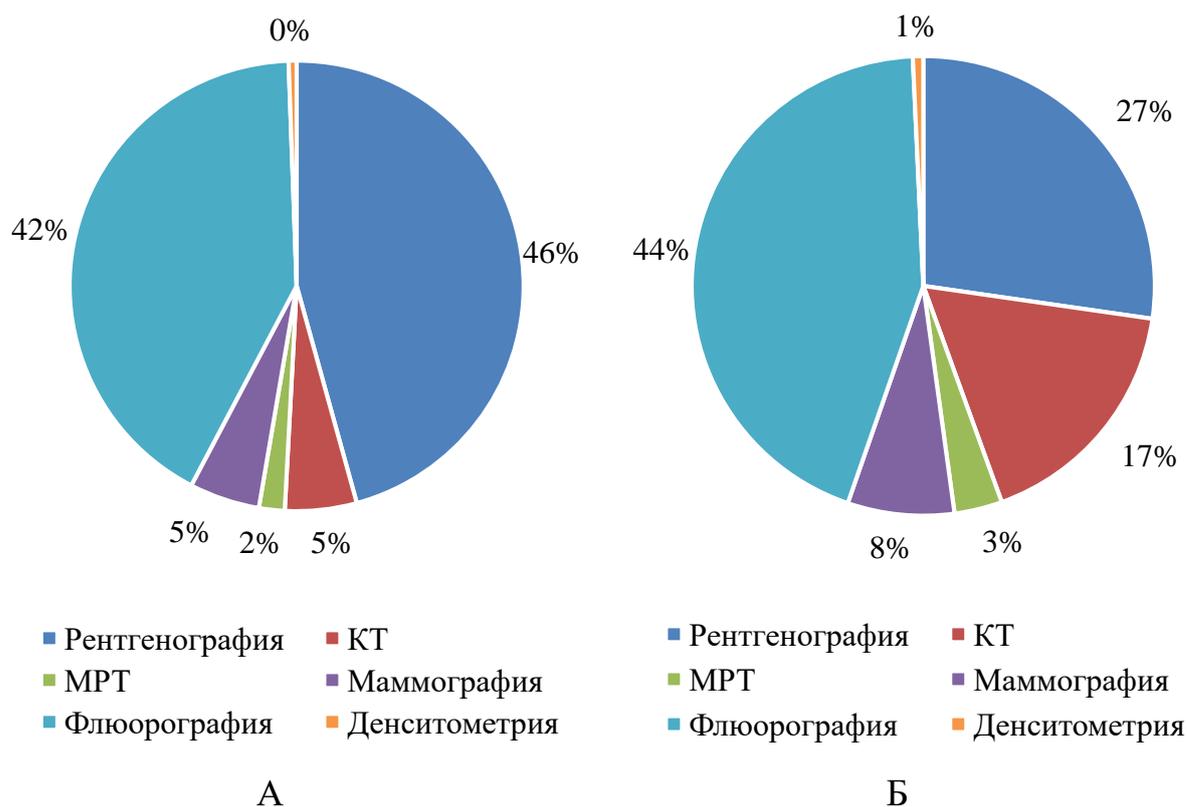


Рисунок 3.3 – Структура проведённых рентгенологических исследований в медицинских учреждениях ДЗМ, А – в 2016 году, Б – в 2022 году, (%)

Однако, в 2021 году было проведено 6 766 921 исследований, что на 5,9% больше, чем в 2016 году (6 387 083). В 2022 году было проведено 5 534 111 флюорографических исследований.

С 2016 года отмечается стабильное ежегодное увеличение количества томографических исследований, проведённых на КТ и МРТ-аппаратов. В 2022 году было проведено 2 165 243 КТ-исследований и 420 773 МРТ-исследований. При сравнении с 2016 годом количество исследований увеличилось на 177,1% и 50,4% соответственно. Также с 2016 года отмечается рост количества исследований с внутривенным контрастированием (рис. 3.4).

В 2022 году их доля составила 19,8% (494 011 исследований), в 2016 году – 16,0% (169 529 исследований). Это связано с модернизацией и обновлением парка диагностического оборудования в рамках контрактов жизненного цикла.

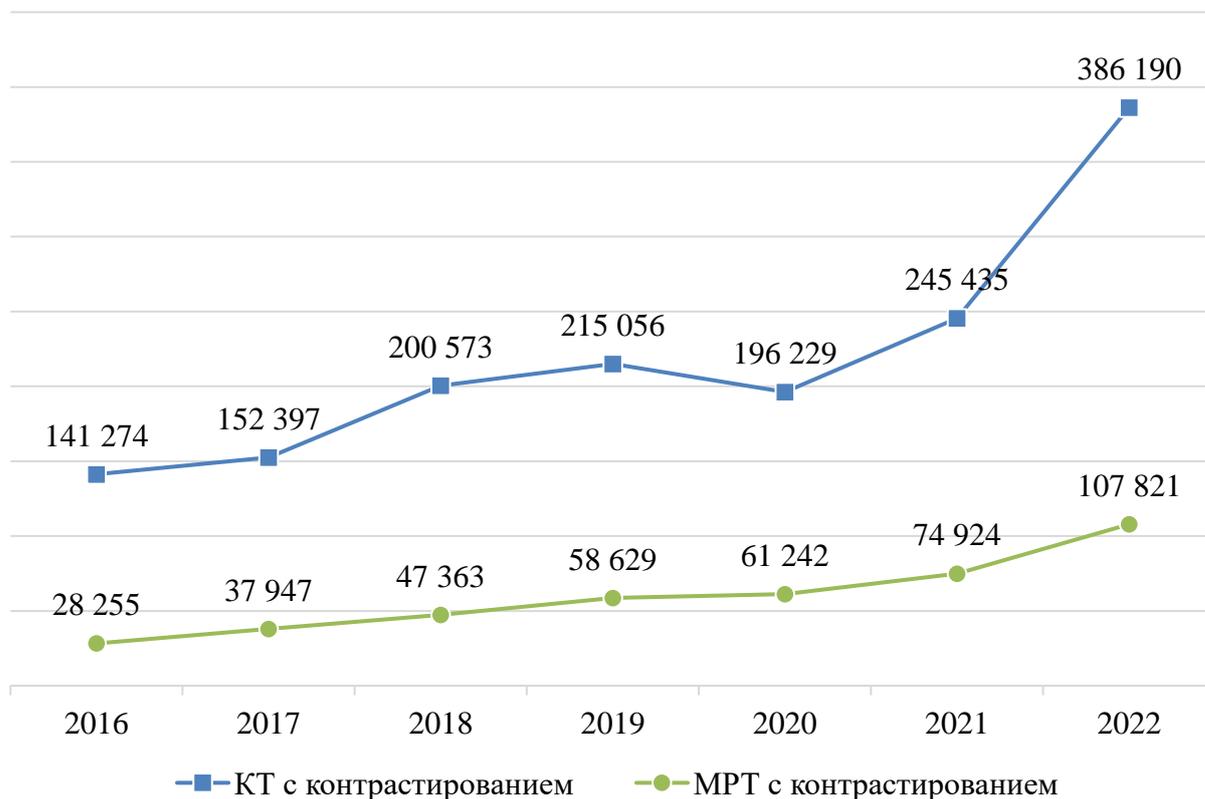


Рисунок 3.4 – Динамика показателей томографических исследований с внутривенным контрастированием, проведённых в медицинских организациях ДЗМ, 2016-2022 гг., (абс.)

Сохраняется стабильный рост количества маммографических исследований. В 2016 году было проведено 767 231 исследований, в 2022 году – 936 913. Среднегодовой темп роста составил 2,9%.

До 2020 года отмечался стабильный рост количества денситометрических исследований. В 2019 году в медицинских учреждениях ДЗМ было проведено 114 304 денситометрических исследования. В период пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19, количество денситометрических исследований снизилось до 66 531. В 2022 году отмечалось частичное восстановления показателя до 91 667 исследований.

В 2020 году по большинству типов рентгенологических исследований, кроме КТ, наблюдалось уменьшение количества выполняемых исследований. Однако, уже в 2021 году показатели количества рентгенологических исследований стали восстанавливаться, но с разным темпом. По флюорографическим исследованиям отмечался среднегодовой прирост 6,5%,

по маммографическим – 12,8%, МРТ – 13,2%, денситометрия – 11,3%. Однако в период 2020-2022 гг. рентгенографические исследования продемонстрировали отрицательную тенденцию. Динамика показателей количества проведенных исследований составила -10,2% в год.

Уменьшение общего количества рентгенологических исследований, проводимых в медицинских учреждениях ДЗМ, не привело к уменьшению рабочей нагрузки врачей-рентгенологов. Это свидетельствует о трансформации структуры проводимых рентгенологических исследований и о тенденции к увеличению количества высокотехнологических исследований, проводимых с помощью КТ и МРТ-аппаратов, которые требуют больше трудовых ресурсов для описания.

Сокращение количества рентгенологических исследований в 2020-2021 гг. было связано с возникновением пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19 и, как следствие, введением ограничений на оказание плановой медицинской помощи [31].

Основным трендом в 2020-2021 гг. являлось, по-прежнему, сильное влияние эпидемиологической ситуации с COVID-19 на всю деятельность системы здравоохранения города Москвы, включая работу рентгеновских отделений в поликлиниках и больницах ДЗМ. На рисунке 3.5 продемонстрировано явное следование динамики суммарного количества, ежемесячно проводимых КТ исследований органов грудной клетки за суммарным ежемесячным количеством активных случаев COVID-19 в Москве.

В период с март 2020 года по август 2021 года наблюдалось три пика числа болеющих COVID-19 жителей Москвы. При этом во время первого пика, пришедшийся на май 2020 года, можно утверждать, что количество проведенных КТ ОГК было вполне достаточным для покрытия потребности в этом виде диагностического исследования для всех пациентов с COVID-19. В следующие два пика увеличения числа болеющих – в декабре 2020 года и июле 2021 года, как следует из графика, ситуация была обратной: в случае

необходимости количество КТ ОГК не могло удовлетворить потребность в диагностических процедурах, для всех болеющих COVID-19. И на всем протяжении рассматриваемого периода количество проводимых КТ ОГК было достаточным только в те периоды, когда заболеваемость COVID-19 шла на спад.

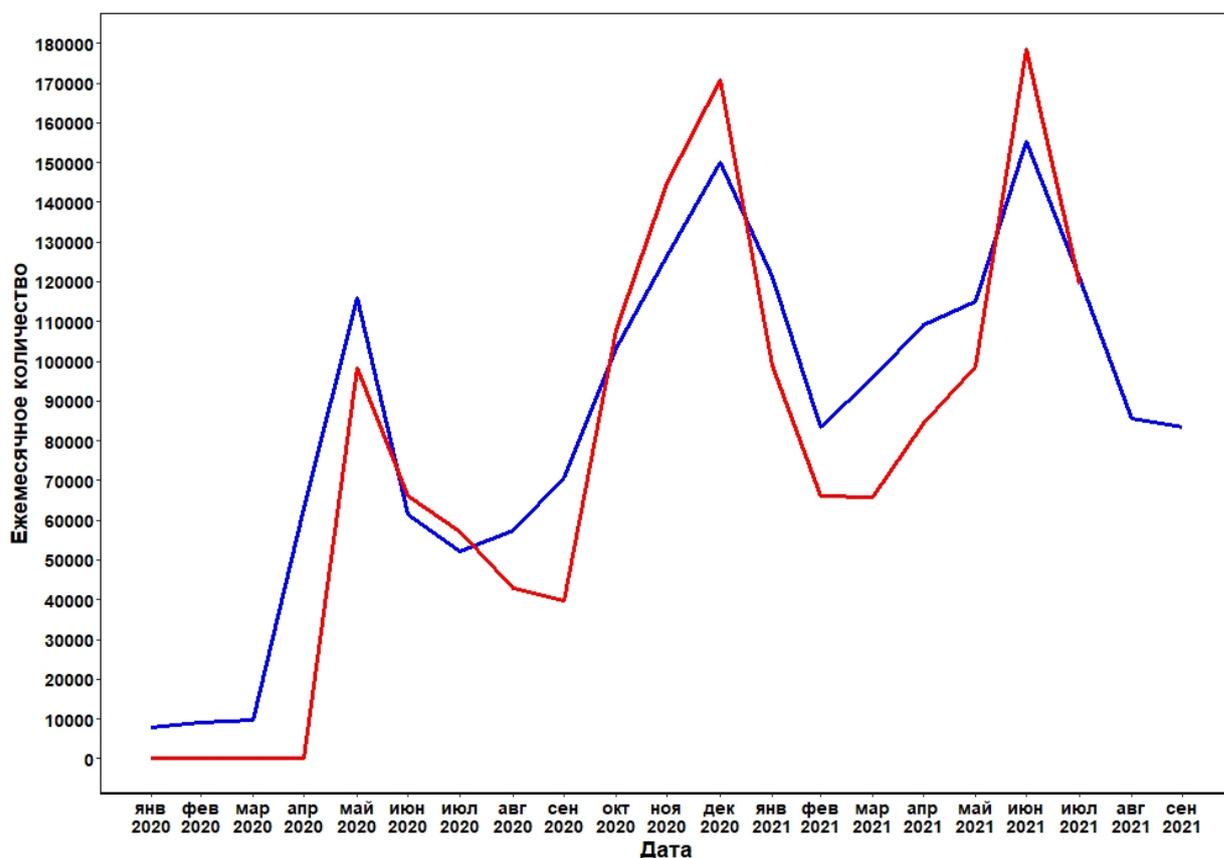


Рисунок 3.5 – Ежемесячное количество проводимых КТ исследований органов грудной клетки (синяя линия) и ежемесячное количество активных случаев COVID-19 в городе Москве (красная линия) в период с января 2020 по сентябрь 2021 гг., (абс.)

Все приведенное выше является также значимым обоснованием необходимости в точном прогнозировании потребности в КТ-исследованиях для того, чтобы система здравоохранения Москвы могла предупреждать организационными и мобилизационными мерами будущую потребность в КТ исследованиях.

Таким образом, за последние годы в работе рентгеновских отделений отмечаются значительные изменения, обусловленные оптимизацией рабочих и процессов и влиянием непредвиденных факторов (пандемия новой

коронавирусной инфекции COVID-19). Увеличивается доля исследований, проведённых на КТ и МРТ-аппаратов, так же увеличивается доля исследований с внутривенным контрастированием.

### **3.2 Показатели обеспеченности врачами-рентгенологами и показатели их деятельности в медицинских организациях, оказывающих помощь в амбулаторных и стационарных условиях за 2016-2022 гг.**

В 2022 году в медицинских организациях Департамент здравоохранения города Москвы работало 1 571 врачей-рентгенологов, что составляло 3,3% от общей численности врачей (48 170) (рис. 3.6) [30]. При сравнении с 2021 годом отмечается уменьшение числа врачей-рентгенологов на 7,7% (в 2021 г. – 1 692). По сравнению с 2016 г. число врачей-рентгенологов в медицинских организациях ДЗМ увеличилось на 7,2%, среднегодовой прирост составил 0,99%.

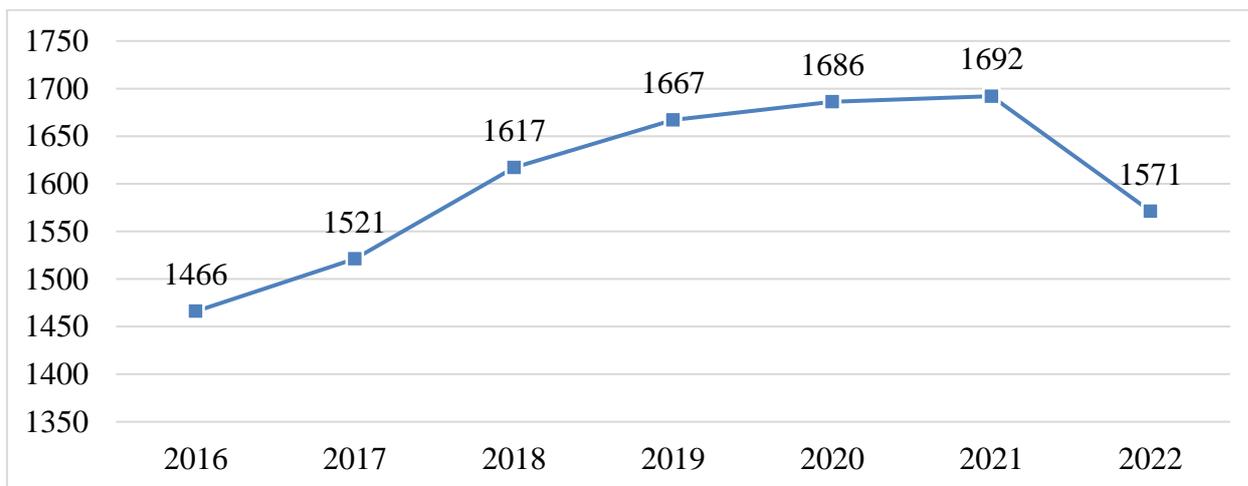


Рисунок 3.6 – Динамика численности врачей-рентгенологов, работающих в рентгеновских отделениях медицинских организациях ДЗМ, 2016-2022 гг., (абс.)

В 2022 году количество штатных должностей врачей-рентгенологов составляло 2 319,50 ед., при этом фактически было занято 1 833,00 штатных ед., укомплектованность занятых должностей составила 79,0% (табл. 3.3). Увеличение коэффициента совместительства врачей-рентгенологов в 2020 году, по сравнению с 2019 годом, можно объяснить развитием пандемии новой

коронавирусной инфекции COVID-19 и значительным повышением нагрузки на систему здравоохранения, в том числе на рентгеновские отделения.

Таблица 3.3 – Численность врачей-рентгенологов, работающих в медицинских учреждениях Департамента здравоохранения города Москвы в 2016-2022 гг.

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Количество штатных должностей, ед.	2163,75	2147,25	2166,50	2177,75	2502,75	2400,25	2319,50
Количество занятых должностей, ед.	1825,5	1868,75	1940,25	1919,5	2003,75	2002,25	1833,00
Число физических лиц, чел.	1466	1521	1617	1667	1686	1692	1571
Укомплектованность врачами-рентгенологами, %	84,3	87,0	89,6	88,1	80,1	83,4	79,0
Укомплектованность штатных должностей физическими лицами, %	67,6	70,8	74,6	76,6	67,4	70,5	67,7
Коэффициент совместительства основных работников	1,24	1,23	1,19	1,15	1,19	1,18	1,17

С 2020 года отмечается увеличение количества вакантных должностей врачей-рентгенологов. В 2016 году их количество составляло 338,25 ед. Минимальное количество наблюдалось в 2018 году – 226,25 ед. В 2022 году было 486,50 вакантных должностей врачей-рентгенологов (рис. 3.7).

При сравнении с 2016 годом отмечается увеличение количества вакантных должностей среди врачей-рентгенологов на 43,8%.

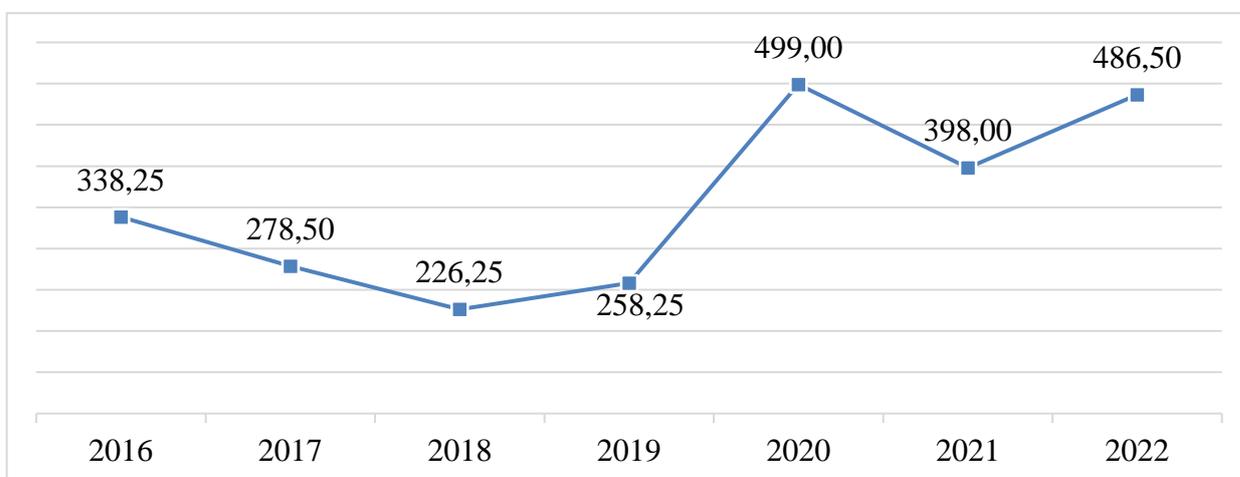


Рисунок 3.7 – Динамика количества вакантных должностей врачей-рентгенологов в медицинских организациях ДЗМ, 2016-2022 гг., (абс.)

Результаты анализа обеспеченности населения города Москвы врачами-рентгенологами показывают, что с 2016 по 2020 год наблюдался устойчивый рост как абсолютного числа врачей-рентгенологов, так и показатель обеспеченности на 10 тысяч населения. Максимальные значения были достигнуты в 2020 году: 1686 специалистов и 1,33 врача на 10 тысяч жителей соответственно (рис.3.8).

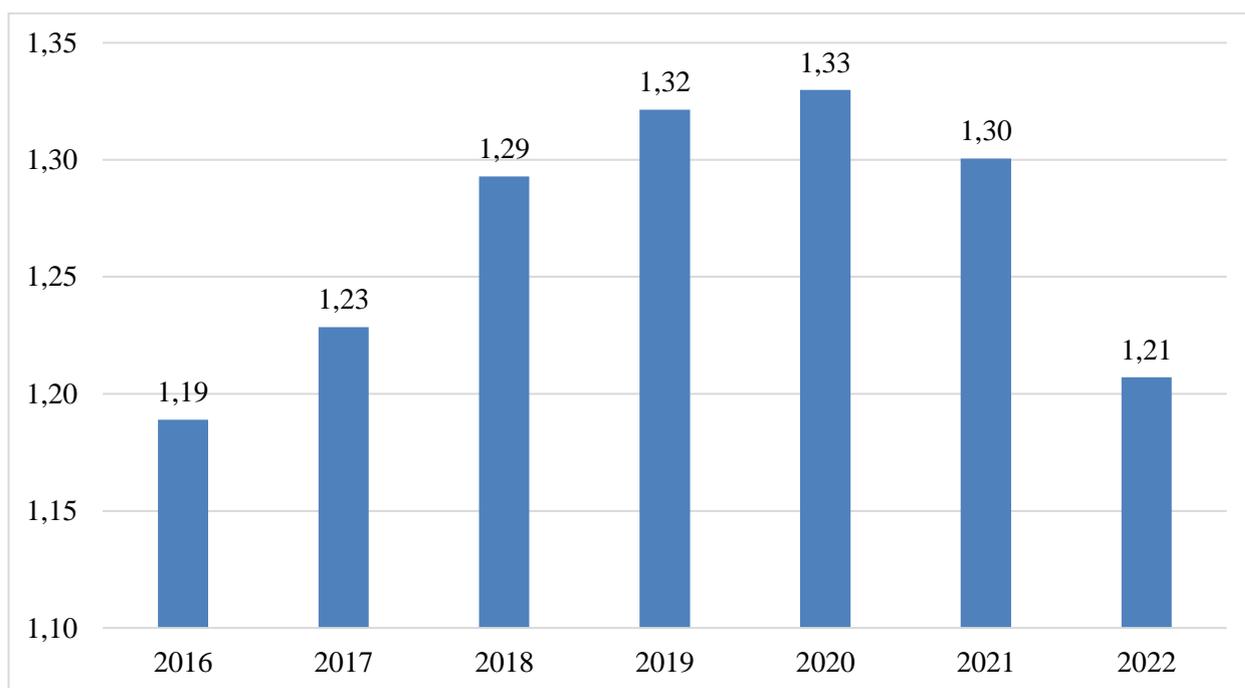


Рисунок 3.8 – Динамика показателя обеспеченности населения г. Москвы врачами-рентгенологами, 2016-2022 гг., (на 10 тыс. населения)

Сравнение показателей 2016 и 2020 годов демонстрирует значительный прирост: число врачей-рентгенологов увеличилось на 15,0%, а их число на 10 тысяч населения выросло на 11,8%. Однако в 2021-2022 годах произошло снижение этих показателей, несмотря на продолжающийся рост населения города. К 2022 году численность врачей-рентгенологов сократилась до 1571 специалиста, а показатель обеспеченности на 10 тысяч населения снизился до 1,21. Особенно заметно падение при сравнении 2020 и 2022 годов: число специалистов уменьшилось на 6,8%, а показатель на 10 тысяч населения снизился на 9,0%.

Рост показателей до 2020 года объясняется целенаправленной политикой по увеличению числа специалистов данного профиля в связи с

растущей потребностью в диагностических исследованиях и модернизацией медицинского оборудования, а также развитием пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19. Снижение показателей в 2021-2022 годах связано с последствиями пандемии, которая привела к перераспределению медицинских кадров, профессиональному выгоранию специалистов, а также оттоку кадров из столицы.

Стоит отметить, что за весь рассматриваемый период (2016-2022) численность населения г. Москвы выросла на 5,6%, в то время как число врачей-рентгенологов увеличилось лишь на 7,2%, что указывает на незначительное опережение темпов роста числа специалистов над темпами роста населения.

Однако это не привело к существенному улучшению показателя обеспеченности, который за этот период вырос всего на 1,7% (с 1,19 до 1,21 на 10 тысяч населения).

Анализ показателей обеспеченности врачами-рентгенологами на 10000 населения в России по федеральным округам за период с 2016 по 2021 год выявил ряд тенденций и закономерностей, имеющих значение для оценки эффективности системы здравоохранения страны (табл. 3.4). В целом, за рассматриваемый период наблюдался рост показателей обеспеченности врачами-рентгенологами во всех федеральных округах. Так, среднероссийский показатель увеличился с 1,13 врача-рентгенолога на 10000 населения в 2016 году до 1,21 врача-рентгенолога на 10000 населения в 2021 году.

При этом, существуют значительные региональные различия в показателях обеспеченности. Так, Северо-Западный федеральный округ (СЗФО) и Дальневосточный федеральный округ (ДФО) демонстрируют наиболее высокие показатели, превышающие среднероссийский уровень. В 2021 году показатель в СЗФО составил 1,56 врача-рентгенолога на 10000 населения, что является самым высоким показателем среди всех федеральных округов.

Таблица 3.4 – Показатели обеспеченности врачами-рентгенологами на 10000 населения по федеральным округам, 2016-2021 гг.

	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>
Россия	1,13	1,15	1,16	1,17	1,19	1,21
ЦФО	1,17	1,19	1,21	1,25	1,27	1,28
СЗФО	1,39	1,44	1,46	1,49	1,54	1,56
ЮФО	0,94	0,96	0,97	0,97	0,97	1,01
СКФО	0,71	0,75	0,74	0,76	0,78	0,81
ПФО	1,07	1,08	1,08	1,10	1,11	1,13
УрФО	1,13	1,13	1,11	1,13	1,13	1,14
СФО	1,21	1,21	1,21	1,21	1,23	1,25
ДВФО	1,31	1,36	1,30	1,31	1,34	1,32

С другой стороны, Южный федеральный округ (ЮФО) и Северо-Кавказский федеральный округ (СКФО) имеют наиболее низкие показатели обеспеченности врачами-рентгенологами. В 2021 году показатели в этих регионах составили 1,01 и 0,81 врача-рентгенолога на 10000 населения соответственно, что свидетельствует о недостаточной обеспеченности врачами-рентгенологами в этих регионах.

Приволжский федеральный округ (ПФО) и Уральский федеральный округ (УрФО) демонстрируют стабильные показатели обеспеченности врачами-рентгенологами, близкие к среднероссийскому уровню.

Особое внимание следует обратить на показатели обеспеченности врачами-рентгенологами в Москве, которая входит в Центральный федеральный округ (ЦФО). В 2021 году показатель в Москве составил 1,30 врача-рентгенолога на 10000 населения, что превышает среднероссийский уровень.

Анализ динамики роста показателей обеспеченности врачами-рентгенологами выявил, что самый высокий рост наблюдался в СЗФО (13,7% за 5 лет) и ДВФО (10,7% за 5 лет).

Таким образом, анализ показателей обеспеченности врачами-рентгенологами на 10000 населения в России по федеральным округам за период с 2016 по 2021 год выявил положительную динамику, однако также

выявил региональные различия, требующие внимания и корректировки политики здравоохранения для обеспечения равного доступа к медицинской помощи по всей стране.

Для расчёта среднегодовой рабочей нагрузки на 1 занятую должность врача-рентгенолога, работающего в медицинских учреждениях ДЗМ, был введён поправочный коэффициент. Поправочный коэффициент был рассчитан на основе норматива по количеству описаний врачом-рентгенологом диагностических исследований за 1 рабочую смену (6 часов) с учётом типа, описываемых исследований, утверждённом в Московском референс-центре лучевой диагностики, организованном на базе ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ». По результатам анализа норматива был введён поправочный коэффициент сложности (длительности) описания рентгенологического исследования. Поправочный коэффициент равный 1,00 соответствовал нормативу по количеству подготовленных за 1 рабочую смену описаний КТ-исследований без внутривенного контрастирования (15 шт.). Поправочные коэффициенты для других методов исследований представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Поправочные коэффициенты для расчёта рабочей нагрузки врачей-рентгенологов с учётом усреднённой длительности описания рентгенологического исследований для разных методов

Метод исследования	Норматив количества подготовленных описаний, шт	Поправочный коэффициент
Рентгенография	69	0,22
Флюорография	254	0,06
Маммография	69	0,22
КТ	15	1,00
КТ с в/в контрастированием	14	1,11
МРТ	17	0,87
МРТ с в/в контрастированием	13	1,18

Поправочный коэффициент использовался для расчёта условных единиц труда (УЕТ) врачей-рентгенологов. Одна УЕТ соответствовала 15 КТ-исследованиям, подготовленных за одну рабочую смену (6 часов) врачом-рентгенологом, занимающим одну штатную должность.

В 2016 году среднегодовая рабочая нагрузка на 1 занятую должность врача-рентгенолога составила 1 705,61 УЕТ, в 2022 году – 2 118,77 УЕТ, что на 24,2% больше (рис. 3.9, табл. 3.6). Среднегодовое увеличение рабочей нагрузки врачей-рентгенологов составило 3,15%.

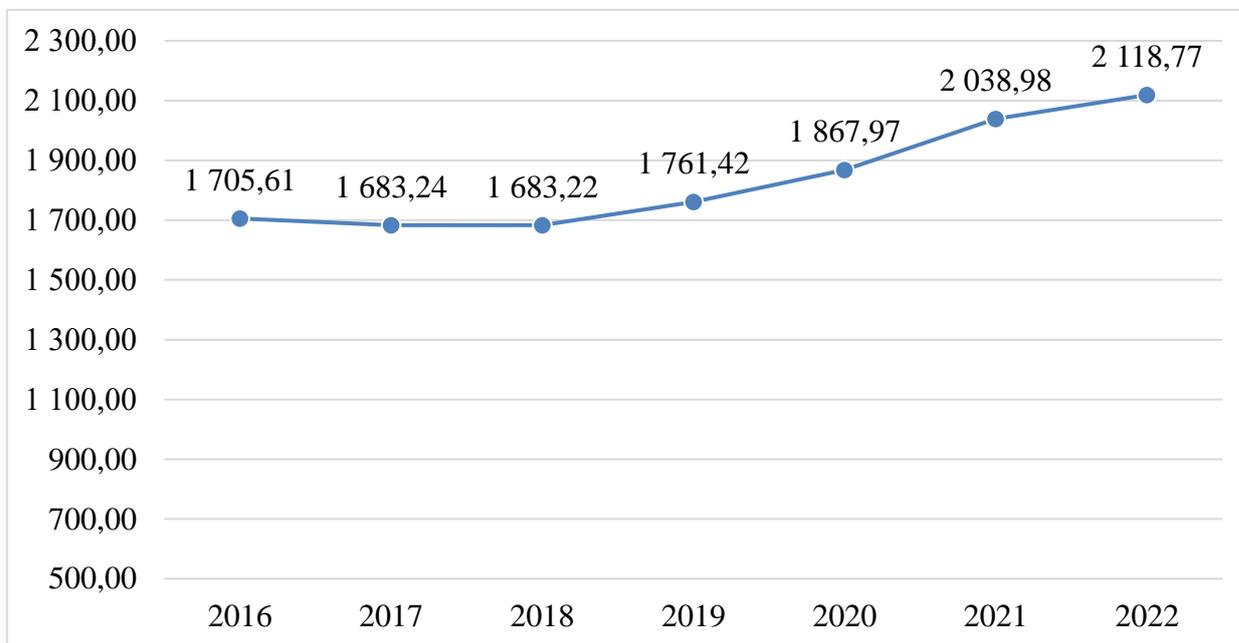


Рисунок 3.9 – Динамика общего показателя годового УЕТ в рентгеновских отделениях медицинских организациях ДЗМ, 2016-2022 гг., (УЕТ)

В 2016 году в среднем на 1 занятую должность врача-рентгенолога приходилось 8 380,3 рентгенологических исследования в 2022 году – 6 864,3 исследования.

Таблица 3.6 – Динамика годового показателя УЕТ по разным типам рентгенологических исследований в расчёте на 1 занятую должность врача-рентгенолога с учётом поправочного коэффициента, 2016-2022 гг., (УЕТ)

Метод	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Рентгенография	833,11	715,75	605,31	593,75	513,53	333,20	407,21
КТ	350,70	421,21	497,77	537,75	904,94	1106,58	970,57
КТ с КУ	85,99	90,61	114,86	124,49	108,81	136,20	234,10
МРТ	119,81	135,49	139,50	159,34	99,26	124,97	148,46
МРТ с КУ	18,21	23,89	28,72	35,93	35,96	44,02	69,20
Маммография	91,37	95,57	97,01	104,42	70,74	94,62	111,12
Флюорография	206,42	200,71	200,06	205,74	134,74	199,39	178,12

В 2022 году, при сравнении с 2016 годом, количество рентгенологических исследований, приходящихся на 1 занятую должность врача-рентгенолога, сократилось на 22,1%.

Уменьшение общего количества рентгенологических исследований, проводимых в медицинских учреждениях ДЗМ, не привело к уменьшению рабочей нагрузки врачей-рентгенологов. Это свидетельствует о трансформации структуры проводимых рентгенологических исследований и о тенденции к увеличению количества высокоинформативных исследований, проводимых с помощью КТ и МРТ-аппаратов, которые требуют больше трудовых ресурсов для описания.

Сокращение количества рентгенологических исследований в 2020-2021 гг. было связано с возникновением пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19 и, как следствие, введением ограничений на оказание плановой медицинской помощи [31].

Наблюдается значительный дисбаланс между динамикой роста количества проводимых рентгенологических исследований и численностью врачей-рентгенологов. В период с 2016 по 2022 гг. число врачей данной специальности увеличилось лишь на 7,6%, в то время как количество рентгенологических исследований, выполняемых на КТ и МРТ-аппаратах, выросло на 143,7%. Такой значительный разрыв свидетельствует о колоссальном росте нагрузки на врачей-рентгенологов, работающих в медицинских учреждениях ДЗМ. В связи с этим возникает острая необходимость в поиске новых решений, способствующих оптимизации рабочего процесса. Одним из таких решений является внедрение инновационных технологий, основанных на алгоритмах искусственного интеллекта.

### **3.3 Содержание и виды деятельности врачей-рентгенологов по результатам хронометражного исследования**

В течение последнего десятилетия рентгенология подверглась существенной трансформации организационных процессов. Данная

трансформация обусловлена, прежде всего, активным внедрением цифровых технологий. Повсеместная цифровизация создала предпосылки для формирования референс-центров, специализирующихся на дистанционной интерпретации рентгенологических исследований. Такие центры способствует оптимизации ресурсов и повышению качества оказания медицинской помощи и эффективности рентгенологической службы. Более того, данный подход нивелирует негативные последствия дефицита врачей-рентгенологов, обеспечивает рациональное использование ресурсов лучевой диагностики и создает платформу для эффективной коммуникации между медицинскими учреждениями и специалистами в области рентгенологии.

С целью изучения временных затрат врачей-рентгенологов на интерпретацию рентгенологических исследований в условиях централизации было проведено хронометражное исследование. Результаты исследования были опубликованы в научной публикации «Затраты рабочего времени врачей-рентгенологов в условиях централизованного описания диагностических исследований» в рецензируемом издании «Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики» в 2024 году [13].

В исследовании приняли участие 18 врачей-рентгенологов, с опытом работы в не менее одного года. Для обеспечения стандартизации условий труда все рабочие места врачей-рентгенологов были организованы в соответствии с единым стандартом, утвержденным Департаментом здравоохранения города Москвы. Врачи-рентгенологи осуществляли свою трудовую деятельность с использованием специализированных информационных систем: работа с медицинскими изображениями и протоколирование исследований проводилась в Едином радиологическом информационном сервисе г. Москвы (ЕРИС), доступ к медицинской документации пациента – в Единой медицинской информационно-аналитической системе г. Москвы (ЕМИАС).

Дополнительно была изучена длительность подготовки следующих типов исследований: компьютерная томография, компьютерная томография с

внутривенным контрастированием, магнитно-резонансная томография, маммография, рентгенография и флюорография.

В рамках исследования был использован метод хронометража, с помощью которого изучались временные затраты на отдельные элементы трудового процесса врачей-рентгенологов. К основной деятельности были отнесены интерпретация рентгенологических изображений и сравнений изображений в динамике, к служебной – служебные разговоры и заполнение отчётной документации, к вспомогательной – работа с электронными атласами, к прочей – ожидание загрузки диагностических исследований в РИС и мероприятия личного характера. Работа с медицинской документацией содержала заполнение протоколов рентгенологических исследований и изучение истории болезни пациентов.

Автоматическая обработка, полученных хронометражных данных, была выполнена с помощью CHRONO-ANALYTICS FOR RADIOLOGY V1 (RU 2023662432).

В ходе исследования было произведено 2211 хронометражных замеров. Отдельно была изучена длительность интерпретации 317 рентгенологических исследований.

По результатам хронометражного анализа рабочих процессов 18 врачей-рентгенологов были получены следующие результаты. Заполнение протоколов исследований занимает наибольшую часть рабочего времени со средним значением 216,6 минут ( $SD = 21,5$  мин.), что обусловлено необходимостью детального документирования результатов исследований (табл. 3.7).

Столь значительные временные затраты на этот вид деятельности указывают на потенциальную необходимость оптимизации процесса, возможно, путем внедрения более эффективных систем электронного документооборота или использования шаблонов протоколов.

Таблица 3.7 – Длительность работы с медицинской документацией

<b>Элемент вида деятельность</b>	<b>Заполнение протоколов исследований</b>	<b>Работа с историей болезни</b>
Количество значений, n	18	18
Среднее значение, мин.	216,6	21,3
Стандартное отклонение, мин.	21,5	6,4
Минимальное значение, мин.	170	12
Q1, мин.	207	17
Медиана, мин.	219,5	20
Q3, мин.	233	26
Межквартильный интервал, мин.	26	9
Максимальное значение, мин.	252	34

Второй по длительности вид деятельности – интерпретация рентгенологических изображений, на которую в среднем уходит 170,4 минуты (SD = 35,0 мин.), характеризуется значительной вариабельностью (табл.3.8). Эта вариабельность свидетельствует о различной сложности интерпретируемых изображений, а также о разном уровне опыта специалистов. Сравнение изображений в динамике занимает относительно небольшую часть рабочего времени – в среднем 15,6 минут (SD = 10,1 мин.).

Таблица 3.8 – Длительность основной деятельности врача-рентгенолога

<b>Элемент вида деятельность</b>	<b>Интерпретация рентгенологических изображений</b>	<b>Сравнение изображений в динамике</b>
Количество значений, n	18	18
Среднее значение, мин.	170,4	15,6
Стандартное отклонение, мин.	35,0	10,1
Минимальное значение, мин.	122	2
Q1, мин.	136	7
Медиана, мин.	164,5	16
Q3, мин.	205	21
Межквартильный интервал, мин.	69	14
Максимальное значение, мин.	222	37

Работа с историей болезни пациентов занимает существенно меньше времени, в среднем 21,3 минуты (SD = 6,4 мин.). Служебные разговоры отнимают в среднем 20,8 минут (SD = 18,6 мин.) (табл. 3.9).

Таблица 3.9 – Длительность служебной и вспомогательной деятельности

<b>Элемент вида деятельность</b>	<b>Служебные разговоры</b>	<b>Заполнение отчётной документации</b>	<b>Работа с электронными атласами</b>
Количество значений, n	18	18	18

Среднее значение, мин.	20,8	5,2	4,7
Стандартное отклонение, мин.	18,6	2,0	1,6
Минимальное значение, мин.	0	1	2
Q1, мин.	10	3	4
Медиана, мин.	13,5	5,5	4,5
Q3, мин.	27,0	7	5
Межквартильный интервал, мин.	17	4	1
Максимальное значение, мин.	72	8	8

Мероприятия личного характера занимают в среднем 10,3 минуты ( $SD = 9,7$  мин.) и характеризуются значительной вариабельностью. Ожидание загрузки исследований отнимает относительно небольшое, но стабильное время – в среднем 7,3 минуты ( $SD = 2,0$  мин.) (табл. 3.10). Несмотря на небольшую продолжительность, это время представляет собой непродуктивные потери и указывают на необходимость модернизации сетевой инфраструктуры.

Таблица 3.10 – Длительность прочей деятельности врача-рентгенолога

Элемент вида деятельность	Мероприятия личного характера	Ожидание загрузки исследований
Количество значений, n	18	18
Среднее значение, мин.	10,3	7,3
Стандартное отклонение, мин.	9,7	2,0
Минимальное значение, мин.	0	4
Q1, мин.	4	6
Медиана, мин.	7,5	7
Q3, мин.	11	9
Межквартильный интервал, мин.	7	3
Максимальное значение, мин.	37	10

Заполнение отчетной документации занимает незначительную часть рабочего времени – в среднем 5,2 минуты ( $SD = 2,0$  мин.). Наименее времязатратным видом деятельности из рассмотренных является работа с электронными атласами, на которую в среднем уходит 4,7 минуты ( $SD = 1,6$  мин.). Столь малое время свидетельствует о высокой квалификации врачей-рентгенологов.

Такое распределение времени наглядно демонстрирует, что наибольшую часть рабочего времени врачей-рентгенологов занимают заполнение протоколов исследований и интерпретация рентгенологических изображений (рис. 3.10).

Эти два вида деятельности в сумме составляют более 6 часов рабочего времени (387 минут или 6,45 часа), что подчеркивает их ключевую роль и указывает на необходимость их оптимизации с целью повышения производительности труда.

Остальные виды деятельности занимают значительно меньше времени, при этом некоторые из них характеризуются высокой вариабельностью. В целом, результаты исследования указывают на необходимость комплексного подхода к оптимизации рабочего процесса врачей-рентгенологов. Основные направления оптимизации должны включать совершенствование систем электронного документооборота и стандартизацию процессов интерпретации изображений.

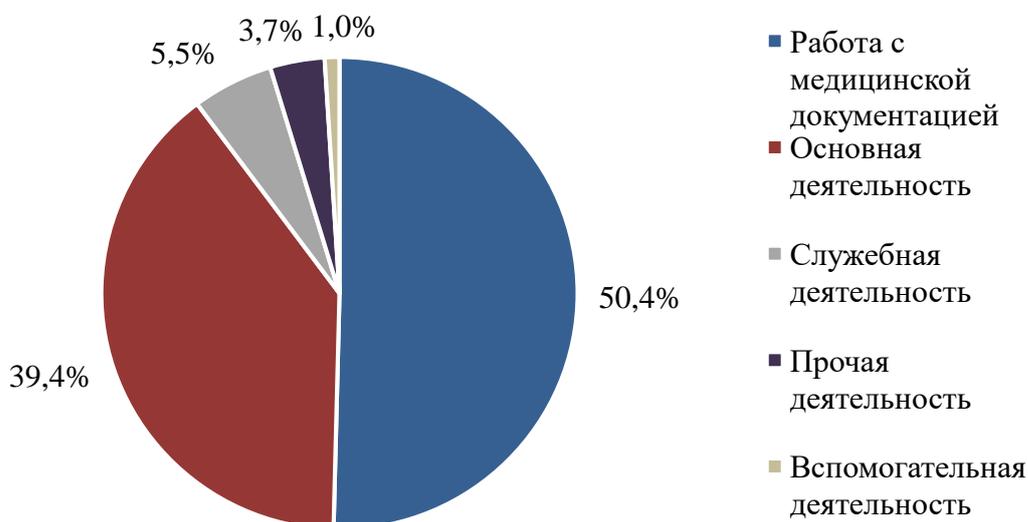


Рисунок 3.10 – Структура видов деятельности врача-рентгенолога МРЦ, (%)

Далее была оценена длительность отдельных видов деятельности при интерпретации разных типов рентгенологических исследований. Анализ временных затрат при подготовке заключений КТ представлен в табл. 3.10.

Таблица 3.11 – Длительность подготовки описания результатов КТ-исследований

	Длительность работы с историей болезни пациента	Длительность интерпретации изображений	Длительность подготовки протокола исследования	Общая длительность работы над исследованием
Количество значений, n	37	37	37	37
Среднее значение, сек.	70,7	386,8	455,4	912,8
Стандартное отклонение, сек.	48,7	157,8	219,2	240,9
Минимальное значение, сек.	12,0	188,0	15,0	466,0
Q1, сек.	34,0	270,0	285,0	731,0
Медиана, сек.	58,0	337,0	440,0	914,0
Q3, сек.	92,0	444,0	668,0	1116,0
Межквартильный интервал, сек.	58,0	174,0	383,0	385,0
Максимальное значение, сек.	263,0	891,0	768,0	1362,0

Установлено, что работа с историей болезни пациента занимала в среднем  $1,2 \pm 0,8$  минуты, интерпретация изображений занимала в среднем  $6,5 \pm 2,6$  минут, заполнение протокола исследования занимало в среднем  $7,6 \pm 3,7$  минут. Результаты анализа длительности описания КТ-исследований с детализацией по этапам подготовки протокола представлены в таблице 3.11.

Анализ временных затрат при подготовке заключений КТ-исследований с в/в контрастированием выявил следующие показатели: работа с историей болезни пациента занимала в среднем  $5,0 \pm 2,8$  минуты, интерпретация изображений занимала в среднем  $8,9 \pm 3,6$  минуты, заполнение протокола исследования занимало в среднем  $15,4 \pm 5,7$  (табл. 3.12).

Таблица 3.12 – Длительность подготовки описания результатов КТ-исследований с в/в контрастированием

	Длительность работы с историей	Длительность интерпретации изображений	Длительность подготовки	Общая длительность работы

	<b>болезни пациента</b>		<b>протокола исследования</b>	<b>над исследовани ем</b>
Количество значений, n	29	29	29	29
Среднее значение, сек.	300,0	533,7	921,8	1755,4
Стандартное отклонение, сек.	166,7	214,9	341,5	423,2
Минимальное значение, сек.	46,0	117,0	224,0	1062,0
Q1, сек.	184,0	327,0	721,0	1438,0
Медиана, сек.	256,0	572,0	834,0	1725,0
Q3, сек.	329,0	671,0	1119,0	2032,0
Межквартильный интервал, сек.	145,0	344,0	398,0	594,0
Максимальное значение, сек.	696,0	1009,0	1694,0	2624,0

Анализ временных затрат при подготовке заключений МРТ-исследований выявил следующие показатели: работа с историей болезни пациента занимала в среднем  $2,5 \pm 1,5$  минуты, интерпретация изображений занимала в среднем  $11,0 \pm 5,6$  минут, заполнение протокола исследования занимало в среднем  $10,3 \pm 5,2$  минуты (табл. 3.13).

Таблица 3.13 – Длительность подготовки описания результатов МРТ-исследований

	<b>Длительность работы с историей болезни пациента</b>	<b>Длительность интерпретации изображений</b>	<b>Длительность подготовки протокола исследования</b>	<b>Общая длительность работы над исследованием</b>
Количество значений, n	28	28	28	28
Среднее значение, сек.	150,6	662,3	615,0	1427,9
Стандартное отклонение, сек.	89,1	334,1	313,8	424,3
Минимальное значение, сек.	29,0	208,0	75,0	880,0
Q1, сек.	68,8	454,3	402,5	1073,5
Медиана, сек.	153,0	581,5	653,0	1383,0

Q3, сек.	208,3	721,3	814,3	1681,3
Межквартильный интервал, сек.	139,5	257,0	441,8	607,8
Максимальное значение, сек.	354,0	1422,0	1275,0	2549,0

Анализ временных затрат при подготовке заключений маммографических исследований выявил следующие показатели: работа с историей болезни пациента занимала в среднем  $1,0 \pm 0,4$  минуты, интерпретация изображений занимала в среднем  $4,1 \pm 1,9$  минуты, заполнение протокола исследования занимало в среднем  $2,1 \pm 1,1$  минуты (табл. 3.14).

Таблица 3.14 – Длительность подготовки описания результатов маммографических исследований

	<b>Длительность работы с историей болезни пациента</b>	<b>Длительность интерпретации изображений</b>	<b>Длительность подготовки протокола исследования</b>	<b>Общая длительность работы над исследованием</b>
Количество значений, n	51	51	51	51
Среднее значение, сек.	58,4	243,1	126,6	428,1
Стандартное отклонение, сек.	25,7	115,6	66,3	130,9
Минимальное значение, сек.	12,0	16,0	10,0	160,0
Q1, сек.	38,5	141,0	85,5	318,5
Медиана, сек.	58,0	247,0	123,0	431,0
Q3, сек.	77,0	328,0	165,0	492,5
Межквартильный интервал, сек.	38,5	187,0	79,5	174,0
Максимальное значение, сек.	135,0	483,0	313,0	714,0

Анализ временных затрат при подготовке заключений рентгенографических исследований выявил следующие показатели: работа с историей болезни пациента занимала в среднем  $1,0 \pm 0,6$  минуты, интерпретация изображений занимала в среднем  $3,1 \pm 1,8$  минуты, заполнение протокола исследования занимало в среднем  $2,7 \pm 1,4$  минуты (табл. 3.15).

Таблица 3.15 – Длительность подготовки описания результатов рентгенографических исследований

	<b>Длительность работы с историей болезни пациента</b>	<b>Длительность интерпретации изображений</b>	<b>Длительность подготовки протокола исследования</b>	<b>Общая длительность работы над исследованием</b>
Количество значений, n	54	54	54	54
Среднее значение, сек.	62,2	184,0	164,2	410,4
Стандартное отклонение, сек.	33,4	108,0	85,0	139,8
Минимальное значение, сек.	14,0	6,0	11,0	132,0
Q1, сек.	33,8	101,8	102,3	309,8
Медиана, сек.	56,5	154,4	167,0	387,5
Q3, сек.	88,5	243,5	229,5	534,0
Межквартильный интервал, сек.	54,8	141,8	127,3	224,3
Максимальное значение, сек.	134,0	490,0	345,0	759,0

Анализ временных затрат при подготовке заключений флюорографических исследований представлен в таблице 3.16.

Таблица 3.16 – Длительность подготовки описания результатов флюорографических исследований

	<b>Длительность работы с историей болезни пациента</b>	<b>Длительность интерпретации изображений</b>	<b>Длительность подготовки протокола исследования</b>	<b>Общая длительность работы над исследованием</b>
Количество значений, n	118	118	118	118
Среднее значение, сек.	31,1	34,6	33,4	99,1
Стандартное отклонение, сек.	9,0	16,9	17,4	26,4
Минимальное значение, сек.	9,0	3,0	3,0	47,0
Q1, сек.	25,0	23,3	19,0	81,0

Медиана, сек.	31,0	32,0	32,5	98,0
Q3, сек.	37,0	44,0	44,8	116,8
Межквартильный интервал, сек.	12,0	20,8	25,8	37,8
Максимальное значение, сек.	59,0	98,0	89,0	196,0

Установлено, что работа с историей болезни пациента занимала в среднем  $0,5 \pm 0,2$  минуты, интерпретация изображений занимала в среднем  $0,6 \pm 0,3$  минуты, заполнение протокола исследования занимало в среднем  $0,6 \pm 0,3$  минуты (табл. 3.16).

Результаты проведенного исследования демонстрируют, что в трудовой деятельности врачей-рентгенологов преобладающую часть рабочего времени (51%) занимает оформление медицинской документации.

Наибольшие временные затраты связаны с составлением протоколов компьютерной томографии с внутривенным контрастированием, достигающие 15,4 минут на одно исследование. Минимальное время (0,6 минуты) требуется для протоколирования флюорографических исследований.

Интерпретация диагностических изображений составляет от 35% до 57% рабочего времени. Продолжительность анализа изображений варьируется в зависимости от типа исследования. Наиболее трудоемким является интерпретация магнитно-резонансных томограмм, занимающая в среднем 11,0 минут, тогда как оценка флюорографического снимка требует лишь 0,6 минуты.

Подготовка протокола исследования занимает от 30% до 53% рабочего времени врача-рентгенолога. На работу с медицинской документацией пациента приходится от 8% до 31% временных затрат.

Анализ данных свидетельствует о том, что внедрение централизованной системы описания рентгенологических исследований способствует оптимизации рабочего процесса врачей-рентгенологов. Это проявляется в

более равномерном распределении времени между ключевыми аспектами их трудовой деятельности.

В условиях дефицита кадровых ресурсов и возрастающей потребности в рентгенологических исследованиях актуализируется задача повышения производительности труда врачей-рентгенологов. Ключевыми направлениями оптимизации рабочего процесса являются сокращение временных затрат на заполнение медицинской документации и интерпретацию диагностических изображений. Особого внимания заслуживает внедрение централизованного описания диагностических исследований и организация работы в круглосуточном режиме. Данные меры способствуют не только оптимизации деятельности службы лучевой диагностики, но и повышению эффективности функционирования медицинских организаций, оказывающих помощь населению как в амбулаторных, так и в стационарных условиях. Централизованный подход к описанию исследований позволяет рационально распределять нагрузку между специалистами, обеспечивая более равномерное использование имеющихся кадровых ресурсов. Круглосуточный режим работы, в свою очередь, способствует сокращению времени ожидания результатов исследований, что особенно важно в контексте оказания неотложной медицинской помощи. Таким образом, комплексный подход к организации работы рентгенологической службы, включающий оптимизацию рабочего процесса врачей-рентгенологов и внедрение централизованной системы описания исследований, представляется перспективным направлением повышения эффективности и качества оказания медицинской помощи населению в целом.

### **3.4 Определение скорости заполнения протоколов рентгенологических исследований**

Протокол рентгенологического исследования играет ключевую роль в коммуникации между врачами-рентгенологами и специалистами других областей медицины, включая лечащих врачей пациентов [42, 43]. На протяжении развития лучевой диагностики сформировался ряд требований к

оформлению рентгенологического протокола, которые закреплены в Приложении № 34 к Приказу Министерства здравоохранения РФ от 9 июня 2020 г. N 560н «Об утверждении Правил проведения рентгенологических исследований» [33]. Протокол должен содержать информацию о медицинском учреждении, паспортные данные о пациенте, цель исследования и клиническую информацию, информацию о методике исследования, описательную часть с заключением и рекомендацией врача-рентгенолога. При этом конкретные требования к описательной части отсутствуют, что приводит к большой варибельности текстов протоколов и сложности анализа их текстов [89].

Разнообразие рентгенологических методов исследования позволяет подобрать оптимальный метод диагностики для каждого пациента. При этом различные рентгенологические методы имеют разную точность и детализацию анатомических структур. Например, современные КТ сканеры позволяют получить трёхмерное изображение и визуализировать анатомические структуры размером до 0,5 мм. Но, лучевая нагрузка, которую получает пациент вовремя КТ-исследования, является одним из ограничений данного метода. В свою очередь, разрешающая способность современных МРТ-сканеры сопоставима с КТ-сканерами, но длительность проведения МРТ-исследования в разы дольше. Рентгенография, флюорография и маммография обладают крайне низкой лучевой нагрузкой, но в результате этих исследований формируются двухмерные проекционные изображения, имеющие ограничение в визуализации мелких анатомических структур.

Таким образом, от метода лучевой диагностики зависит детальность диагностической информации, которую интерпретирует врач-рентгенолог, и соответственно, объём описания рентгенологических находок.

Для исследования варибельности объёма рентгенологических протоколов был проведён анализ медицинских документов, подготовленных врачами-рентгенологами МРЦ за период с апреля 2022 по август 2022 (табл. 3.17).

Таблица 3.17 – Результаты исследования объёма рентгенологических протоколов, (абс.)

Метод	Количество проанализированных протоколов	Среднее количество символов в протоколе	Минимальное количество символов в протоколе	Максимальное количество символов в протоколе
РГ	1879	606	10	1455
ФЛГ	968	338	92	927
ММГ	1589	1003	231	2092
КТ	965	1209	48	2681
МРТ	1081	1314	87	3188

Разница в среднем количестве символов в протоколе закономерно зависит от типа рентгенологического исследований. Так, протоколы флюорографических исследований имеют наименьший объём текстового описания, что связано с целью проведения исследования – реализация профилактических осмотров. Наибольший объём имеют протоколы КТ и МРТ-исследований, что обусловлено диагностическими возможностями подобного типа медицинского оборудования.

Протоколы маммографии по своему объёму сопоставимы с протоколами томографических исследований. Это обусловлено использованием в медицинских организациях ДЗМ структурированного электронного медицинского документа (СЭМД) (рис. 3.11).

## ОПИСАНИЕ

### Правая молочная железа

Тип плотности ткани молочной железы по ACR:  Тип В .

Кожа, соски и ареола –  не изменены .

Структура ткани – преимущественно  фиброзно-жировая .

Кальцинаты доброкачественные –  круглые ; квадранты  (-) ; распределение  единичное .

Кальцинаты подозрительные –  нет ; квадранты  (-) ; распределение  (-) .

Асимметрия –  нет ; квадранты  (-) .

Узловые образования –  нет ; квадранты  (-) ; форма  (-) .

Контур образования –  (-) ; плотность образования  (-) .

Нарушение архитектоники ткани –  нет ; квадранты  (-) .

Интрамаммарные л/узлы –  нет .

Обызвествления стенок сосудов –  нет .

Аксиллярные лимфатические узлы –  без особенностей ; структура –  (-) .

### Левая молочная железа

Тип плотности ткани молочной железы по ACR:  Тип В .

Кожа, соски и ареола –  не изменены .

Структура ткани – преимущественно  фиброзно-жировая .

Кальцинаты доброкачественные –  круглые ; квадранты  (-) ; распределение  единичное .

Кальцинаты подозрительные –  нет ; квадранты  (-) ; распределение  (-) .

Асимметрия –  нет ; квадранты  (-) .

Узловые образования –  нет ; квадранты  (-) ; форма  (-) .

Контур образования –  (-) ; плотность образования  (-) .

Нарушение архитектоники ткани –  нет ; квадранты  (-) .

Интрамаммарные л/узлы –  нет .

Обызвествления стенок сосудов –  нет .

Аксиллярные лимфатические узлы –  без особенностей ; структура –  (-) .

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Правая молочная железа –  BI-RADS 2 .

Левая молочная железа –  BI-RADS 2 .

Рекомендации: R-контроль через 1 год.

Рисунок 3.11 – Пример предзаполненного СЭМД для описания результатов маммографических исследований.

Применение СЭМД в сочетании со стандартизированной шкалой BI-RADS способствует повышению эффективности взаимодействия между специалистами разных специальностей и оптимизирует процесс выбора дальнейшей тактики ведения пациентов [43, 117]. При этом СЭМД для маммографии предзаполнен и врачу-рентгенологу, при интерпретации исследования, необходимо уже готовые формулировки из предложенных

вариантов. Такой подход значительно сокращает длительность заполнения СЭМД, но ограничен для применения в других типах рентгенологических исследований.

Таким образом, от типа рентгенологического исследования и типа применяемого протокола зависят объем описания, длительность интерпретации исследования и трудозатраты врача-рентгенолога.

По результатам хронометражного исследования и ряда публикаций заполнение медицинской документации занимают большую часть рабочего времени врачей как клинических, так и диагностических специальностей [3, 35, 52]. В данных условиях скорость набора текста на клавиатуре становится одним из важнейших навыков, которым должен овладеть врач. Следует отметить, что в медицинских университетах и на этапе постдипломного образования обучению печати на клавиатуре внимание должным образом не уделяется.

С целью определения скорости печати на клавиатуре среди 18 врачей-рентгенологов МРЦ было проведено исследование. Для врачей были подготовлены 3 текстовых примера, состоящих из фрагментов рентгенологических протоколов по РГ, КТ и МРТ (приложение 1). Врачам необходимо было перепечатать данные протоколы на чистый лист. Во время исследования измерялась скорость печати и её точность. Под точностью печати подразумевалось количество орфографических и пунктуационных ошибок, допущенных при наборе текста, при сравнении с текстовыми примерами. Результаты скорости и точности печати врачей при клавиатурном вводе представлены в таблице 3.18.

По результатам исследования средняя скорость печати врачей-рентгенологов составила 249 символов/мин, точность – 95%.

Применение технологии распознавания речи, потенциально может увеличить скорость заполнения медицинской документации до 3 раз. Ключевым фактором, в результативности применения системы распознавания речи, является точность распознавания специализированной медицинской

лексики. Низкая точность будет способствовать возникновению ошибок распознавания в медицинском документе, в связи с чем врачам будет необходимо затрачивать дополнительное время на редактирование документа. Дополнительное время, затраченное врачами на исправление возникших ошибок распознавания, может полностью нивелировать преимущество в скорости голосового заполнения. Дополнительно, у врачей может возникнуть психологический дискомфорт, связанный с низким качеством нового инструмента, который повлечёт за собой отказ от применения данной технологии в дальнейшем.

Таблица 3.18 – Результаты измерения скорости печати врачей-рентгенологов  
МРЦ

	<b>Скорость печати на клавиатуре</b>	<b>Точность</b>
Врач-рентгенолог №1	218 символов/мин	97%
Врач-рентгенолог №2	204 символов/мин	96%
Врач-рентгенолог №3	273 символов/мин	96%
Врач-рентгенолог №4	340 символов/мин	97%
Врач-рентгенолог №5	167 символов/мин	95%
Врач-рентгенолог №6	273 символов/мин	97%
Врач-рентгенолог №7	214 символов/мин	90%
Врач-рентгенолог №8	300 символов/мин	92%
Врач-рентгенолог №9	206 символов/мин	92%
Врач-рентгенолог №10	267 символов/мин	92%
Врач-рентгенолог №11	207 символов/мин	98%
Врач-рентгенолог №12	264 символов/мин	97%
Врач-рентгенолог №13	237 символов/мин	94%
Врач-рентгенолог №14	297 символов/мин	98%
Врач-рентгенолог №15	265 символов/мин	92%
Врач-рентгенолог №16	263 символов/мин	95%
Врач-рентгенолог №17	202 символов/мин	91%
Врач-рентгенолог №18	276 символов/мин	96%
<b>Среднее значение</b>	<b>249 символов/мин</b>	<b>95%</b>

Поэтому, обеспечение высокой точности распознавания рентгенологической лексики является важнейшей задачей при разработке и адаптации систем голосового ввода. Высокое качество распознавания позволит сохранить высокую скорость заполнения медицинской документации и избежать возникновения врачебных ошибок, связанных

вызванных наличием опечаток и ошибок в протоколе диагностического исследования.

### **Резюме**

Анализ показателей работы рентгеновских отделений Москвы в 2016-2022 гг. продемонстрировал рост количества диагностических исследований, проведённых с помощью КТ и МРТ. Значительные изменения произошли в период пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19, когда годовое количество КТ-исследований достигло максимума и составило 2 009 495 исследований, а доля профилактических исследований значительно сократилась с 49,9% до 19,1%.

За исследуемый период в медицинских организациях ДЗМ отмечается прирост на 62,1% общего количества исследований, проведённых с помощью КТ и МРТ-аппаратах и качественное улучшение диагностического процесса, что отражается на уровне использования технологий контрастирования при КТ и МРТ.

Отмечается небольшое увеличение количество «тяжелого» диагностического оборудования, так, в 2020 году количество КТ-аппаратов составило 188 ед., а количество МРТ-аппаратов – 102 ед.

За период с 2016 по 2021 года отмечалось увеличение числа врачей-рентгенологов, однако, в 2022 году, число врачей-рентгенологов сократилось на 7,2%.

С 2015 по 2019 гг., количество выполняемых исследований в медицинских организациях ДЗМ было относительно стабильным, с тенденциями к плавному росту, общее количество рентгенологических исследований, выполненных амбулаторно за этот период, стабильно ощутимо превалирует. Однако воздействие COVID-19 и его разновидностей привело к снижению объемов проведенных исследований методами лучевой диагностики в течение 2020 года и к ещё более значительному в 2021 году. В 2022 году отмечается начало процесса восстановления показателей количества рентгенологических исследований до допандемийных.

Увеличение количества рентгенологических исследований, проводимым на КТ и МРТ-аппаратах, повышает рабочую нагрузку на врачей-рентгенологов. Это, в первую очередь, связано с высокой информативностью данных исследований и необходимостью заполнения протоколов с учетом всех рентгенологических находок. Средний объём протоколов КТ и МРТ-исследований в 2 раза больше, чем протоколов РГ и – в 4 раза, чем ФЛГ.

При этом врачи-рентгенологи обладают относительно низким навыком печати на клавиатуре, что влияет на скорость заполнения протоколов исследований. Средняя скорость печати врачей-рентгенологов составила 249 символов/мин, а точность – 95%.

Также стоит отметить, что в трудовой деятельности врачей-рентгенологов большую часть рабочего времени затрачивается на подготовку протоколов исследований и интерпретацию диагностических изображений, 51% и 47% соответственно. В условиях сохраняющегося дефицита медицинских специалистов необходим поиск новых организационных технологий деятельности врачей-рентгенологов, в том числе с применением инновационных решений и алгоритмов искусственного интеллекта.

При дальнейшем увеличении количества КТ и МРТ-исследований, проводимых в медицинских организациях ДЗМ, низкая скорость подготовки медицинской документации, может привести к задержке поступления результатов исследований к лечащим врачам, что может негативно сказаться на качества оказания медицинской помощи. Это особенно важно для медицинских учреждений, оказывающих специализированную и скорую помощь.

Учитывая, что речь человека примерно в 3-4 раза быстрее скорости печати, целесообразно провести исследование применимости системы распознавания речи для заполнения электронной медицинской документации в рентгеновских отделениях.

## **ГЛАВА 4.**

### **РАЗРАБОТКА ОРГАНИЗАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ АДАПТИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ ДЛЯ ОПИСАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Система распознавания речи – является технологией автоматического преобразования речи человека в цифровые данные. За последнее десятилетие произошло значительное улучшение качества распознавания речи, что связано с развитием нейронных сетей, методов машинного обучения, алгоритмов искусственного интеллекта, повышением вычислительных мощностей и увеличением количества речевых данных для анализа и обучения. И на сегодняшний день технология распознавания речи применяется во многих сферах деятельности современного общества, например, с помощью голосовых команд можно управлять оборудованием и электронными приборами, в колл-центрах – автоматизировать обработку входящих и исходящих звонков, но наибольшее распространение получила функция голосового ввода текста.

По данным хронометражных исследований врачи-рентгенологи более половины времени работы с диагностическим исследованием тратят на заполнение протокола исследования. Система распознавания речи позволяет ускорить время заполнения медицинской документации, а освободившееся время врач может потратить на более подробное изучение диагностических изображений или истории болезни пациента.

#### **4.1 Методология адаптации и тестирования системы распознавания речи для заполнения протоколов рентгенологических исследований**

Процесс конвертации устной речи в текстовый формат с использованием компьютерных технологий представляет собой сложную многоэтапную процедуру. Современные системы распознавания речи интегрируют алгоритмы искусственного интеллекта, что значительно улучшает качество и

скорость обработки речевых сигналов [94]. Данный процесс включал несколько ключевых стадий, каждая из которых характеризуется своими особенностями (рис. 4.1).

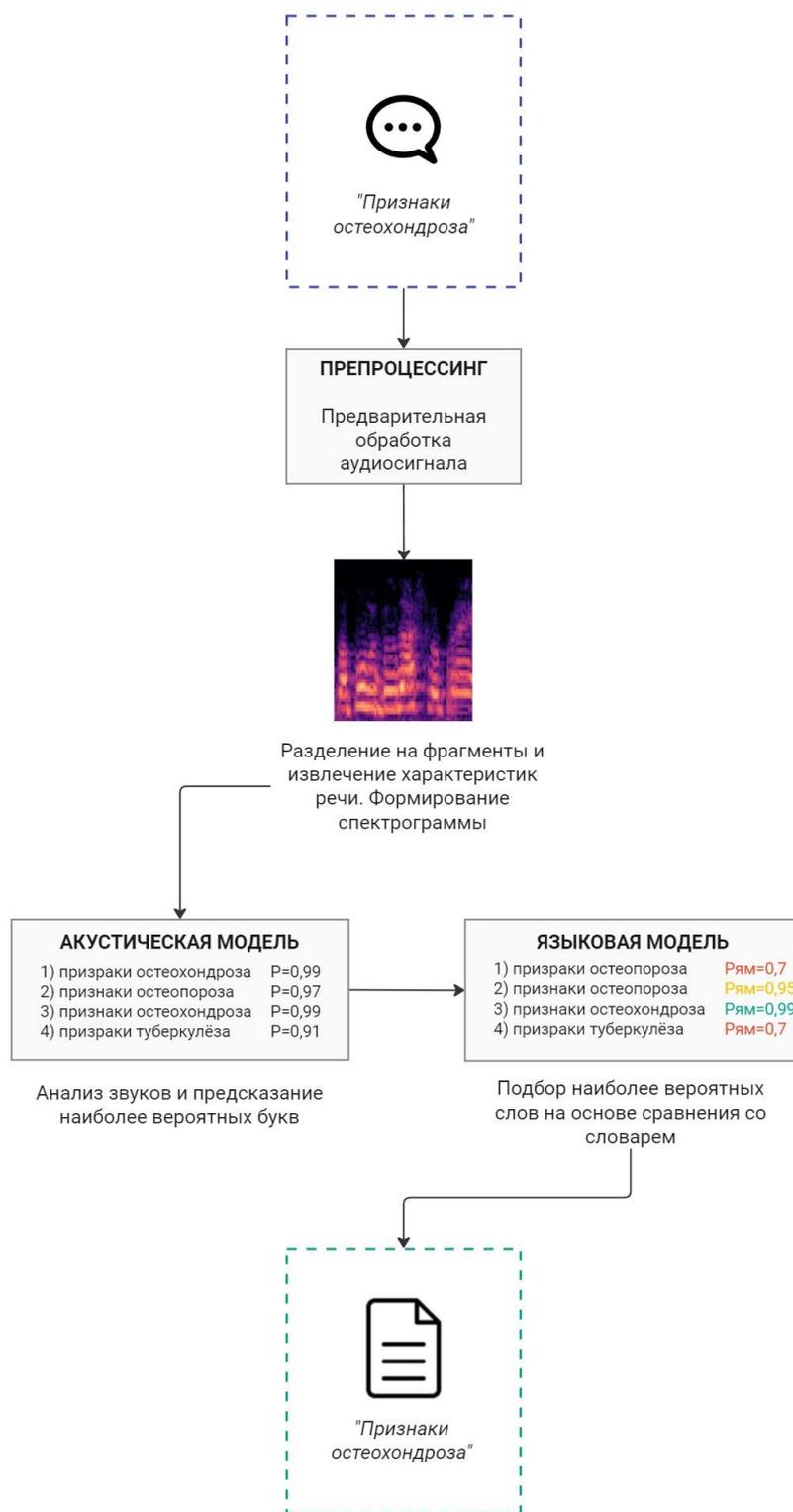


Рисунок 4.1 – Пошаговый процесс распознавания словосочетания «Признаки остеохондроза»

Инициальным этапом являлась фиксация звукового сигнала посредством микрофона или иного записывающего устройства с последующей цифровизацией звуковой волны для компьютерной обработки.

Далее осуществлялась предварительная обработка аудиоданных, направленная на уменьшение нежелательных шумов и выделение целевого речевого сигнала, что способствует повышению точности распознавания.

Следующая стадия предполагала сегментацию аудиофайла на короткие интервалы длительностью 20 миллисекунд, что оптимизирует анализ звуковых данных. Каждый сегмент подвергается индивидуальному анализу системой распознавания.

Затем производилась экстракция речевых характеристик, включая частотные, амплитудные и временные параметры звуков, которые используются для идентификации фонем, составляющих произнесенные слова.

Процесс сопоставления выделенных фонем осуществлялся с применением акустических моделей, обученных на обширных речевых корпусах. Эти модели могут базироваться на различных методологиях, включая скрытые марковские модели, нейронные сети и другие алгоритмы машинного обучения [75, 82, 91].

На заключительных этапах происходила агрегация фонем в слова и фразы с последующим формированием целостного текста посредством языковой модели. Полученный текст может подвергаться дополнительной обработке для коррекции лингвистических неточностей. Финальной стадией являлась интеграция сформированного текста в целевой документ, например, медицинскую карту. Учитывая, что современные системы распознавания речи не обеспечивают абсолютной точности, в некоторых случаях требовалась ручная корректировка распознанного текста специалистом.

В целях обеспечения универсальности и повышения точности распознавания речи, современные системы используют модули искусственного интеллекта в работе акустических и языковых моделей.

Данный подход позволяет эффективно обрабатывать речевые сигналы, нивелируя влияние таких факторов, как гендерная принадлежность, возрастные особенности и индивидуальные интонационные паттерны говорящего.

Процесс обучения модуля искусственного интеллекта требовал использования обширных текстовых данных. На основе этих данных был сформирован специализированный лексический тезаурус, включающий как общеупотребительную лексику, так и специфическую терминологию. Такой подход обеспечил высокую адаптивность системы к различным речевым ситуациям и предметным областям.

Акустическая модель позволила распознавать звуки речи, которые произносит пользователь, и преобразовывать их в текст. Эта модель работает на основе алгоритмов машинного обучения, которые позволяют ей распознавать различные фонетические единицы, такие как звуки, фонемы, слова и т.д. Она используется в системах распознавания речи для того, чтобы преобразовать речевой сигнал в последовательность букв и слогов, которые затем могут быть интерпретированы компьютером

Языковая модель обучается предсказывать вероятность последовательностей слов, используемых в естественном языке. Она используется в системах распознавания речи для того, чтобы помочь выбрать наиболее вероятное предложение, соответствующее распознанной речи.

Обучение акустических и языковых моделей является сложным процессом, который требует большого объема данных и вычислительных ресурсов. Однако развитие этих моделей обеспечивает высокое качество распознавания специфической лексики.

В сложных акустических условиях только акустической модели оказывается недостаточно для корректного распознавания произнесенной фразы. Наличие сильного шума в аудиозаписи может исказить звучание фонем так, что акустическая система будет допускать ошибки, неправильно

классифицируя фонемы. Это приводит к тому, что некоторые слова во фразе могут быть распознаны как другие, похожие на них по звучанию.

Для оценки согласованности слов в предложении использовались языковые модели. Модели оценивали вероятность появления слова в контексте других слов. Поскольку в процессе распознавания речи результат распознавания выбирается среди большого количества конкурирующих гипотез, для ускорения работы системы использовали N-граммные языковые модели [78]. Оптимальное соотношение качества и скорости работы системы распознавания речи на русском языке было достигнуто при использовании 3-граммных языковых моделей.

Использование языковых моделей в системах автоматического распознавания речи позволяет существенно улучшить качество распознавания в сложных условиях [58, 78, 121], в некоторой степени нивелируя ошибки акустической модели. Кроме того, языковые модели успешно применяются для адаптации систем распознавания к новой области, например, к медицинским терминам, которые не встречались в обучающих данных, составленных из общеразговорной лексики. Каждая медицинская специальность и область обладает своим особым набором терминов, устойчивых выражений и своим стилем формулирования предложений. Языковая модель, адаптированная под определенную лексику, позволяет лучше распознавать фразы из конкретной области, потому что концентрируется на её особенностях.

Дополнительная работа с последующим переобучением модели требуется для улучшения качества распознавания медицинских терминов (или групп терминов), в основном поступающих из обратной связи. Тренировочные тексты непригодны для оценки качества распознавания, для этого требуются тест-сет.

Тест-сет – это пара файлов, включающих в себя звуковой файл с произнесением текста и текстовый файл с идеальной текстовкой

(привлекаются люди, вручную прописывающие идеальное произношение). На тест-сетях проводится оценка качества распознавания).

Для проверки терминов, с которыми ведётся работа (поступающих из обратной связи) были созданы дополнительные тест-сети с многократным произнесением слова. Запись происходила через систему распознавания речи: нужно запустить приложение и продиктовать термин 4 раз. Термин записывался без контекста, однако если в ходе исследования выявлено, что для верного распознавания требовался контекст, для проверки термин записывался с контекстом.

Для новых тест-сетов требовалось проверить их распознавание на основе текущей модели. По результатам построения исследовалось качество распознавания терминов, по которым можно было оценить объём работ.

Причины плохо распознающегося термина выявлялись следующим образом:

- проверка наличия слова в языковой модели;
- проверка весов в языковой модели;
- проверка диграмм и триграмм со словом в языковой модели;
- проверка транскрипций слова.

Если медицинского термина не было в языковой модели – значит, он не встречался в тренировочных текстах (либо встречается крайне редко). Следовательно, слово нужно было добавить в ЯМ путём выделения класса, в зависимости от ситуации в класс можно добавить, к примеру, разные версии слова (слово с другими окончаниями). Однако, такой алгоритм имеет несколько минусов: с созданным классом не будет образовано диграмм и триграмм, следовательно, в зависимости от контекста слово подбираться не будет – теряется гибкость при распознавании.

Для обучения языковой модели для отделений заполнения протоколов рентгенологических исследований использовались тренировочные тексты, основанные на текстах протоколов диагностических исследований,

подготовленных врачами-рентгенологами медицинских учреждений города Москвы.

Если термин присутствовал в языковой модели, следующим шагом была проверка весов. Диапазон весов от -8 до 0, чем вес ниже – тем термин хуже распознавался, чем вес выше – тем больше термин заменял собой другие термин. Средний, оптимальный вес – «-4». Для оценки веса нужно было учитывать то, насколько часто термин используется врачами. Нужно было оценивать вес слова и его «конкурента» – слова, на которое термин заменяется при распознавании. Если очевидно, что вес слишком низкий для этого термина, его нужно скорректировать.

В некоторых случаях требовалось просмотреть диграммы со словом, реже триграммы. К примеру, как показано на рисунке 4.2, T2N2M0 заменялось на T2 L2 M0, что могло говорить о слишком высоком весе диграммы T2 L2 (или даже триграммы T2 L2 M0), это можно было проверить в ЯМ.

Ожидалось	TXNXM0 T0N1M1 T1N0M1 T2N2M0 T3N3M1 T4N3M0
Получено	TXNXM0 T0N1M1 T1 n 0 M1 T2 L2 M0 T3 L3 M1 Th4 L3 n 0

Рисунок 4.2 – Пример голосовой диктовки классификации TNM и результатов распознавания

При обучении на большом количестве текстов, в языковую модель попадали лишние слова, мешающие качественному распознаванию терминов и не используемые в медицинском контексте. Для лишних слов в языковой модели был предусмотрен чёрный список. Добавление в список происходило с помощью регулярных выражений. К примеру, вместо слова «признаки» распознавалось слово «призраки». Слово «призраки» не используется в рентгенологическом контексте, следовательно, в языковой модели оно не нужно – его убрали с помощью чёрного списка.

Таким образом, настройка языковой модели, это сложный и кропотливый процесс, однако, только с помощью него стало возможным

обеспечить высокую точность распознавания, необходимую, для применения системы распознавания речи в рентгеновских отделениях.

В рамках адаптации системы распознавания речи для специфических потребностей рентгенологической практики автором диссертационного исследования был реализован комплексный подход к формированию и оптимизации языковой модели. Основой для этого процесса послужил масштабный корпус текстовых данных, включающий 2,6 миллиона анонимизированных протоколов рентгенологических исследований, составленных специалистами медицинских учреждений, подведомственных Департаменту здравоохранения города Москвы.

Данный текстовый массив был использован для целенаправленной адаптации языковой модели системы распознавания речи, ориентированной на специфическую терминологию и лексику, характерную для рентгенологической практики. В результате этой работы была сформирована обширная лексическая база, насчитывающая 300 тысяч слов, релевантных для области рентгенологии.

Процесс оптимизации языковой модели не ограничивался лишь статистической обработкой текстовых данных. Важным компонентом адаптации стало активное взаимодействие с профессиональным сообществом врачей-рентгенологов. На основе их экспертных оценок и обратной связи проводилась дальнейшая корректировка словаря языковой модели, что включало в себя устранение опечаток и исправление рентгенологических терминов, внесенных с ошибками.

Итогом этой многоэтапной работы по адаптации системы распознавания речи, основанной на анализе обширного корпуса профессиональных протоколов и интеграции экспертных оценок автора исследования и практикующих врачей-рентгенологов, стало достижение высокого уровня точности распознавания специализированной терминологии и лексики, составившего 98%. Этот показатель свидетельствует о значительном

повышении эффективности системы в контексте ее применения в рентгенологической практике.

При работе системы распознавания речи одной из ключевых характеристик стала её точность. Точность распознавания речи — это мера того, насколько точно и правильно система голосового ввода распознает произносимые слова или фразы. Точность измеряется в процентах и означает количество распознанных слов или фраз, которые были распознаны правильно, относительно общего количества слов или фраз, которые были произнесены.

Например, если пользователь произносит 100 слов, а приложение распознает 90 из них правильно, то точность распознавания речи составляет 90%. Чем выше точность распознавания речи, тем более надежной будет система и врач затратит меньше времени на финальное корректирование медицинского документа. Для оценки точности используется показатель WER (Word Error Rate), которая измеряет процент ошибок распознавания слов. Она вычисляется путем сравнения распознанного текста с эталонным текстом и подсчетом количества вставок (ins), удалений (del) и замен (sub) слов, необходимых для преобразования распознанного текста в эталонный текст. Чем меньше значение показателя WER, тем лучше качество распознавания речи.

В рамках комплексной оценки эффективности системы распознавания речи для рентгенологической практики был реализован многоэтапный процесс тестирования, охватывающий стадии адаптации, апробации и внедрения технологии (рис. 4.3). Для обеспечения объективности оценки были разработаны 20 эталонных текстов, содержащих репрезентативные описания рентгенологических находок (приложение 1).

Методология тестирования предусматривала создание оптимальных условий для проведения эксперимента. С этой целью было организовано специализированное "тихое" рабочее место, минимизирующее влияние внешних акустических факторов на процесс распознавания речи.

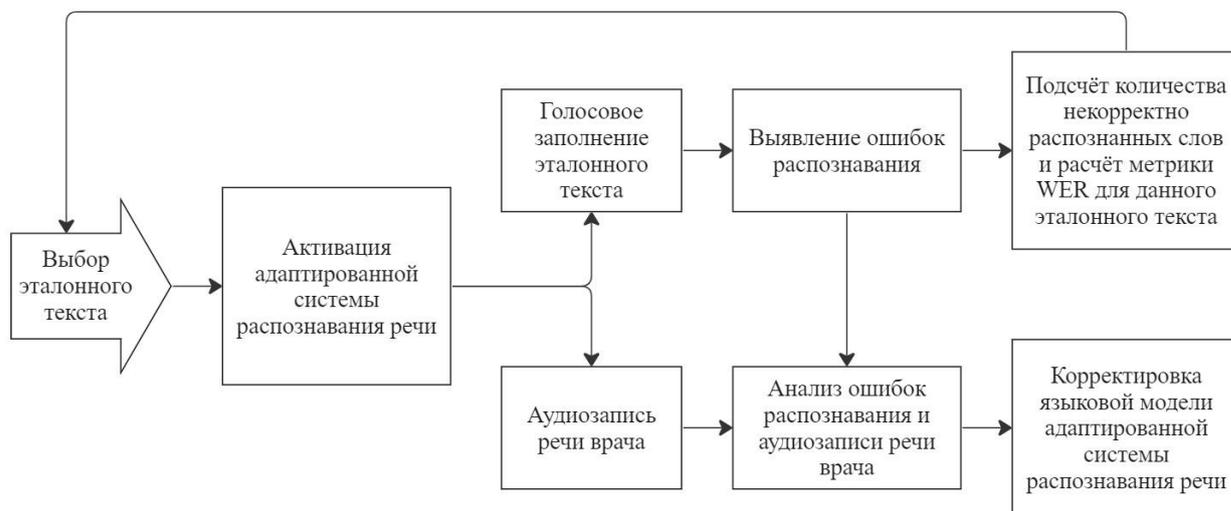


Рисунок 4.3 – Алгоритм тестирования и расчёта показателя WER для адаптированной системы распознавания речи

Экспериментальная процедура включала последовательную диктовку эталонных текстов экспертом с использованием системы распознавания речи. Диктовка осуществлялась в контролируемом темпе с четкой артикуляцией, включая вербализацию знаков препинания. Параллельно проводилась аудиозапись речи эксперта для последующего анализа.

По завершении диктовки эксперт производил маркировку ошибок распознавания в полученных текстах. Комплексные данные, включающие распознанный текст, комментарии эксперта и аудиозапись, передавались разработчикам системы для детального анализа и оптимизации алгоритмов распознавания.

Количественная оценка точности распознавания проводилась путем подсчета неверно распознанных слов и вычисления показателя Word Error Rate (WER). Этот метрический подход позволил объективно оценить эффективность системы на различных этапах ее развития и внедрения.

Таким образом, примененная методология оценки обеспечила всесторонний анализ точности распознавания рентгенологической лексики, что способствовало итеративному улучшению системы и ее адаптации к специфическим требованиям рентгенологической практики.

Подобное тестирование, с предоставлением обратной связи, на всех этапах адаптации и внедрения технологии распознавания речи позволило обеспечить оперативные изменения и корректировки в языковую модель.

#### **4.2 Организация автоматизированного рабочего места врача-рентгенолога с учётом применения адаптированной системы распознавания речи**

Как было сказано ранее, сложные акустические условиях, в которых происходит голосовое заполнение медицинской документации, может проводить к снижению точности распознавания. Поэтому подготовка автоматизированного рабочего места врача-рентгенолога является важным фактором, обеспечивающим высокую результативность применения систем распознавания речи.

Система распознавания речи не применима без устройства для аудио записи (микрофона). От качества устройства зависит чувствительность регистрировать звуки в широком диапазоне частот и громкостей, способность микрофона отфильтровывать фоновый шум и улучшать четкость записи, способность микрофона сфокусироваться на источнике звука и уменьшать влияние других звуков из окружающей среды

По результатам апробации системы распознавания речи автором диссертационного исследования, совместно с разработчиками системы распознавания речи были сформулированы технические требования для устройств для голосового ввода, предназначенных для применения адаптированной системы распознавания речи в условиях рентгеновских отделений (табл. 4.1.).

Высокая точность распознавания речи, достигаемая благодаря соответствию компонентов АРМ заданным параметрам, позволяет существенно снизить частоту возникновения ошибок при преобразовании речи в текст. Это, в свою очередь, минимизирует необходимость постобработки и ручной корректировки распознанного текста, что значительно повышает эффективность работы врача-рентгенолога.

Таблица 4.1 – Минимальные требования к АРМ и устройству для голосового ввода для применения совместно с адаптированной системой распознавания речи

<b>Требования к АРМ</b>	
Операционная система	Windows 7 (SP1) x32 / x64; Windows 10 x64; ALT Linux 9.1 Workstation; ALT Linux 9.1 Workstation K; ALT Linux 8 СП; OpenSUSE Leap 42.3; Astra Linux Smolensk 1.6; Astra Linux Orel 2.12
Процессор	Intel Core x32/x64; AMD x32/x64
Оперативная память	Не менее 8 гБ
Свободное место на диске	Не менее 1 гБ
<b>Требования к звукозаписывающему устройству</b>	
Минимальная частота микрофона	100 Гц и ниже
Максимальная частота микрофона	10 000 Гц и выше
Направленность микрофона	Однонаправленный
Чувствительность микрофона	-40 ... -15 дБ
Функция шумоподавления микрофона	Наличие
Отключение записи звука микрофона с помощью кнопки (mute)	Наличие
<b>Требования к характеристикам аудиосигнала</b>	
Отношение сигнал-шум (SNR)	Более 15 дБ
Реверберация	Менее 0,5 сек
Частота дискретизации	16 000 Гц
Кодек	G.711 или GSM или PCM 16bit LE

В ходе апробации системы распознавания речи, автором диссертационного исследования, совместно с врачами-рентгенологами, был проведен эргономический анализ различных типов устройств для голосового ввода: настольный микрофон, гарнитура, многофункциональное устройство для диктовки. По результатам апробации были сформулированы преимущества и недостатки протестированных устройств (табл. 4.2).

В исследовании проанализированы четыре типа звукозаписывающих устройств для медицинских учреждений: проводная и беспроводная головные гарнитуры, настольный и ручной микрофоны.

Проводная гарнитура проста в использовании и недорога, но ограничивает мобильность. Беспроводная гарнитура обеспечивает свободу движений, но дороже и требует зарядки. Настольный микрофон прост и недорог, но занимает место на столе. Ручной микрофон удобен и многофункционален, но дорог и требует специального ПО.

Выбор оптимального устройства зависит от конкретных условий медучреждения, включая продолжительность использования, потребность в мобильности, бюджет и совместимость с существующими системами.

Таблица 4.2 – Сравнительная таблица различных типов звукозаписывающих устройств

Тип звукозаписывающего устройства	Преимущества	Недостатки
Проводная головная гарнитура	Не требует настройки; Простота в подключении и использовании; Не требует дополнительного программного обеспечения; Низкая стоимость.	Дискомфорт при длительном ношении; Ограниченный функционал; Проводное подключение к АРМ.
Беспроводная головная гарнитура	Беспроводное подключение к АРМ; Возможность подключения к смартфону по каналу Bluetooth.	Требуется регулярная зарядка аккумулятора гарнитуры; Требуется подключение Bluetooth-адаптера к АРМ; Высокая стоимость; Возможно снижение качества работы вблизи кабинетов МРТ.
Настольный микрофон	Простота в использовании; Свободные руки; Не требует дополнительного программного обеспечения; Низкая стоимость.	Проводное подключение к АРМ; занимает место на рабочем столе; Ограниченный функционал; Наличие провода для подключения к АРМ.
Ручной микрофон	Удобство при использовании; Наличие функциональных клавиш, позволяющих расширить функционал РИС.	Проводное подключение к АРМ; Необходима настройка специализированного программного обеспечения; Высокая стоимость.

Многофункциональное устройство для голосового заполнения медицинской документации Philips SpeechMike SMP3700 (рис. 4.4) было определено как наиболее эргономичное устройство для работы совместно с

РИС. Данное устройство обладает высокочувствительным однонаправленным микрофоном и имеет функциональные клавиши, которые позволяют получить быстрый доступ к инструментам рабочей станции врача (изменение настройки рентгенологического окна просмотра WW/WL, переключение и пролистывание серий диагностических изображений, панорамирование, изменение масштаба и т.п.). Применение многофункционального устройства позволяет заменить большинство функций клавиатуры, которые использует врач-рентгенолог в рабочем процессе. Автором диссертационного исследования были предложены параметры настройки многофункционального устройства для голосового заполнения медицинской документации в условиях рентгеновских отделений.



Рисунок 4.4 – Многофункциональное устройство для голосового заполнения медицинской документации Philips SpeechMike SMP3700

Также, в ходе диссертационного исследования было выявлено, что планировка кабинета врача-рентгенолога или ординаторской играет важную роль в результативности применения системы распознавания речи.

Таблица 4.3 – Пример настройки многофункциональное устройство Philips SpeechMike SMP3700 для применения совместно с РИС и адаптированной системой распознавания речи

Клавиша устройства	Соответствии клавишам Windows	Функция
EOL / PRIO	Backspace	Удаление символа перед курсором
INS/OVER	Win+V	Открыть буфер обмена
Instruction <i>i</i>	Space	Клавиша «Пробел»
Rewind (перемотка назад)	Ctrl+стрелка влево	Перемещение курсора на одно слово назад
Forward	Ctrl+стрелка вправо	Перемещение курсора на одно слово вперёд
Record ●	Включение / выключение микрофона	
Play ►	Enter	Абзац
Задняя клавиша 1 (верхняя)	Ctrl+X	Вырезать выделенный фрагмент
Задняя клавиша 2 (нижняя)	Ctrl+C	Копировать выделенный фрагмент
Функциональная клавиша 1 (F1)	Z	Увеличение / уменьшение изображения
Функциональная клавиша 2 (F2)	M	Панорамирование изображения
Функциональная клавиша 3 (F3)	L	Инструмент «линейка»
Функциональная клавиша 4 (F4)	E	Инструмент «ROI»

Были сформулированы основные принципы организации автоматизированного рабочего места-врача-рентгенолога с учётом внедрения и применения адаптированной системы распознавания речи (рис. 4.5):

1. размещении большого числа врачей-рентгенологов в малогабаритных кабинетах затрудняет использование систем распознавания речи;
2. для оптимизации шумового загрязнения от диктующих врачей рекомендуется предусмотреть расстояние между АРМ не менее 2 м.

3. рекомендуется осуществить установку звукоизоляционных перегородок высотой около 1,5 м, выполненных из стекла, войлока или гипсокартона.

Оснащение рабочих мест врачей-рентгенологов звукоизоляционными перегородками представляет собой эффективное решение, направленное на оптимизацию условий работы с системой распознавания речи (рис. 4.6). Звукоизоляционные перегородки значительно снижают уровень фонового шума, который может негативно влиять на качество распознавания речи.



Рисунок 4.5 – Автоматизированное рабочее место (АРМ) врача-рентгенолога в Московском референс-центре лучевой диагностики, оборудованное системой распознавания речи

Это позволяет системе распознавания речи получать более чистый аудиосигнал, что напрямую коррелирует с повышением точности распознавания и снижением количества ошибок. Они эффективно подавляют акустические помехи, создаваемые работой диагностического оборудования, разговорами медицинского персонала с пациентами и коллегами.



Рисунок 4.6 – Применение звукоизоляционных перегородок в рабочем кабинете врачей-рентгенологов

Такая организация рабочего места способствует повышению концентрации внимания врачей, что особенно важно при интерпретации сложных диагностических изображений и формулировании заключений. Снижение уровня внешних раздражителей позволяет специалисту более эффективно фокусироваться на выполнении своих профессиональных задач.

#### **4.3 Организация учебно-методического процесса для освоения навыков применения адаптированной системы распознавания речи врачами-рентгенологами**

Для комфортного освоения новой инновационной технологии врачами-рентгенологами целесообразна организация комплексного учебно-методического процесса, включающего в себя как очные семинары, так и дистанционные образовательные технологии (рис. 4.7).

Целью учебно-методического процесса было освоение врачами-рентгенологами технологии распознавания речи и формирование базовых навыков по подготовке электронной медицинской документации с помощью системы голосового ввода.

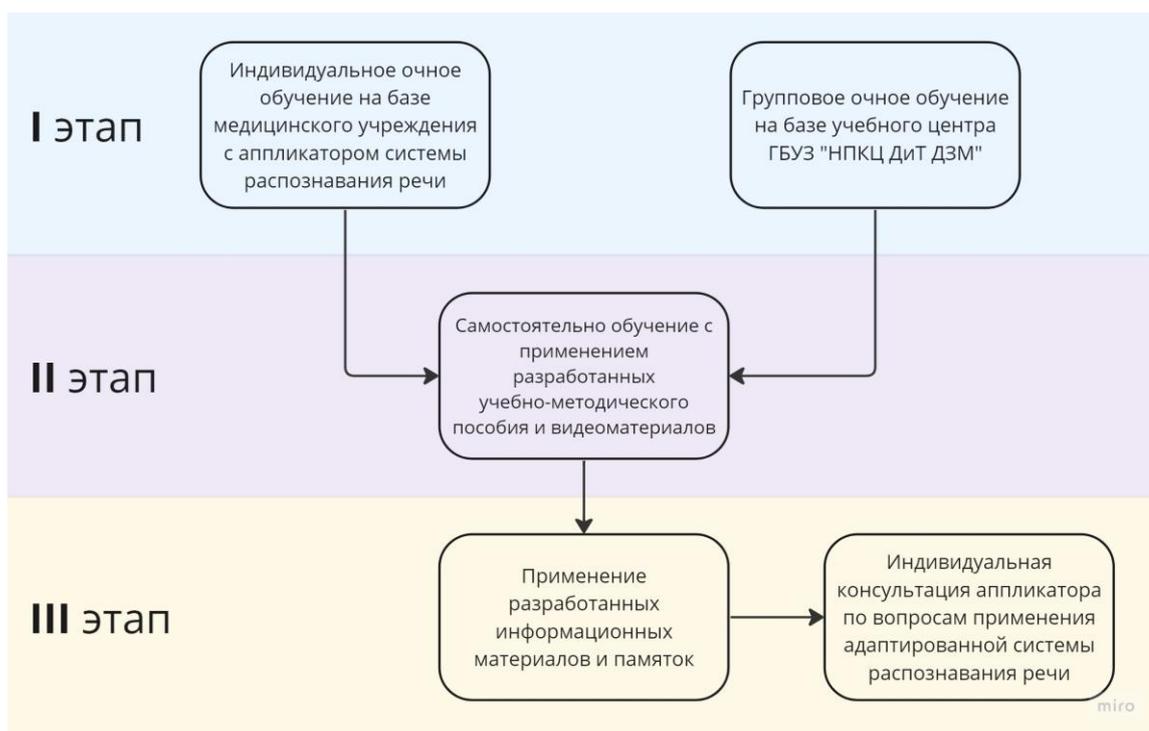


Рисунок 4.7 – Схема учебно-методического процесса, организованного в ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ»

В рамках диссертационного исследования были разработаны учебно-методические материалы (инструкции, учебно-методическое пособие, видеолекции), целью которых являлось самостоятельное обучение врачей-рентгенологов и освоением базовых навыков работы с системой голосового заполнения протоколов рентгенологических исследований.

На базе ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», автором диссертационной работы был организован очный учебный процесс, включающий в себя учебный класс (рис. 4.8) на 6 рабочих мест для проведения семинаров по применению адаптированной системы распознавания речи при подготовке протоколов рентгенологических исследований. Всего, за период с 2019 по 2023 гг. было обучено 584 врача-рентгенолога Департамента здравоохранения города Москвы.

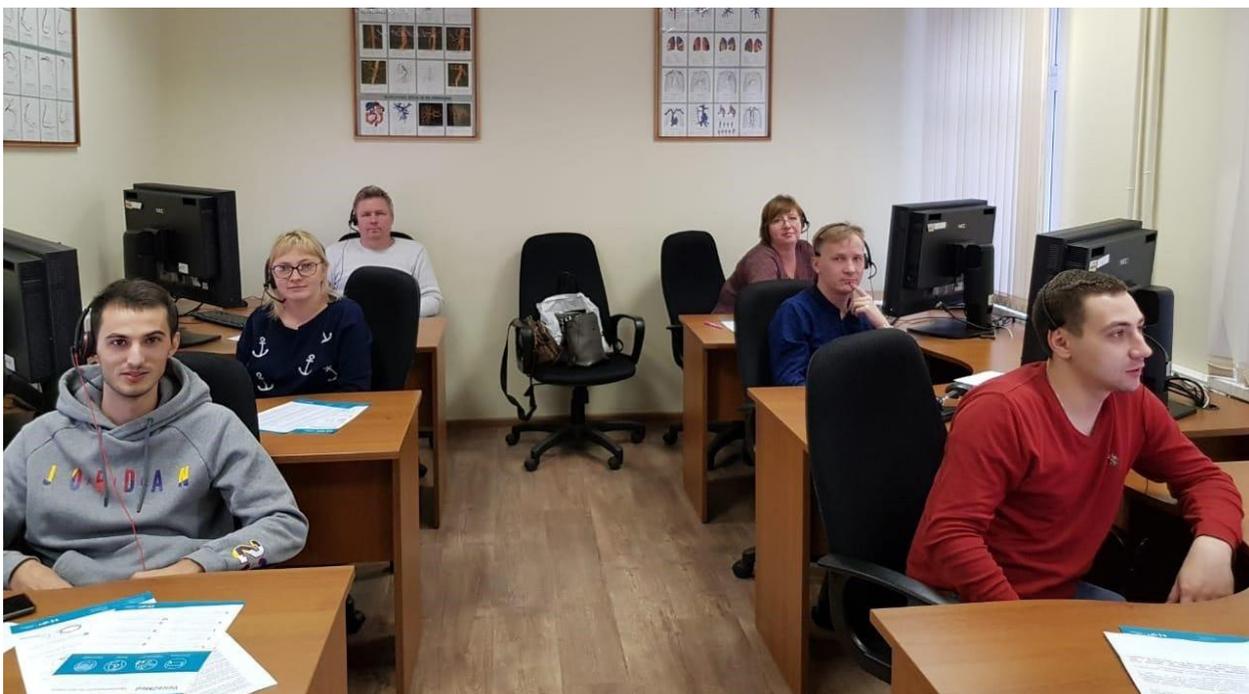


Рисунок 4.8 – Группа врачей-рентгенологов, проходящих очное обучение применению технологии распознавания речи

Адаптированная система распознавания речи была оснащена функцией «Автозамена». Данная функция позволяет заменять фразы пользователя на ранее подготовленные фрагменты текста. Например, врач произносит фразу: «киста почки», система распознает эту фразу и, вместо того чтобы вносить её в протокол исследования, использует ранее подготовленный фрагмент текста. Таким образом, в протоколе появляется следующая фраза: *«Определяется гиподенсное округлое образование, с тонкими стенками, с жидкостным содержимым, размерами NxNxN мм»*. Функция «Автозамена» позволяет значительно ускорить процесс заполнения протокола исследования, благодаря диктовки короткой фразы, но требует предварительной подготовки и формирования текстовых фрагментов. В рамках диссертационного исследования, был подготовлен тезаурус, содержащий 112 пар комбинаций «короткая фраза-фрагмент текста». Тезаурус предназначен для описания КТ-исследований головного мозга, органов грудной клетки, органов брюшной полости и органов малого таза. Тезаурус был оформлен в виде базы данных и зарегистрирован как РИД (RU 2022622392 от 04.10.2022 года).

#### **4.4 Разработка требований к системе мониторинга применения адаптированной системы распознавания речи и пилотное тестирование системы в рентгеновском отделении**

Для оценки влияния адаптированной системы распознавания речи на длительность подготовки протоколов рентгенологических исследований требуется разработка системы мониторинга, которая имеет возможность интеграции в ЕРИС ЕМИАС. Цель системы мониторинга – обеспечить контроль за применением адаптированной системы распознавания речи в рентгеновских отделениях, определить типы рентгенологических исследований, для которых врачи используют голосовое заполнение, определить перечень медицинских организаций и врачей-рентгенологов, обеспечить возможность сбора данных с целью последующего анализа.

##### **Требования к системе мониторинга применения технологии распознавания речи:**

1. Возможность учёта применения технологии распознавания речи при подготовке протоколов рентгенологических исследований в среде ЕРИС ЕМИАС;
2. Онлайн доступ к онлайн-табло (дашборду) с идентификацией по логину и паролю;
3. Обеспечить сбор и хранение следующих данных:
  - a. уникальный идентификатор рентгенологического исследования;
  - b. дата и время проведения диагностического исследования;
  - c. тип и наименования рентгенологического исследования;
  - d. наименование медицинской организации;
  - e. дата и время начала заполнения протокола исследования;
  - f. дата и время визирования протокола исследования;
  - g. ФИО врача-рентгенолога, подготовившего протокол исследования;
4. Реализовать возможность фильтрации исследований по следующим параметрам:

- a. дата или период дат;
- b. тип рентгенологического исследования;
- c. наименование медицинской организации;
- d. ФИО врача-рентгенолога, подготовившего протокол исследования.
- e. Комбинированный фильтр, с возможностью объединения нескольких параметров из пунктов a, b, c и d.

**Основные показатели системы мониторинга применения технологии распознавания речи:**

1. Список уникальных идентификаторов рентгенологических исследований, подготовленных с помощью технологии распознавания речи;
2. Количество протоколов, подготовленных с помощью технологии распознавания речи;
3. Количество символов, введённых с помощью технологии распознавания речи;
4. Длительность применения технологии распознавания речи при подготовке протокола рентгенологического исследования.

**Дополнительные функциональные возможности системы мониторинга применения технологии распознавания речи:**

1. Возможность выгрузки отчётов в табличном виде и форматах Microsoft Excel и CSV;
2. Визуализация статистики с помощью линейных графиков (в соответствии со значениями фильтров);
3. Вывод данных в виде веб-таблицы, с возможностью сортировки, скрытия и отображения столбцов и строк;
4. Отсутствие возможности редактирования исходных данных.

Система мониторинга применения технологии распознавания речи позволяет осуществлять контроль за процессом заполнения медицинских документов, оценивать результативность применения технологии при

подготовке медицинской документации. Внедрение системы мониторинга в ЕРИС ЕМИАС позволяет контролировать применение технологии распознавания речи в масштабах г. Москвы.

После завершения процесса адаптации системы распознавания было принято решение о проведении пилотного тестирования. Тестирование проводилась в рентгеновских отделениях в медицинских организациях Департамента здравоохранения города Москвы в период июнь-август 2020 года. Для апробации были подобраны 6 медицинских организаций, оказывающих первичную медико-санитарную помощь (ГБУЗ «ГП №8 ДЗМ», ГБУЗ «ГП №219 ДЗМ», ГБУЗ КДП №121 ДЗМ», ГБУЗ «ГП №170 ДЗМ», ГБУЗ «ГП №2 ДЗМ», ГБУЗ «ГП №68 ДЗМ»). В апробации приняли участие 15 врачей-рентгенологов с опытом работы от 5 до 7 лет.

Целями пилотного тестирования стали:

1. Хронометражное исследование и определение влияния адаптированной системы распознавания речи на длительность подготовки протоколов КТ и МРТ-исследований;
2. Сбор обратной связи от врачей-рентгенологов и выявление ошибок распознавания;
3. Тестирование методологии внедрения и применения адаптированной системы распознавания речи в рентгеновских отделениях.

В рамках исследования, посвященного изучению влияния адаптированной системы распознавания речи на временные затраты при формировании протоколов рентгенологических исследований, было реализовано хронометражное исследование, разделенное на три последовательных этапа. (рис. 4.9).

Первый этап проводился в день внедрения системы распознавания речи на АРМ врача-рентгенолога. Целью первого этапа было определить длительность заполнения протокола рентгенологического исследования с помощью клавиатурного ввода. В этот же день врач-рентгенолог проходил обучение с аппликатором по применению системы распознавания.

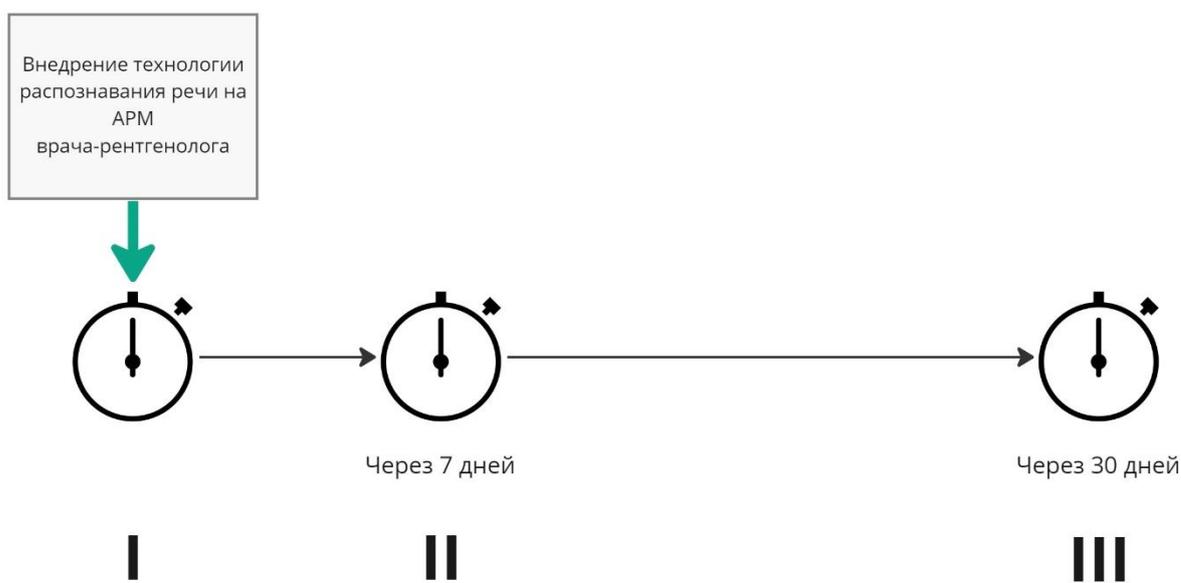


Рисунок 4.9 – Этапы проведения пилотного тестирования адаптированной системы распознавания речи

Применение системы распознавания речи при составлении протоколов рентгенологических исследований осуществлялось на протяжении второго и третьего этапов хронометражного исследования. Временные рамки проведения второго этапа были определены 7-дневным интервалом после интеграции технологии распознавания речи в автоматизированное рабочее место врача-рентгенолога. Третий этап был проведен спустя 30 дней после оснащения системы распознавания речи.

Процесс измерения времени, затрачиваемого на подготовку протоколов рентгенологических исследований, включал три основных временных интервала: период анализа диагностических изображений, интервал заполнения протокола и этап редактирования внесенной информации (рис. 4.10).

На начальном этапе исследования осуществлялась регистрация времени, необходимого для составления протоколов исследований с использованием клавиатуры. Каждому участвующему врачу была предоставлена информация о сути проводимого хронометража. Специалист случайно выбирал одно из предложенных КТ или МРТ-исследований. В ходе каждого этапа врач описывал 5 исследований, которые впоследствии исключались из списка для

последующих этапов. Существенно отметить, что врач-рентгенолог предварительно незнакомился с диагностическими изображениями.



Рисунок 4.10 – Схема проведения хронометражного исследования в рамках организационного моделирования

По сигналу хронометриста специалист приступал к подготовке протокола. Перед началом анализа изображений врач произносил "Смотрю", после чего хронометрист активировал первый таймер. Завершив ознакомление с изображением, врач говорил: «Пишу» и начинал заполнение протокола, а хронометрист запускал второй таймер. При необходимости повторного просмотра изображений или дополнения текста врач повторно произносил соответствующую команду, а хронометрист переключал таймер. По окончании заполнения протокола врач говорил: «Корректирую» и приступал к проверке и редактированию текста, хронометрист включал третий таймер. Завершив проверку, врач произносил "Визирую", хронометрист останавливал хронометр и фиксировал результаты.

Методология проведения второго и третьего этапов хронометражного исследования была аналогична первому этапу, за исключением того, что вместо команды "Пишу" врач говорил: «Диктую», а заполнение протокола осуществлялось с применением адаптированной системы распознавания речи.

Апробация системы распознавания речи для формирования протоколов рентгенологических исследований (КТ/МРТ) включала 225 измерений времени. Традиционный метод ввода с клавиатурой требовал в среднем 615 секунд (10 минут 15 секунд) на протокол: 236 секунд на интерпретацию снимков, 344 секунды на заполнение и 35 секунд на корректировку.

Начальное использование системы распознавания речи показало время, сопоставимое с клавиатурным вводом - 624 секунды (10 минут 24 секунды). Однако после оптимизации системы, время сократилось до 482 секунд (8 минут 2 секунды): 214 секунд на интерпретацию, 192 секунды на заполнение с помощью распознавания речи и 77 секунд на корректировку.

Статистически значимое сокращение времени ( $p=0,00039$ ) наблюдалось между использованием клавиатуры и оптимизированной системой распознавания речи, подтверждая эффективность последней для ускорения формирования протоколов. Время интерпретации снимков не различалось между этапами ( $p=0,18$ ) (табл. 4.4).

Таблица 4.4 – Результаты хронометражного исследования, проведённого в рамках организационного моделирования применения адаптированной системы распознавания речи, (абс.)

Рабочий элемент	I этап	II этап	III этап	<i>p</i> (U-test) Сравнение I и III этапов
Работа с рентгенологическими изображениями, сек, $M \pm m$	236 ± 11,9	224 ± 12,3	214 ± 14,4	0,18
Заполнение медицинского документа, сек, $M \pm m$	344 ± 19,7	242 ± 9,7	192 ± 15,2	0,0001
Проверка медицинского документа, сек, $M \pm m$	35 ± 5,9	157 ± 8,2	77 ± 7,1	0,0001
Суммарное время описания исследования, сек, $M \pm m$	615 ± 26,7	624 ± 18,0	482 ± 25,4	0,00039

Резюмируя результаты проведенного хронометражного исследования, можно констатировать, что внедрение системы распознавания речи продемонстрировало потенциал для оптимизации процесса подготовки протоколов КТ и МРТ-исследований. В частности, было зафиксировано

сокращение длительности данного процесса приблизительно на 22%. Однако следует отметить, что такой положительный эффект был достигнут только спустя 30 дней после интеграции адаптированной системы распознавания в автоматизированное рабочее место (АРМ) врача-рентгенолога. Примечательно, что применение данной технологии через 7 дней после внедрения не привело к ожидаемому сокращению времени подготовки протокола, а напротив, незначительно увеличило его продолжительность. Этот факт может свидетельствовать о недостаточном формировании навыков работы с системой у врачей за столь короткий период самостоятельного использования технологии распознавания речи. Особого внимания заслуживает продолжительность этапа корректировки текста протокола после голосового ввода, которая в среднем составила 157 секунд (2 минуты 37 секунд). Данный показатель также указывает на недостаточно уверенное владение врачами технологией распознавания речи на начальных этапах ее внедрения.

При сравнении результатов II и III этапов хронометражного исследования, следует отметить сокращение как длительность голосового заполнения текста, так и длительности проверки и корректировки введенного текста. Длительность заполнения протокола исследования сократилась 21%, а длительность корректировки и проверки текста – на 51%. Можно сделать вывод, что период адаптации и освоения врачами-рентгенологами навыка работы с адаптированной системой распознавания речи составляет примерно 30 дней. В течение этого периода врач должен регулярно практиковаться и применять технологию распознавания речи при подготовке медицинской документации.

Не смотря на явное преимущество технологии распознавания речи в скорости заполнения протоколов рентгенологических исследований, обращают на себя внимание временные затраты врачей на корректировку и проверку введенного текста. Так, при использовании адаптированной системы распознавания, длительность корректировки текста увеличилась в 2,2 раза при

сравнении с клавиатурным вводом. Такой результат свидетельствует о недостаточном качестве работы адаптированной системы распознавания речи. Врачам приходилось исправлять ошибки распознавания вручную и затрачивать на это дополнительно время.

Сбор обратной связи и ошибок распознавания осуществлялся врачами-рентгенологами при самостоятельной работе с системой распознавания речи. Для сбора обратной связи была разработана таблица, в которой указывались данные врача, медицинской организации, идентификационный номер исследования в ЕРИС ЕМИАС, наименование диагностического исследования и поле для комментариев врача-рентгенолога, где указывались ошибки распознавания и предложения по доработке технологии.

На этапе апробации основными ошибками распознавания стали: сегменты позвоночника и номера позвонков (например, С3, Th12, L5), классификация TNM, нумерация сегментов печени и лёгких (например, S4), шкала Fazekas и ошибки распознавания окончаний слов и их согласования в предложениях. Полученные данные определили основные направления доработки системы распознавания речи перед внедрением в медицинских организациях Департамента здравоохранения города Москвы. Устранение, полученных в ходе апробации и хронометражного исследования, замечаний от врачей-рентгенологов и последующая корректировка словаря языковой модели адаптированной системы распознавания речи позволило повысить точность распознавания рентгенологической лексики до 93%.

### **Резюме**

Технология распознавания речи позволяет автоматически преобразовывать речь пользователя в текстовую информацию и автоматически заполнять электронный документ. В основе этой технологии лежит сложный процесс преобразования звуковых волн в цифровой сигнал с последующим распознаванием с помощью акустической и языковой моделей и алгоритмов глубокого обучения произнесенных слов. Основное преимущество применения адаптированной системы распознавания речи – это

скорость ввода текстовой информации, которая значительно быстрее набора текста с помощью клавиатурного ввода. Большинство современных системы распознавания речи позволяют с достаточно высокой точностью определять общеразговорную лексику. Однако это неприменимо для специализированных сфер трудовой деятельности, где речь пользователей может состоять из терминов и фраз, не используемых в разговорной речи.

Для применения технологии распознавания речи в здравоохранении, в частности в рентгеновских отделениях, требуется разработка специализированных словарей, наполненных рентгенологическими терминами, и адаптация языковой модели. Процесс разработки специализированного словаря включает в себя подготовку набора данных, состоящих из примеров рентгенологических текстов (протоколы описания исследований) и аудиозаписей. При этом, чем больше разнообразных примеров рентгенологических текстов будет содержаться в наборе данных, тем выше будет точность распознавания. Оценка точности работы адаптированной системы распознавания речи определялось с помощью показателя WER (Word Error Rate), которая измеряет процент ошибок распознавания слов, которая учитывает количество вставок «новых» слов, удалений произнесенных слов и замен произнесенных слов при сравнении с эталонным текстом.

Оценка точности распознавания необходима для контроля динамики развития технологии распознавания речи, ведь для обеспечения высокой точности распознавания, необходимы регулярные доработки специализированного словаря и языковой модели, основанные на полученной обратной связи от врачей.

При внедрении новой инновационной технологии в рабочий процесс рентгеновского отделения и центров лучевой диагностики, необходимо обеспечить комфортные условия для освоения врачами новых навыков. Наиболее эффективным методом адаптации является очное обучение с аппликатором. При этом следует учитывать потребность врачей к получению

оперативной информации о технологии и при самостоятельном использовании. Для этого рекомендуется разрабатывать небольшие инструкции и памятки. Для оптимизации ресурсов можно использовать дистанционные образовательные технологии в виде видео-уроков и вебинаров.

Для оценки целесообразности применения технологии распознавания речи в условиях рентгеновского отделения и центра лучевой диагностики, было проведено хронометражное исследование, результаты которого подтвердили преимущество технологии распознавания речи над традиционным (клавиатурным) методом в скорости заполнения протоколов исследований. Скорость ввода текста с помощью адаптированной системы распознавания речи на 44% быстрее, чем с помощью клавиатуры. Однако, во время хронометражного исследования, точность работы технологии распознавания речи составляла 87%, что сказалось на количестве ошибок распознавания и необходимости проверки и корректировки введенного текста. При этом длительность корректировки текста, введенного с помощью голоса, была примерно в 2 раза дольше, чем с помощью клавиатуры. Несмотря на это, технология распознавания речи всё равно позволила сократить длительность подготовки протоколов КТ- и МРТ-исследований на 22%. Таким образом, обеспечения высокой точности распознавания является важнейшим фактором для результативного применения адаптированной системы распознавания речи в рентгеновских отделениях и центрах лучевой диагностики.

## **ГЛАВА 5.**

# **ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗРАБОТАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ В УСЛОВИЯХ ОРГАНИЗАЦИИ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ПРОЦЕССА ОПИСАНИЯ РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Результаты пилотного тестирования адаптированной системы распознавания речи продемонстрировали её применимость для подготовки протоколов рентгенологических исследований. Основным преимуществом стало сокращение длительность заполнения электронных медицинских документов. Однако, в пилотном тестировании приняли участие ограниченное число врачей-рентгенологов, которые подготавливали протоколы только для КТ- и МРТ-исследований, что не позволило получить полноценную картину об результативности применения системы распознавания речи при подготовке протоколов для разных методов рентгенологических исследований.

Немаловажным является изучение мнения врачей-рентгенологов о внедрении и использовании новой технологии в рабочем процессе. Изучение мнения врачей позволит выявить как ограничения и недостатки адаптированной системы распознавания речи, требующие доработки и оптимизации, так и сильные стороны технологии, что позволит адаптировать её для применения в других специальностях, например, в ультразвуковой диагностике, патологической анатомии, хирургии.

Таким образом, требуется комплексная оценка результативности применения адаптированной системы распознавания речи, включающая в себя расширенное хронометражное исследование и изучение мнения врачей-рентгенологов.

## **5.1 Влияние разработанной технологии с применением адаптированной системы распознавания речи на длительность описания результатов рентгенологических исследований**

Разработка и внедрение системы мониторинга применения технологии распознавания речи позволило получать данные о рентгенологических исследованиях, протоколы которых были подготовлены с применением технологии распознавания речи. Это способствовало проведению ретроспективного хронометражного исследования, позволяющего оценить временные затраты на подготовку медицинских документов с применением технологии распознавания речи и сравнить их с традиционными методами заполнения медицинской документации (клавиатурный ввод).

Успешные результаты апробации адаптированной системы распознавания речи способствовали дальнейшему масштабированию в рентгеновских отделениях в медицинских организациях Департамента здравоохранения города Москвы.

Ретроспективное хронометражное исследование было проведено на базе ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», ГБУЗ «Городская клиническая онкологическая больница №1 Департамента здравоохранения города Москвы». Врачи-рентгенологи вышеописанных медицинских организаций прошли обучение с аппликатором системы голосового ввода и в период с июня 2021 года по июнь 2022 года проводили подготовку протоколов рентгенологических исследований с помощью системы голосового ввода. В исследовании приняли участие врачи, имеющие опыт применения технологии распознавания речи более 6 месяцев.

Результаты хронометражного исследования, проведенного в рамках организационного эксперимента, были опубликованы в научной статье «Технология распознавания речи в лучевой диагностике: длительность подготовки заключений» в рецензируемом издании «ОРГЗДРАВ: новости, мнения, обучения. Вестник ВШОУЗ» в 2023 году.

За время исследования врачами-рентгенологами с помощью системы голосового ввода было подготовлено 130 950 протоколов рентгенологических исследований.

Для оценки результативности применения адаптированной системы распознавания речи в медицинских организациях ДЗМ, оказывающих первичную медико-санитарную и специализированную помощь, были сформированы шесть пар групп сравнения (табл. 5.1). В каждой паре сравнения проводился анализ протоколов, подготовленных с помощью клавиатурного ввода и адаптированной системы распознавания речи.

Таблица 5.1 – Количество рентгенологических протоколов, включённых в хронометражное исследование, (абс.)

Тип рентгенологического исследования	Количество протоколов	
	Клавиатурный ввод	Голосовой ввод
Флюорография	900	898
Диагностическая маммография	1205	1321
Рентгенографические исследования с целью диагностики травматических переломов	1545	1581
КТ органов грудной клетки при COVID-19	1213	1117
МРТ головного мозга с контрастированием	1073	759
КТ органов грудной клетки, брюшной полости и малого таза с контрастированием	593	707

При анализе длительности подготовки протоколов флюорографических исследований были получены следующие результаты. Средняя длительность подготовки протокола в 1-ой группе составила 189,9 сек (0:03:09), во 2-ой группе – 236,2 сек (0:03:56). Медианная длительность описания в 1-й и 2-й группах составила 107,0 сек (0:01:47) и 139,5 сек (0:02:19) соответственно. Диаграммы длительности описания исследований представлена на рисунке 5.1. Продолжительность интерпретации результатов флюорографических исследований при использовании клавиатурного ввода была меньше, различия

оказались статистически значимы ( $p < 0,0001$ ). Описательная статистика данных по длительности подготовки протоколов флюорографических исследований представлена в таблице 5.2.

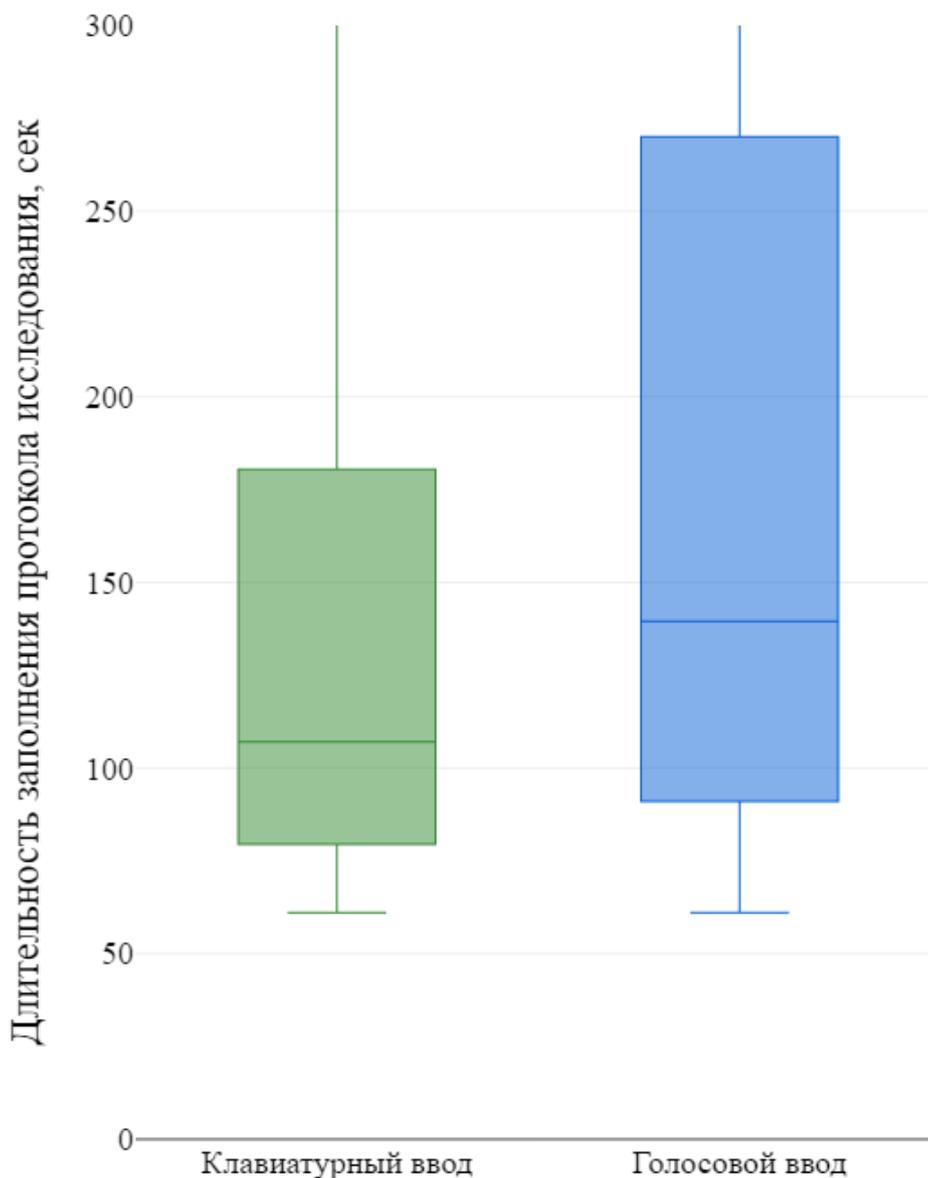


Рисунок 5.1 – Длительность описания флюорографических исследований с помощью клавиатурного и адаптированной системы распознавания речи, (абс.)

По результатам исследования средняя длительность подготовки протоколов флюорографических исследований при использовании клавиатурного ввода оказалась меньше на 19,6%, медианная — на 23,3%, чем при использовании технологии распознавания речи.

Таблица 5.2 – Длительность подготовки протоколов флюорографических исследований, (абс.)

Статистический параметр	Клавиатурный ввод	Голосовой ввод
Количество наблюдений	900	898
Среднее значение, сек	189,9	236,2
Стандартное отклонение, сек	229,4	246,3
Минимальное значение, сек	61	61
Q1 первый квартиль, сек	79,5	91
Медиана, сек	107	139,5
Q3 третий квартиль, сек	180,5	270
IQR межквартильный размах, сек	101	179
Максимальное значение	1735	1619
<i>p</i> (U-test)	<0,0001	

При анализе длительности подготовки протоколов маммографических исследований были получены следующие результаты. Средняя длительность подготовки протокола в 1-ой группе составила 387,1 сек (0:06:27), во 2-ой группе – 444,8 сек (0:07:24). Медианная длительность описания в 1-й и 2-й группах составила 224,0 сек (0:03:44) и 271,0 сек (0:04:31) соответственно. Диаграммы длительности описания исследования представлена на рисунке 5.2. Продолжительность интерпретации результатов флюорографических исследований при использовании клавиатурного ввода была меньше, различия оказались статистически значимы ( $p < 0,0001$ ). Описательная статистика данных по длительности подготовки протоколов флюорографических исследований представлена в таблице 5.3.

По результатам исследования средняя длительность подготовки протоколов маммографических исследований при использовании клавиатурного ввода оказалась меньше на 14,9%, медианная — на 21,0%, чем при использовании технологии распознавания речи.

Следует отметить, что в медицинских учреждениях Департамента здравоохранения Москвы используется структурированный электронный медицинский документ (СЭМД) для описания маммографических исследований.

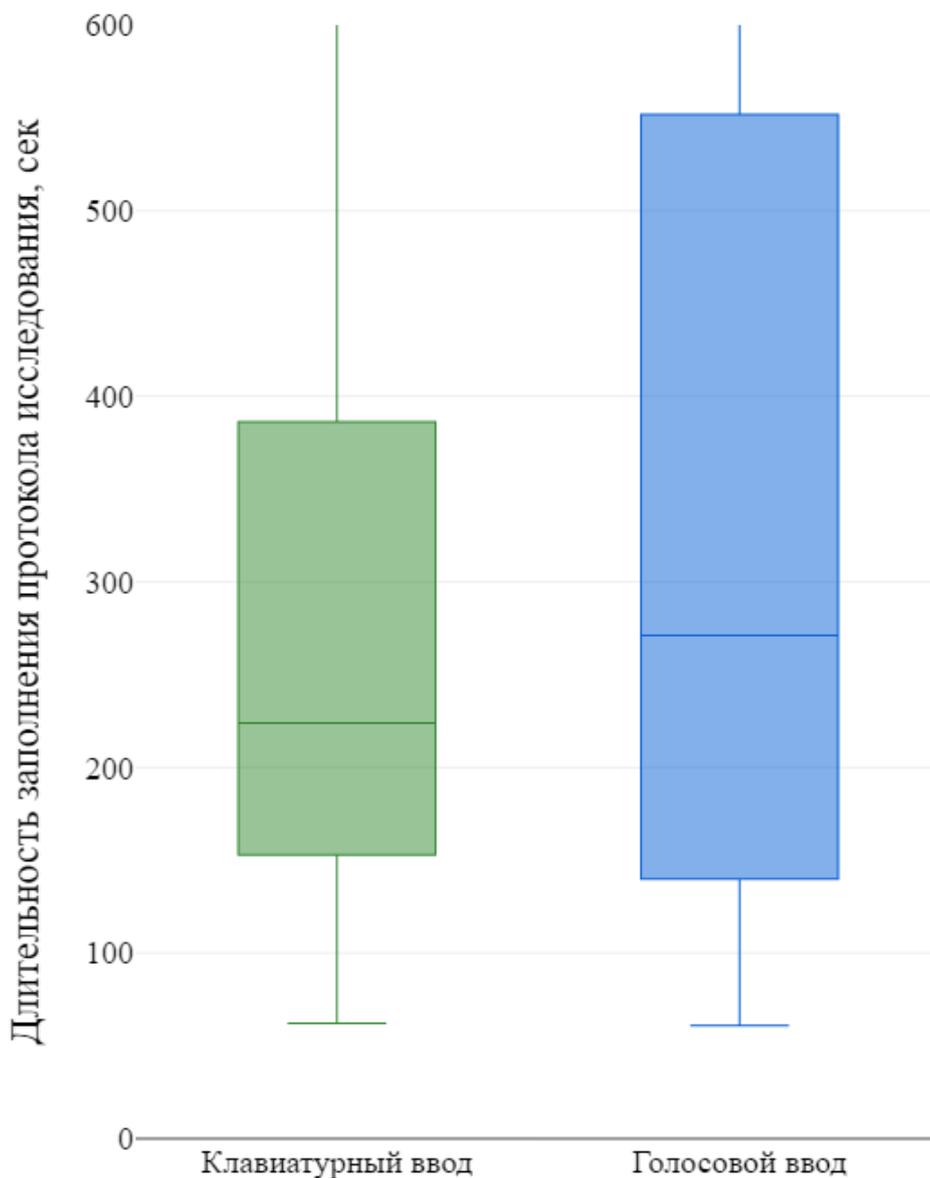


Рисунок 5.2 – Длительность описания флюорографических исследований с помощью клавиатурного и адаптированной системы распознавания речи, (абс.)

Применение СЭМД совместно со шкалой BI-RADS позволяет унифицировать и стандартизировать результаты маммографических исследований, что значительно упрощает дальнейший эпидемиологический анализ и проведение аудита исследований, однако ограничивает возможности применения адаптированной системы распознавания речи. При заполнении СЭМД технология распознавания речи позволяет только выбирать значения из выпадающего списка.

Таблица 5.3 – Длительность подготовки протоколов диагностических маммографических исследований, (абс.)

Статистический параметр	Клавиатурный ввод	Голосовой ввод
Количество наблюдений	1205	1321
Среднее значение, сек	387,1	444,8
Стандартное отклонение, сек	514,4	478,0
Минимальное значение, сек	62	61
Q1 первый квартиль, сек	153	140
Медиана, сек	224	271
Q3 третий квартиль, сек	386	551
IQR межквартильный размах, сек	223	411
Максимальное значение	3593	3353
<i>p</i> (U-test)	<0,0001	

В рамках исследования был проведен анализ 3126 рентгенографических исследований, выполненных в травматологических пунктах медицинских организаций ДЗМ с целью диагностики переломов. В выборку были включены следующие рентгенографические исследования следующих анатомических областей: череп (обзорная рентгенография), пяточные кости, голеностопный сустав, кисть, кости таза, ребра, плечевой сустав, пальцы кисти, пальцы стопы, кости голени, бедренная кость, крестцово-подвздошные сочленения, ключица, крестец и копчик, локтевой сустав, лучезапястный сустав, плечевая кость, кости предплечья, тазобедренный сустав, кости носа и глазница.

При анализе длительности подготовки протоколов рентгенографических исследований были получены следующие результаты. Средняя длительность подготовки протокола в 1-ой группе составила 247,8 сек (0:04:07), во 2-ой группе – 189,0 сек (0:03:09). Медианная длительность описания в 1-й и 2-й группах составила 146,0 сек (0:02:26) и 107,0 сек (0:01:47) соответственно. Диаграммы длительности описания исследования представлена на рисунке 5.3.

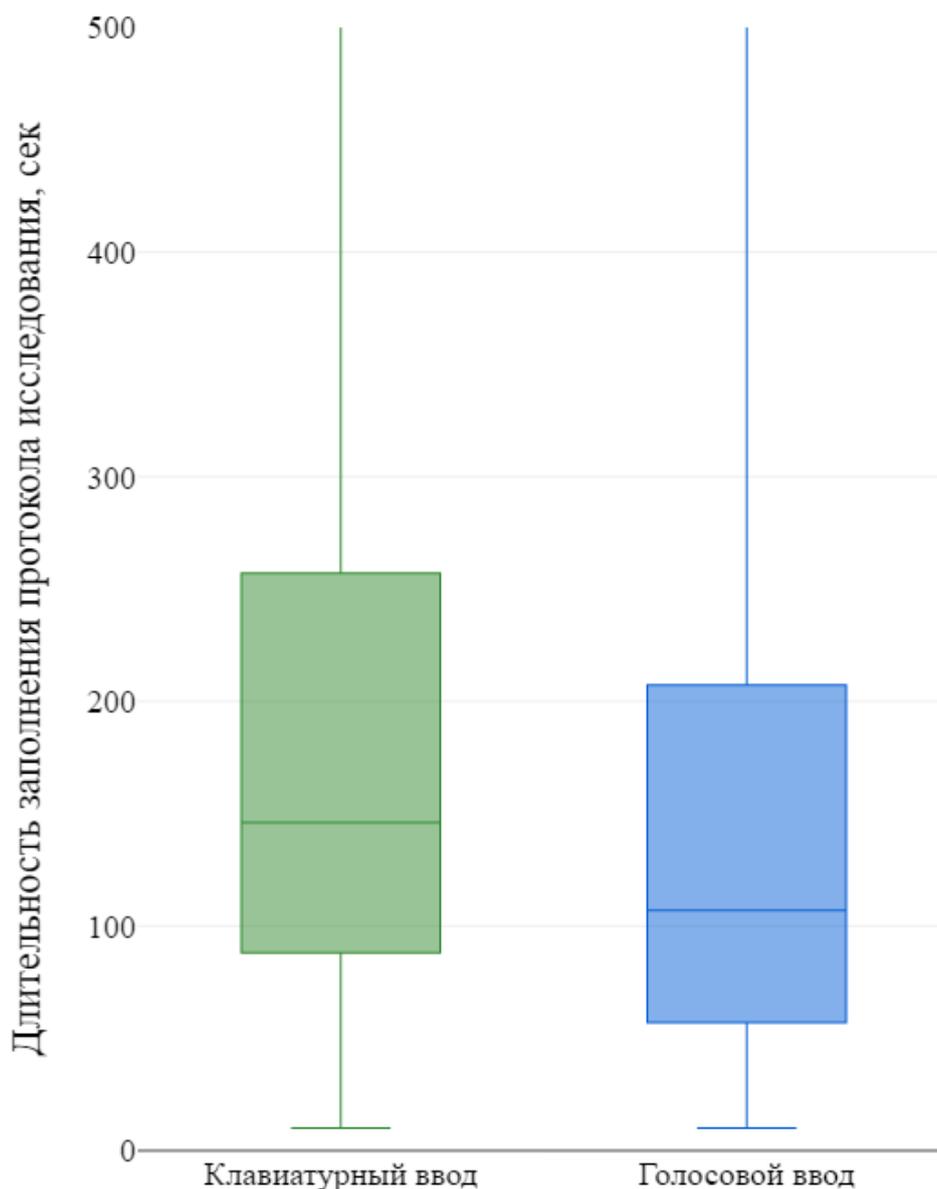


Рисунок 5.3 – Длительность описания рентгенографических исследований с помощью клавиатурного и адаптированной системы распознавания речи, (абс.)

Продолжительность интерпретации результатов рентгенографических исследований при использовании адаптированной системы распознавания речи была меньше, различия оказались статистически значимы ( $p < 0,0001$ ). Описательная статистика данных по длительности подготовки протоколов рентгенографических исследований представлена в таблице 5.4.

По результатам исследования средняя длительность подготовки протоколов рентгенографических исследований с помощью технологии

распознавания речи оказалась меньше на 23,7%, медианная — на 26,7%, чем при использовании клавиатурного ввода.

Таблица 5.4 – Длительность подготовки протоколов рентгенографических исследований, (абс.)

<b>Статистический параметр</b>	<b>Клавиатурный ввод</b>	<b>Голосовой ввод</b>
Количество наблюдений	1545	1581
Среднее значение, сек	247,8	189,0
Стандартное отклонение, сек	336,6	278,7
Минимальное значение, сек	10	10
Q1 первый квартиль, сек	88	57
Медиана, сек	146	107
Q3 третий квартиль, сек	257	207
IQR межквартильный размах, сек	169	150
Максимальное значение	3557	2993
<i>p</i> (U-test)	<0,0001	

При описании рентгенографических исследований в условиях травматологических пунктов, врачи-рентгенологи редко используют заранее подготовленные шаблоны описания патологий. Это связано с большой вариабельностью описания патологических изменений, выявленных при описании травматических переломов.

При анализе длительности подготовки протоколов КТ-исследований органов грудной клетки были получены следующие результаты. Средняя длительность подготовки протокола в 1-ой группе составила 379,7 сек (0:06:19), во 2-ой группе – 382,7 сек (0:06:22), соответственно. Медианная длительность описания в 1-й и 2-й группах составила 271,0 (0:04:31) и 275,0 (0:04:35) сек, соответственно. Диаграмма длительности описания исследования в зависимости от группы представлена на рисунке 5.4.

Описательная статистика данных по длительности подготовки протоколов флюорографических исследований представлена в таблице 5.5.

При анализе результатов достоверного различия длительности подготовки протоколов КТ-исследований органов грудной клетки при

подозрени на COVID-19 с помощью клавиатурного заполнения и адаптированной системы распознавания речи получено не было ( $p=0,12$ ).

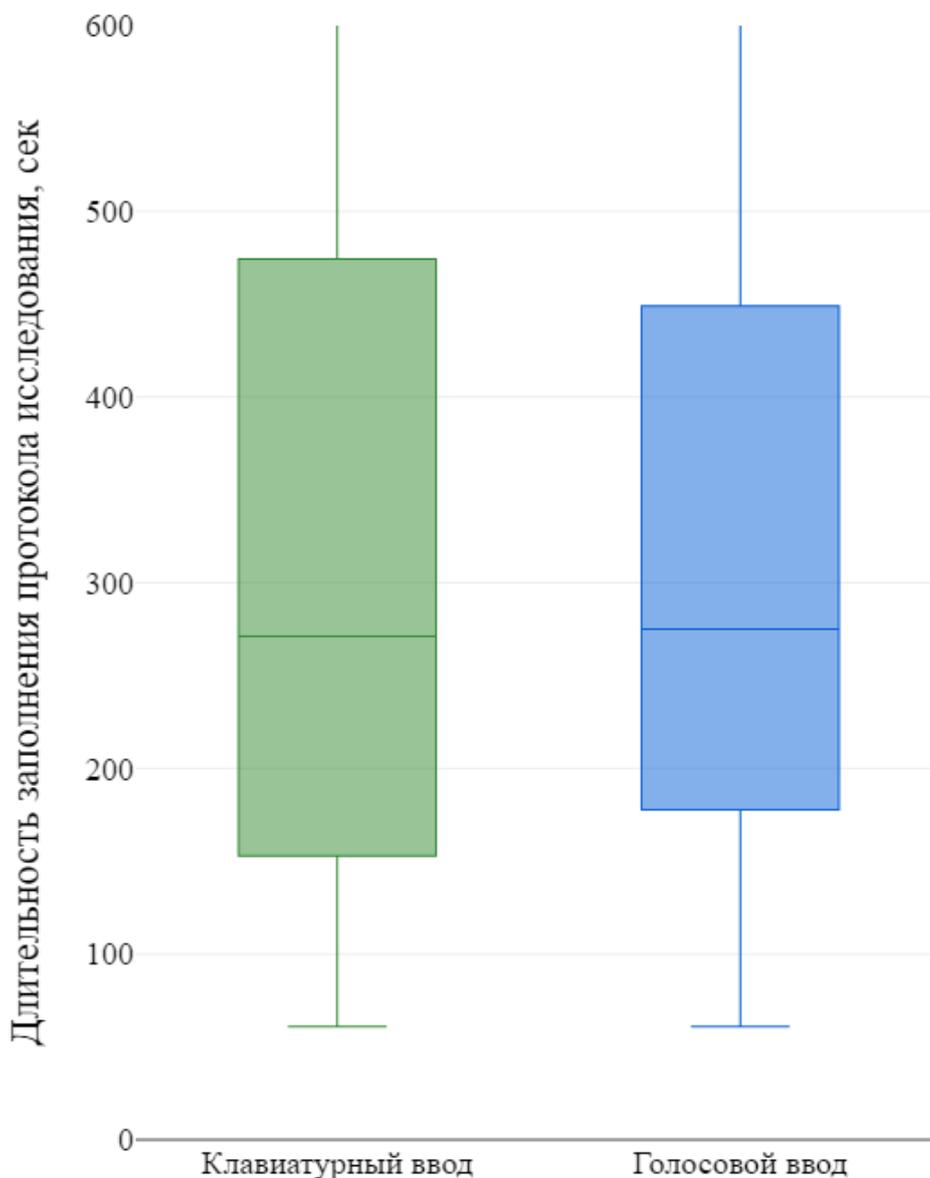


Рисунок 5.4 – Длительность описания КТ исследований органов грудной клетки с признаками вирусной пневмонии COVID-19 с помощью клавиатурного и адаптированной системы распознавания речи, (абс.)

Несмотря на то, что при описании КТ исследований органов грудной клетки при подозрении на COVID-19 основной задачей врача-рентгенолога является оценка объёма поражения паренхимы лёгких, так же не маловажную роль играет описание и сопутствующей патологии.

Таблица 5.5 – Длительность подготовки протоколов КТ-исследований органов грудной клетки с признаками вирусной пневмонии COVID-19, (абс.)

Статистический параметр	Клавиатурный ввод	Голосовой ввод
Количество наблюдений	1213	1117
Среднее значение, сек	379,2	382,7
Стандартное отклонение, сек	364,2	361,6
Минимальное значение, сек	61	61
Q1 первый квартиль, сек	153	178
Медиана, сек	271	275
Q3 третий квартиль, сек	474	449
IQR межквартильный размах, сек	321	271
Максимальное значение	3514	3464
<i>p</i> (U-test)	0,12	

Подробное описание исследования позволяет провести дифференциальный диагноз, выявленных изменений в лёгких, маршрутизировать пациента в профильное медицинское учреждение и определить правильную тактику лечения.

При анализе длительности подготовки протоколов МРТ-исследований головного мозга были получены следующие результаты. Средняя длительность подготовки протокола в 1-ой группе составила 712,3 сек (0:11:52), во 2-ой группе – 559,9 сек (0:09:20), соответственно. Медианная длительность описания в 1-й и 2-й группах составила 486,0 (0:08:06) и 354,0 (0:04:54) сек, соответственно. Гистограмма длительности описания исследования в зависимости от группы представлена на рисунке 5.5. Продолжительность интерпретации результатов МРТ-исследований головного мозга с контрастированием при использовании адаптированной системы распознавания речи была меньше, различия оказались статистически значимы ( $p < 0,0001$ ).

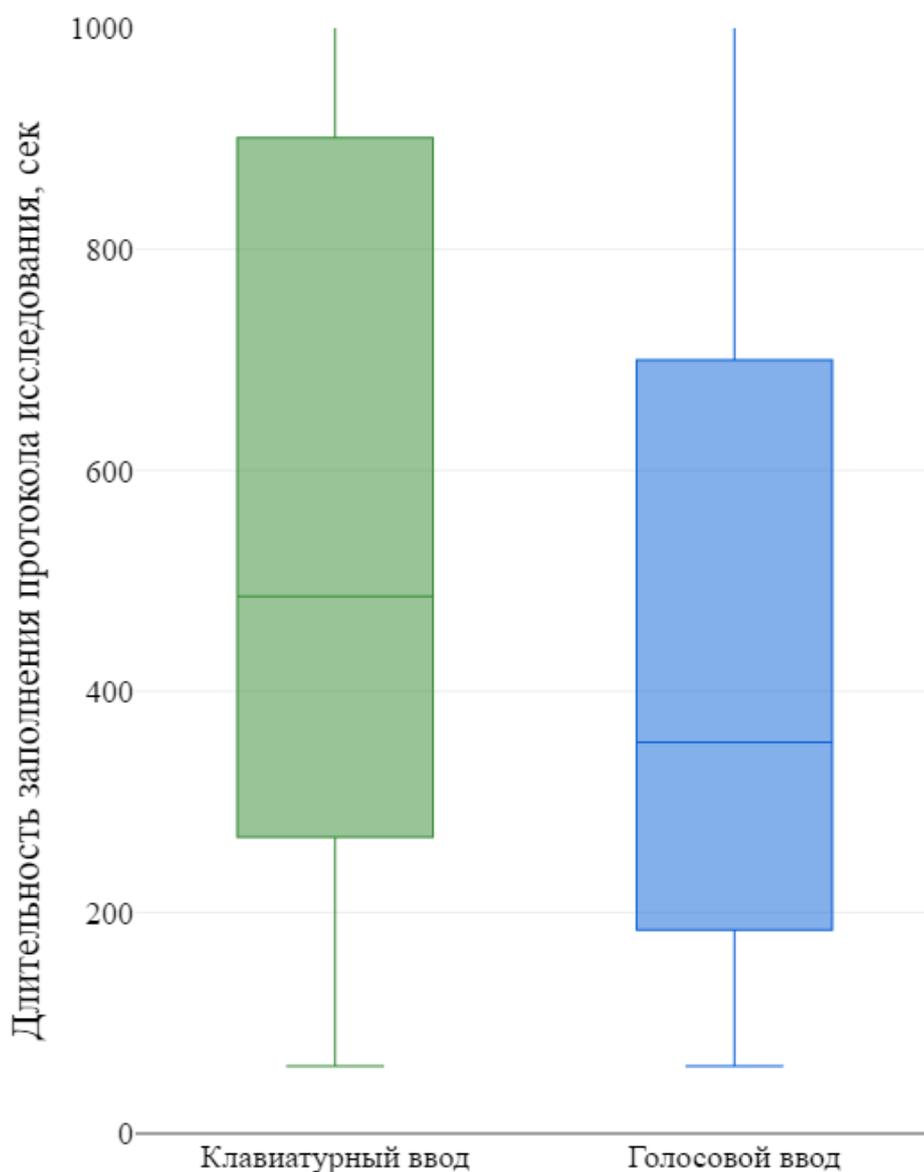


Рисунок 5.5 – Длительность описания МРТ-исследований головного мозга с контрастированием с помощью клавиатурного и адаптированной системы распознавания речи, (абс.)

Описательная статистика данных по длительности подготовки протоколов МРТ-исследований головного мозга с контрастированием представлена в таблице 5.6.

По результатам исследования средняя длительность подготовки протоколов МРТ-исследований головного мозга с контрастированием при применении системы распознавания речи уменьшилась на 21,4%, медианная — на 27,2%.

Таблица 5.6 – Длительность подготовки протоколов МРТ-исследований головного мозга с контрастированием, (абс.)

Статистический параметр	Клавиатурный ввод	Голосовой ввод
Количество наблюдений	1073	759
Среднее значение, сек	709,9	559,9
Стандартное отклонение, сек	663,5	586,1
Минимальное значение, сек	61	61
Q1 первый квартиль, сек	268	184
Медиана, сек	486	354
Q3 третий квартиль, сек	900	700
IQR межквартильный размах, сек	632	516
Максимальное значение	3514	3580
<i>p</i> (U-test)	<0,0001	

При анализе длительности подготовки протоколов КТ-исследований органов грудной полости, органов брюшной полости и органов малого таза с контрастированием были получены следующие результаты. Средняя длительность подготовки протокола в 1-ой группе составила 2714,6 сек (0:45:15), во 2-ой группе – 1778,4 сек (0:29:38) соответственно. Медианная длительность описания в 1-й и 2-й группах составила 2114,0 сек (0:35:14) и 1369,0 сек (0:22:49) соответственно. Диаграмма длительности описания исследования представлена на рисунке 5.6. Продолжительность интерпретации результатов КТ-исследований органов грудной полости, брюшной полости и органов малого таза с контрастированием при использовании адаптированной системы распознавания речи была меньше, различия оказались статистически значимы ( $p < 0,0001$ ). Описательная статистика данных по длительности подготовки протоколов КТ-исследований органов грудной полости, органов брюшной полости и органов малого таза с контрастированием представлена в таблице 5.7.

Средняя длительность подготовки протоколов КТ-исследований при применении технологии распознавания речи уменьшилась на 34,5%, медианная — на 35,2%.

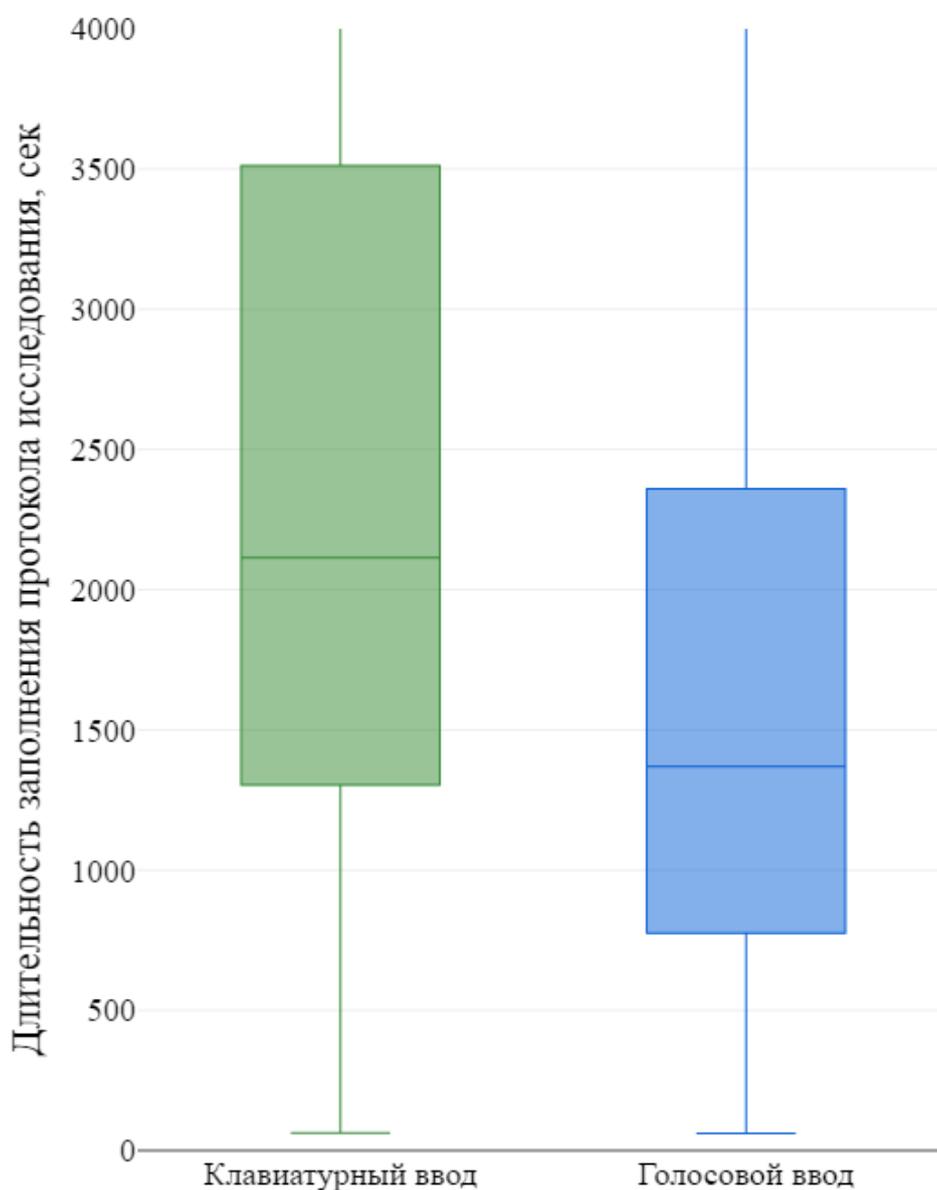


Рисунок 5.6 – Длительность описания КТ-исследований органов грудной полости, брюшной полости и органов малого таза с контрастированием с помощью клавиатурного и адаптированной системы распознавания речи, (абс.)

Полученные результаты демонстрируют разную результативность применения адаптированной системы распознавания речи при подготовке протоколов рентгенологических исследований [14]. По нашему мнению, это связано с различными типами протоколов, используемых при описании диагностических исследований.

Таблица 5.7 – Длительность подготовки протоколов КТ-исследований органов грудной полости, органов брюшной полости и органов малого таза с контрастированием, (абс.)

<b>Статистический параметр</b>	<b>Клавиатурный ввод</b>	<b>Голосовой ввод</b>
Количество наблюдений	593	707
Среднее значение, сек	2714,6	1778,3
Стандартное отклонение, сек	2061,3	1444,3
Минимальное значение, сек	61	61
Q1 первый квартиль, сек	268	184
Медиана, сек	2114	1369
Q3 третий квартиль, сек	900	700
IQR межквартильный размах, сек	632	516
Максимальное значение	3514	3580
<i>p</i> (U-test)	<0,0001	

С одной стороны, применение адаптированной системы распознавания речи замедлило время подготовки протоколов маммографических исследований. Это объясняется применением в медицинских организациях Департамента здравоохранения города Москвы структурированного электронного медицинского документа (СЭМД) для описания результатов маммографических исследований. Схожий результат наблюдался во время использования технологии распознавания речи при подготовке протоколов флюорографических исследований. Однако, применение СЭМД препятствует использованию адаптированной системы распознавания речи.

При описании КТ органов грудной клетки у пациентов с подозрением на новую коронавирусную инфекцию COVID-19 адаптированная система распознавания речи система не повлияла на длительность процесса подготовки протоколов исследований. Это можно объяснить гибридным типом протокола, в котором присутствует как структурированная, стандартизированная часть, так и поле свободного ввода для описания дополнительных находок [15]. Стандартизированная и структурированная часть протокола, содержащая информацию о локализации, распространении, объёме поражения и характере изменений паренхимы лёгких, значительно

ускоряет процесс заполнения медицинского документа. Поле свободного ввода требовала от врачей ручного или голосового заполнения выявленных дополнительных находок.

Наибольшую результативность адаптированная система распознавания речи продемонстрировала при подготовке протоколов МРТ-исследований головного мозга и КТ-исследований органов грудной клетки, брюшной полости и малого таза. При подготовке протоколов подобного типа исследований врачи используют нарративный метод описания. Такие исследования, зачастую, содержат большое количество патологических изменений, как целевых, так и случайных находок, что требует от врача-рентгенолога их детального описания в медицинском документе. В подтверждение этого, стоит отметить, что среднее значение и медиана длительности подготовки протоколов для вышеописанных КТ и МРТ-исследований имели наибольшее значение в обеих группах при сравнении с длительностью подготовки протоколов других типов исследований. Основная сложность стандартизации протоколов вышеуказанных исследований заключается в большой вариабельности возможных патологических изменений и отсутствии единого, общепринятого, словаря рентгенологической терминологии [43].

Отдельно стоит отметить результативность применения адаптированной системы распознавания речи при подготовке протоколов рентгенографических исследований, проведённых в травматологических пунктах. Это связано с тем, что при описании таких исследований используются протокол со свободным полем ввода, где врач-рентгенолог в 2-3 предложениях, применяя нарративный метод, производит интерпретацию рентгенологических находок.

Полученные результаты сложно сравнить с зарубежными исследованиями по данному научному направлению. Ранее, в некоторых зарубежных странах применялась отличная от отечественной методология подготовки протоколов рентгенологических исследований. Врачи-

рентгенологи производили аудиозаписи с помощью диктофона, которые в дальнейшем расшифровывались и переводились в текстовый формат медицинскими транскрипционистами. Подавляющее большинство современных зарубежных исследований подтверждает эффективность применения технологии распознавания речи при сравнении с медицинскими транскрипционистами [104, 115].

Таким образом, применение системы распознавания речи при подготовке протоколов рентгенологических исследований имеет разную результативность. Для структурированных и стандартизированных протоколов, которые применяются при описании результатов маммографических и флюорографических исследований, метод оказался неэффективным. Наибольшая результативность была достигнута при подготовке протоколов КТ и МРТ-исследований, которые зачастую содержат большое количество патологических изменений и требуют объёмного описания выявленных рентгенологических находок.

## **5.2 Изучение мнения врачей-рентгенологов о внедрении разработанной организационной технологии в профессиональную деятельность**

С целью определения отношения врачей-рентгенологов к внедрению инновационных технологий, а также для разработки процесса внедрения и адаптации функционала системы распознавания речи, было проведено социологическое исследование методом анкетирования.

Для оценки приверженности врачей-рентгенологов к использованию адаптированной системы распознавания речи были организованы три этапа опроса. Первые два этапа основывались на методике NPS (Net Promoter Score), которая позволяет определить лояльность пользователей к продукту или услуге (Приложение 2). Третий этап включал расширенное анкетирование по авторской методике (Приложение 3) [65].

Первый этап опроса был проведен спустя месяц после внедрения системы распознавания речи, второй – через три месяца. Врачи оценивали вероятность рекомендации данной технологии своим коллегам по 10-балльной

шкале. Значение "0" соответствовало ответу "Ни в коем случае не буду рекомендовать", а "10" – "Обязательно порекомендую". На основе полученных данных врачи были разделены на три группы: сторонники технологии (9-10 баллов): высокая вероятность рекомендации, нейтральные пользователи (7-8 баллов): умеренная вероятность рекомендации, критики (0-6 баллов): низкая вероятность рекомендации или отказ от нее.

Результаты первого опроса, проведенного через месяц после внедрения системы распознавания речи, показали, что 4 респондента (27%) оказались сторонниками технологии (9-10 баллов), 1 респондент (7%) продемонстрировал нейтральное отношение (7-8 баллов), а 10 респондентов (67%) выступили в роли критиков (0-6 баллов). Индекс приверженности (NPS) на данном этапе составил -40%.

Повторный опрос, проведенный через 3 месяца, выявил положительную динамику: 6 респондентов (43%) стали сторонниками технологии, 6 респондентов (43%) заняли нейтральную позицию, и только 3 респондента (21%) остались критиками. Индекс NPS увеличился до 22%, что свидетельствует о повышении уровня приверженности врачей к использованию системы распознавания речи. Таким образом, каждый пятый врач-рентгенолог, участвовавший в пилотном тестировании, стал сторонником внедряемой технологии.

В марте 2021 года, спустя 6 месяцев после внедрения адаптированной системы распознавания речи, было проведено третье, более масштабное социологическое исследование. В исследовании приняли участие врачи-рентгенологи МРЦ. К этому моменту все автоматизированные рабочие места врачей были оснащены системой распознавания речи Voice2Med (разработчик Группа компаний ЦРТ, Санкт-Петербург, РФ) для подготовки медицинской документации. Система была интегрирована в ЕРИС ЕМИАС. Для работы с системой использовались гарнитуры Logitech 960 (Лозанна, Швейцария) и многофункциональные звукозаписывающие устройства для голосового ввода Philips SpeechMike SMP3700 (Амстердам, Нидерланды).

Анкета для третьего этапа исследования была разработана мультидисциплинарной командой, включавшей автора диссертационного исследования, врачей-организаторов здравоохранения и разработчиков системы распознавания речи. Анкета состояла из 28 вопросов, разделенных на 4 тематических блока: сведения о респонденте, опыт работы с технологией распознавания речи, опыт работы с аудиоустройствами для голосового ввода, заключительная часть. Анкета включала поливариантные вопросы с одиночными и множественными ответами, открытые вопросы и интервальную шкалу для расчета индекса NPS.

Анкетирование проводилось в онлайн-формате. Ссылка на опрос была направлена всем врачам-рентгенологам МРЦ (130 специалистов).

Для оценки степени вовлеченности врачей в использование системы распознавания речи анализировалась доля специалистов, регулярно применяющих данную технологию при составлении протоколов исследований. Уровень удовлетворенности оценивался субъективно, на основе отзывов врачей о том, как технология влияет на их производительность и насколько комфортно ее применение в рабочем процессе.

В опросе приняли участие 97 врачей-рентгенологов, что составило 74,6% от общего числа специалистов, которым были разосланы анкеты. Возраст респондентов преимущественно находился в диапазоне от 31 до 40 лет (45,8%). Большая часть врачей-рентгенологов (57,8%) имела стаж работы более 5 лет. Доля молодых специалистов со стажем менее 1 года составила 4,8%. Для всех респондентов (100%) родным языком являлся русский.

Результаты исследования были опубликованы в научной статье «Технология распознавания речи: результаты опроса врачей-рентгенологов московского референс-центра лучевой диагностики» в рецензируемом издании «ОРГЗДРАВ: новости, мнения, обучения. Вестник ВШОУЗ» в 2022 году [46].

Исследование самооценки навыков печати врачей-рентгенологов показало, что 64 (66,7%; 95% ДИ 56,2 – 74,7) респондента оценили свой

уровень как «средний», 27 (27,3%; 95% ДИ 19,7 – 37,5) – как «высокий» и лишь 6 (6,0%; 95% ДИ 2,9 – 12,8) – как «низкий». Анализ практики заполнения протоколов исследований выявил, что 89 (91,7%; 95% ДИ 84,4 – 95,9) врачей вносят данные непосредственно в радиологическую информационную систему (РИС). Оставшиеся 8 специалистов (8,3%; 95% ДИ 2,8 – 13,7) прибегает к помощи текстовых редакторов (Microsoft Word, OpenOffice, LibreOffice и т.п.) с последующим переносом текста в РИС.

Подробная информация о предпочитаемых способах заполнения протоколов исследования представлена на рисунке 5.7.



Рисунок 5.7 – Ответы на вопрос «Как Вы заполняете протокол рентгенологического исследования?», (%)

Изучение использования голосовых помощников (Яндекс.Алиса, Google Assistant, Siri) в повседневной жизни показало, что 45 (46,4%; 95% ДИ 36,6 – 56,4) врачей не применяют их вовсе, 36 (36,9%; 95% ДИ 28,1 – 47,0) используют время от времени, и только 16 (16,7%; 95% ДИ 10,4 – 25,1) – регулярно. Примечательно, что для 82 (84,5%; 95% ДИ 77,5 – 91,6) респондентов первое знакомство с технологией распознавания речи для

заполнения медицинской документации произошло после начала работы в МРЦ.

Более того, 56 (57,8%; 95% ДИ 47,7 – 67,3) врачей отдают предпочтение адаптированной системе распознавания речи при подготовке протоколов рентгенологических исследований. Среди использующих систему распознавания речи 39 (69,6%; 95% ДИ 56,6 – 80,1) врачей применяют многофункциональное устройство для голосового ввода, в то время как 17 (30,4%; 95% ДИ 19,9 – 43,3) предпочитают головную гарнитуру.

Распределение ответов на вопрос об опыте применения технологии распознавания речи для подготовки протоколов рентгенологических исследований представлено в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Распределение ответов на вопрос «Какой у Вас опыт применения технологии распознавания речи для подготовки протоколов рентгенологических исследований?»

<b>Период использования технологии распознавания речи</b>	<b>Ответы респондентов, абс/%</b>
Менее 1 месяца	14/25,0
От 1 до 3 месяцев	13/23,2
От 3 до 6 месяцев	7/12,5
Более 6 месяцев	9/16,1
Более 1 года	13/23,2

Анализ результатов исследования показал, что большинство респондентов 37 (66,0%; 95% ДИ 52,9 – 77,3), применяющих адаптированную систему распознавания речи, подтвердили повышение результативности труда и сокращение времени подготовки протоколов исследований. Однако 19 (34,0%; 95% ДИ 23,8 – 44,6) участников заняли нейтральную позицию или не отметили влияния данной технологии на эффективность работы. Качество распознавания рентгенологической лексики оценили как хорошее и отличное 48 (85,7%; 95% ДИ 74,3 – 92,6) респондентов: 34 (60,4%; 95% ДИ 47,4 – 72,7) и 14 (25,3%; 95% ДИ 15,3 – 37,9) соответственно. Простоту и удобство

использования технологии отметили 47 (83,9%; 95% ДИ 72,2 – 91,3) опрошенных, а 20 (34,9%; 95% ДИ 24,5 – 48,7) врачей применяли дополнительные функции системы, включая управление АРМ и голосовые команды для загрузки текстовых шаблонов. Лишь 3 (4,7%; 95% ДИ 1,9 – 14,6) специалиста выразили неудовлетворенность качеством распознавания, и 4 (7,0%; 95% ДИ 2,8 – 17,0) столкнулись с трудностями при самостоятельной работе с системой. При этом 42 (74,4%; 95% ДИ 63,6 – 86,4) респондента отметили случаи ошибочного распознавания чужой речи. Психологический дискомфорт при голосовом заполнении протоколов в присутствии коллег испытывали 39 (69,6%; 95% ДИ 58,6 – 79,8) врачей, а для 15 (26,7%; 95% ДИ 16,4 – 37,8) специалистов уровень комфорта зависел от конкретных присутствующих коллег (рис.5.8).

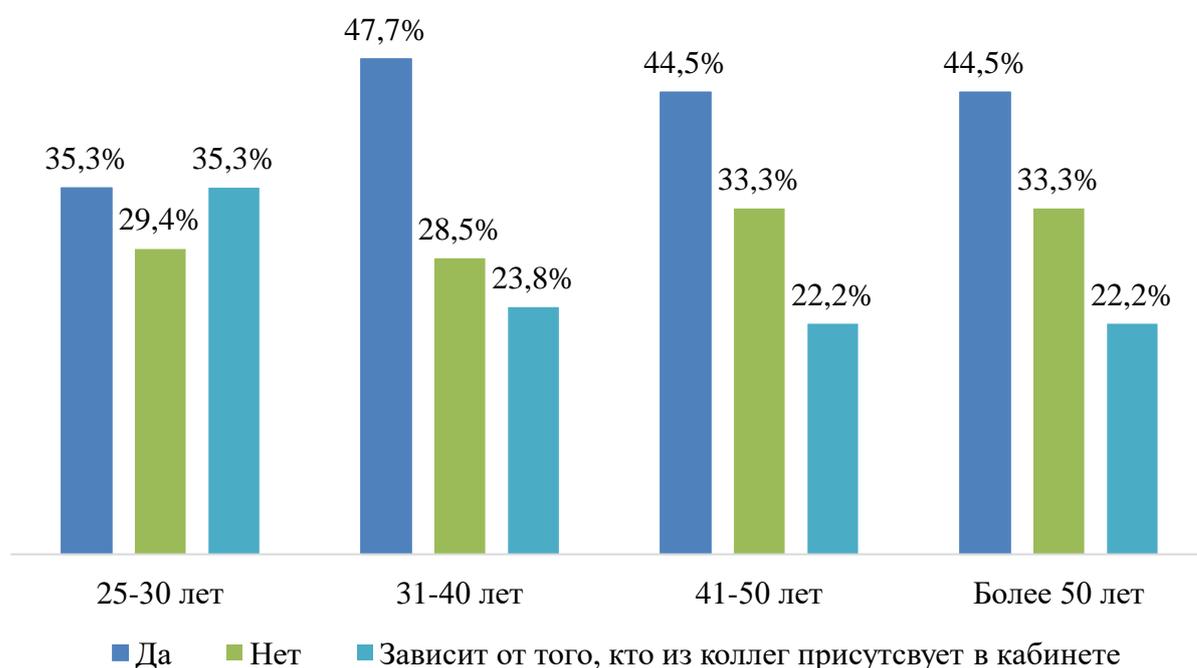


Рисунок 5.8 – Ответы на вопрос «Ощущаете ли Вы психологический дискомфорт, когда диктуете в присутствии коллег?», (%)

Готовность врачей-рентгенологов рекомендовать адаптированную систему распознавания речи – параметр, необходимый для определения индекса NPS – представлена на рисунке 5.9.

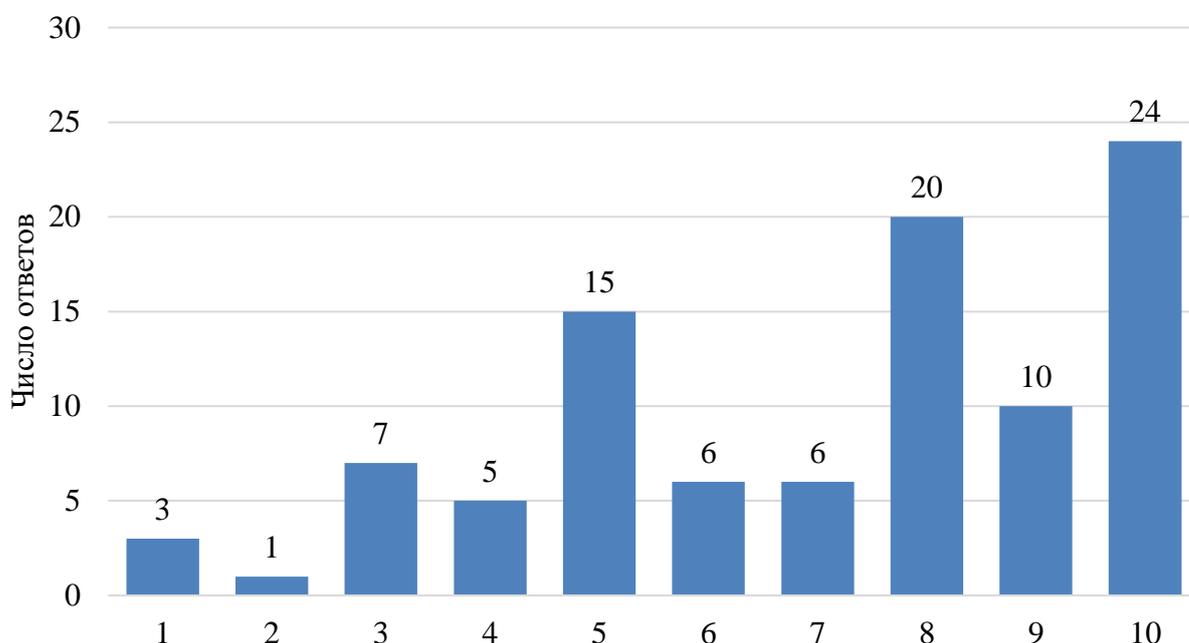


Рисунок 5.9 – Ответы на вопрос «Порекомендуете ли Вы адаптированную систему распознавания речи Вашим коллегам?»: Ответ «1» – соответствовал утверждению «Ни в коем случае не буду рекомендовать», а ответ «10» – «Обязательно буду рекомендовать», (абс.)

В очном обучении по применению адаптированной системы распознавания речи для подготовки протоколов исследований приняли участие 80 врачей (82,1%; 95% ДИ 74,8 – 88,6). Из них 74 (92,8%; 95% ДИ 86,6 – 96,1) специалиста отметили легкость в освоении навыков работы с системой. Для большинства участников 74 (92,8%; 95% ДИ 86,6 – 96,1) оказалось достаточно одной 30-минутной обучающей сессии, в то время как 6 (7,2%; 95% ДИ 1,0 – 13,5) врачей выразили потребность в дополнительном обучении. Преимущество очного формата обучения над заочным и онлайн-форматами отметили 77 (79,7%; 95% ДИ 71,9 – 85,4) респондентов. При самостоятельной работе с системой 84 (86,9%; 95% ДИ 80,9 – 90,6) врача использовали

текстовые инструкции, причем 86 (89,1%; 95% ДИ 83,4 – 94,8) оценили качество этих материалов как высокое.

Анализ комментариев, оставленных 15 респондентами, показал следующее распределение мнений: 5 (33,3%) положительно оценили качество обучения и методических материалов, а также возможность использования нового метода заполнения документации. Четыре комментария (26,6%) касались точности распознавания речи, при этом трое отметили частые ошибки в распознавании окончаний слов, а один врач сообщил о низком качестве распознавания медицинской терминологии в целом. Три респондента (20%) указали на то, что голосовое заполнение документов коллегами отвлекает от работы врачей, не использующих систему распознавания речи. В одном комментарии (0,6%) было выражено сомнение в эффективности голосового ввода по сравнению с методом слепого десятипальцевого набора текста. Три врача (20%) высказались о необходимости создания облачного хранилища для настроек и пользовательских голосовых команд с целью обеспечения доступа с различных рабочих мест.

Результаты проведенного опроса показали формирование положительного отношения врачей-рентгенологов к технологии распознавания речи.

Проведенное исследование продемонстрировало формирование позитивного отношения врачей-рентгенологов к технологии распознавания речи. Полученные результаты коррелируют с данными исследования F. Goss и соавт. [57], в котором 77,1% медицинских специалистов отметили сокращение времени заполнения документации и повышение эффективности рабочего процесса благодаря использованию данной технологии. Следует отметить, что исследование F. Goss имело преимущество в виде большей выборки респондентов и проведения на нескольких клинических базах.

Первое социологическое исследование выявило тенденцию к улучшению отношения врачей к технологии распознавания речи с течением времени. Это может быть обусловлено как совершенствованием самой

технологии и повышением качества распознавания, так и увеличением длительности применения голосового ввода специалистами. Аналогичные результаты были получены в работах F. Goss и соавт. и K. Saxena и соавт. [57, 106].

Таким образом, наблюдается положительная динамика в восприятии врачами технологии голосового заполнения медицинской документации. Это свидетельствует о потенциале данного метода для оптимизации рабочего процесса в лучевой диагностике и документооборота.

Анализ индекса потребительской лояльности (NPS) в отношении адаптированной системы распознавания речи выявил значение, близкое к нулю (NPS = +1%). Данный результат свидетельствует о наличии баланса между "критиками" и "промоутерами" технологии среди врачей-пользователей. Это указывает на неоднозначность восприятия эффективности применения системы голосового ввода в медицинской практике и потенциальный риск возникновения негативных рекомендаций.

Исследование приверженности пользователей представляет собой ценный инструмент для оценки лояльности медицинских специалистов к инновационным технологиям. Полученные результаты демонстрируют необходимость дальнейшего совершенствования систем распознавания речи для повышения их эффективности в контексте заполнения медицинской документации.

Продолжение исследований с использованием методики NPS позволит определить корректное направление развития технологий голосового ввода в медицинской сфере. Это будет способствовать улучшению пользовательского опыта, повышению удовлетворенности врачей и, как следствие, более широкому внедрению данных систем в клиническую практику.

Исследования показывают, что первоначальное негативное отношение к новым технологиям, особенно основанным на алгоритмах искусственного интеллекта, может быть обусловлено феноменом «страха замены». Врачи, недавно познакомившиеся с технологией распознавания речи или

недостаточно информированные о современных тенденциях цифровизации здравоохранения, склонны к более негативному восприятию инновационных технологий в своей специальности. Однако, как подтверждает исследование М. Huisman [61], со временем «страх замены» имеет тенденцию к снижению. Более того, среди ординаторов и врачей-рентгенологов формируется положительное отношение к теме искусственного интеллекта, что может способствовать снижению «страха замены» у специалистов в будущем.

Возникновение психологического дискомфорта при использовании адаптированной системы распознавания речи врачами-рентгенологами, вероятно, связано с исторически сложившимся подходом к подготовке протоколов. Традиционно использовался «рукописный» метод, сначала на бумаге, а затем с помощью клавиатуры. В отличие от многих зарубежных медицинских учреждений, где в 1980-х годах были широко распространены диктофонные центры, в отечественной системе здравоохранения такая практика не получила широкого распространения. В иностранных клиниках врачи-рентгенологи диктовали описания диагностических исследований на звукозаписывающие устройства, после чего аудиозаписи расшифровывались медицинскими транскрипционистами и возвращались врачам в напечатанном виде [104, 115]. Отсутствие подобного опыта в российской практике может объяснять некоторую настороженность специалистов к голосовому вводу информации.

Несмотря на многочисленные исследования, подтверждающие эффективность технологии распознавания речи, и значительный прогресс в развитии соответствующих систем, среди русскоговорящих врачей сохраняется определенная настороженность относительно точности распознавания русского языка и применимости данной технологии для заполнения медицинской документации. Результаты проведенного анкетирования выявили основные недостатки адаптированной системы распознавания речи: некорректное распознавание окончаний слов и случаи распознавания чужой речи.

Сложность распознавания окончаний обусловлена большим многообразием словоформ медицинских терминов в русском языке, а также тенденцией врачей четко произносить начала слов и «проглатывать» окончания. Проблема распознавания чужой речи часто связана с неправильной настройкой чувствительности микрофона. Кроме того, негативное влияние на качество распознавания может оказывать посторонний фоновый шум, включая работу диагностического оборудования и общение медицинского персонала.

Для решения проблемы фонового шума предлагается оснащение рабочих мест звукоизоляционными акустическими перегородками. Такой подход соответствует рекомендациям по проектированию кабинетов врачей-рентгенологов в США [88, 97]. Помимо снижения уровня фонового шума, перегородки могут создать комфортное "изолированное" рабочее пространство, что положительно скажется на концентрации внимания врачей и снижении психологического дискомфорта при голосовом заполнении протоколов.

Таким образом, для повышения эффективности внедрения систем распознавания речи в медицинскую практику необходимо учитывать специфику русского языка, особенности произношения медицинских терминов, а также обеспечивать соответствующие условия работы, минимизирующие влияние внешних факторов на качество распознавания речи.

### **5.3 Влияние индивидуально-психологических характеристик врача на приверженность к применению системы распознавания речи**

В рамках исследования, посвященного обучению врачей-рентгенологов использованию системы распознавания речи для заполнения протоколов рентгенологических исследований, было отмечено, что, несмотря на доказанную эффективность данной технологии, некоторые специалисты выражали скептицизм и не проявляли интереса к ее освоению. Возникла гипотеза о том, что личностные характеристики врачей могут оказывать

влияние на их отношение к внедрению новых информационных технологий в профессиональную деятельность. Для проверки данной гипотезы и выявления взаимосвязи между индивидуально-психологическими особенностями врачей-рентгенологов и их готовностью использовать систему распознавания речи было проведено психологическое исследование.

Исследование было проведено на базе Московского референс-центра лучевой диагностики, организованного на базе ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ». Врачи-рентгенологи были разделены на две группы. В первую группу были включены 40 врачей, которые регулярно применяли систему распознавания речи для подготовки протоколов рентгенологических исследований, во вторую – 40 врачей, которые использовали только клавиатурный ввод. Следует отметить, что все 80 врачей прошли очное обучение по использованию адаптированной системы распознавания речи. Все рабочие места врачей были оснащены адаптированной системой распознавания речи и звукозаписывающими устройствами. Условиях труда всех врачей были схожими и соответствовали стандарту оснащения АРМ врача-рентгенолога в Московском референс-центре.

Для изучения индивидуально-психологических черт врачам-рентгенологам было предложено ответить на вопросы из личностного опросника Ганса Айзенка (EPQ-R) [81]. Данный опросник состоит из 100 вопросов и определяет экстраверсию и интроверсию, эмоциональную устойчивость и склонность к асоциальному поведению респондента. Так же этот опросник позволяет определить достоверность ответов респондентов. После прохождения опроса из исследования были исключены врачи, которые продемонстрировали недостоверный результат прохождения опроса. В первой группе врачей, использующих технологию распознавания речи, достоверный результат получили 35 специалистов, во второй группе – 38 специалистов.

По результатам исследования было определено, что в группе врачей, применяющих систему распознавания речи, средний балл шкалы

экстраверсия/интроверсия составил 17,2, во второй группе – 9,9 (рис. 5.10). Полученные результаты имели статистически значимую разницу ( $p=0$ ).

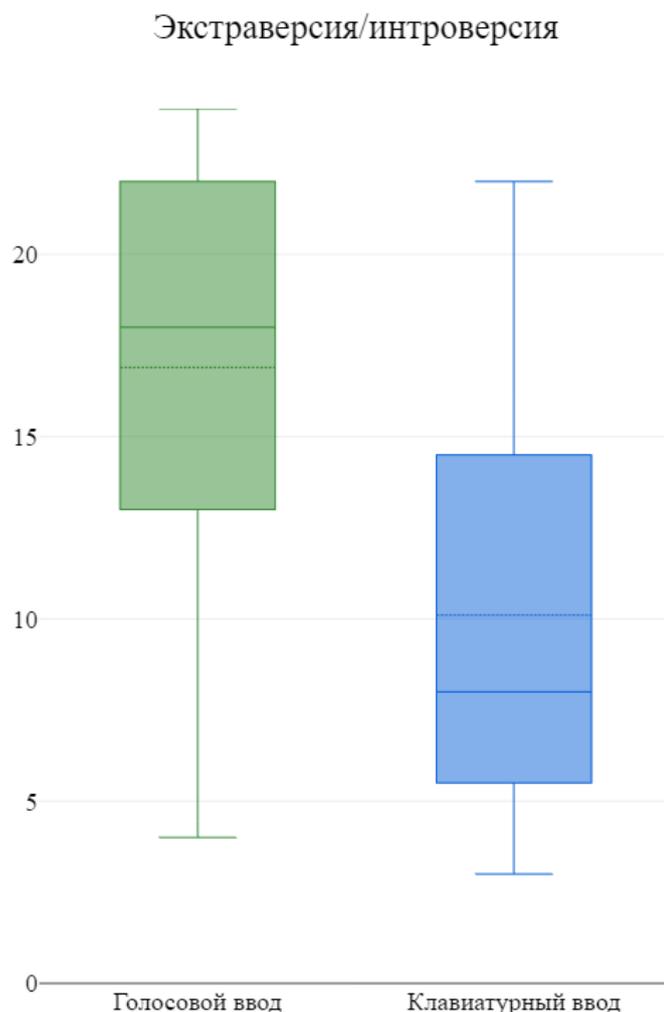


Рисунок 5.10 – Сравнение баллов по шкале EPQ-R (экстраверсия и интроверсия) в группах врачей-рентгенологов, применяющих клавиатурный и голосовой метод заполнения протоколов исследований, (абс.)

Значение 17,2 в шкале EPQ-R относится к определению «экстраверт», а значение 9,2 – к определению «среднее между интровертом и экстравертом». В первой группе врачей число «ярких экстравертов» составило 10 человек, во второй группе – 3 человека. Наоборот же, в первой группе врачей был только 1 «яркий интроверт», а во второй группе – 4 человека.

При сравнении средних баллов шкалы нейротизм статистические различия в обеих группах выявлены не были ( $p=0,72$ ) (рис. 5.18). Средний балл

в группе врачей, применяющих систему распознавания речи, составил 10,7, а в группе сравнения – 10,2. Полученные значения свидетельствуют о среднем уровне нейротизма в обеих группах врачей. Так же не были выявлены статистические различия при сравнении средних баллов шкалы психотизм ( $p=0,87$ ) (рис. 5.11). Для первой группы средний балл составил 4,5, для второй – 4,6. Полученные значения свидетельствуют о склонности к психотизму в обеих группах врачей.

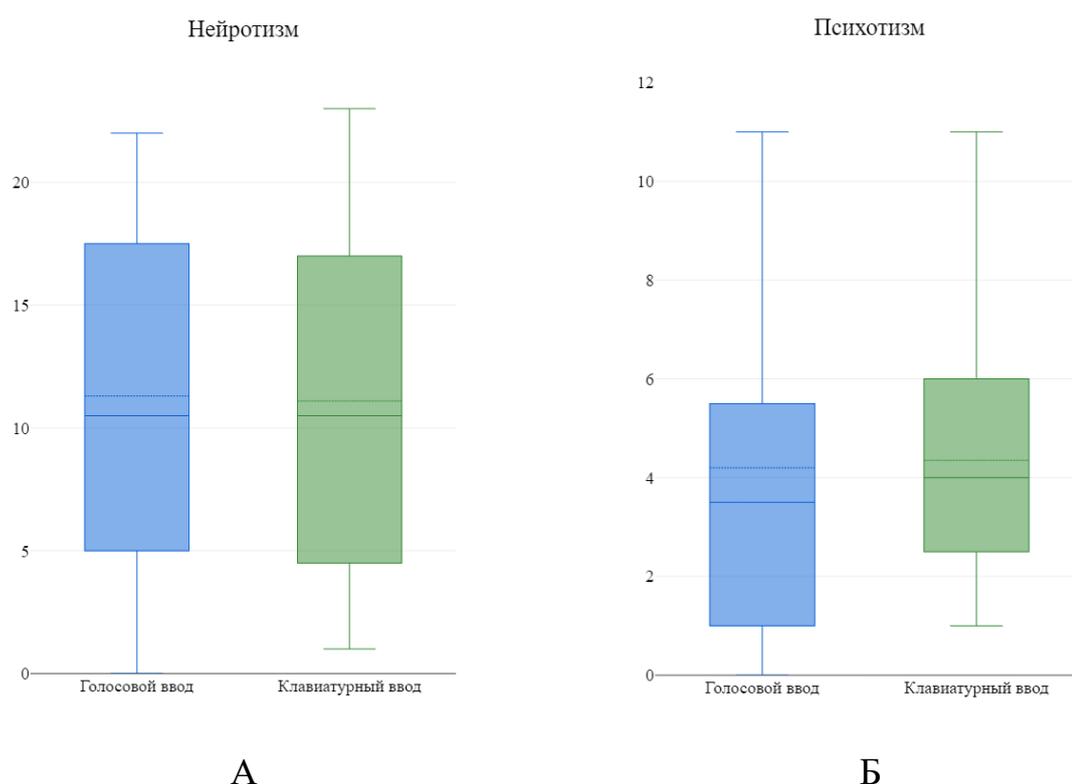


Рисунок 5.11 – Сравнение баллов по шкале EPQ-R в группах врачей-рентгенологов, применяющих клавиатурный и голосовой метод заполнения протоколов исследований. А – расчёт признака нейротизма, Б – расчёт признака психотизма, (абс.)

Таким образом, по результатам исследования влияния индивидуально-психологических черт врачей-рентгенологов на приверженность к применению системы распознавания речи было определено, что специалисты, обладающие экстравертивными качествами личности, более привержены к применению системы распознавания речи при подготовке протоколов

рентгенологических исследований. Значения шкал нейротизм и психотизм не имели корреляции с методом подготовки медицинской документации.

Конечно же, экстраверсия и интроверсия — это не единственные индивидуально-психологические черты, которые могут влиять на приверженность к использованию новых технологий, например:

1. Открытость к новым технологиям способствует комфортному изучению новых инновационных технологий и приложений, поиску возможности их применения в своей рабочей практике [103];
2. Самоэффективность: врачи, которые верят в свои способности и компетенции, могут чувствовать большую уверенность в использовании систем распознавания речи и могут быть более склонными к их использованию. В раздел 5.3 было продемонстрировано, что 46,5% врачей, которые используют систему распознавания речи испытывают психологический дискомфорт при заполнении протоколов в присутствии коллег. Данные результат может свидетельствовать о низкой самоэффективности и уверенности врачей в своей компетенции;
3. Приверженность к инновациям: врачи, которые привержены к инновациям, могут быть более склонны к использованию систем распознавания речи, чтобы быть на переднем крае технологического прогресса и оптимизировать, и упростить выполнение своих рабочих задач;
4. Степень компьютерной грамотности: специалисты, которые имеют высокую степень компьютерной грамотности, могут более легко принимать и использовать новые технологии, такие как системы распознавания речи или алгоритмы искусственного интеллекта.

Таким образом, при внедрении инновационных технологий в здравоохранении, следует учитывать, что вовлеченность врачей будет зависеть не только от качества и результативности применения, внедряемого инструмент, но и от индивидуально-психологических черт врачей.

## 5.4 Результаты внедрения организационной технологии с применением адаптированной системы распознавания речи при подготовке протоколов (заключений) рентгенологических исследований

Широкомасштабное внедрение адаптированной системы распознавания речи было проведено в период с октября 2019 года по апрель 2021 года. Адаптированная система распознавания речи стала доступна врачам-рентгенологам в 119 медицинских учреждениях Департамента здравоохранения города Москвы (приложение 4).

Адаптированной системой распознавания речи были оснащены 1455 АРМ врача-рентгенолога. За период с ноября 2019 года по июнь 2023 года врачами-рентгенологами Департамента здравоохранения города Москвы с помощью адаптированной системой распознавания речи было подготовлено 266 356 протоколов рентгенологических исследований (рис. 5.12). В июне 2023 года среднемесячное число врачей-рентгенологов, применяющих адаптированную систему распознавания речи, составило 218 человек.

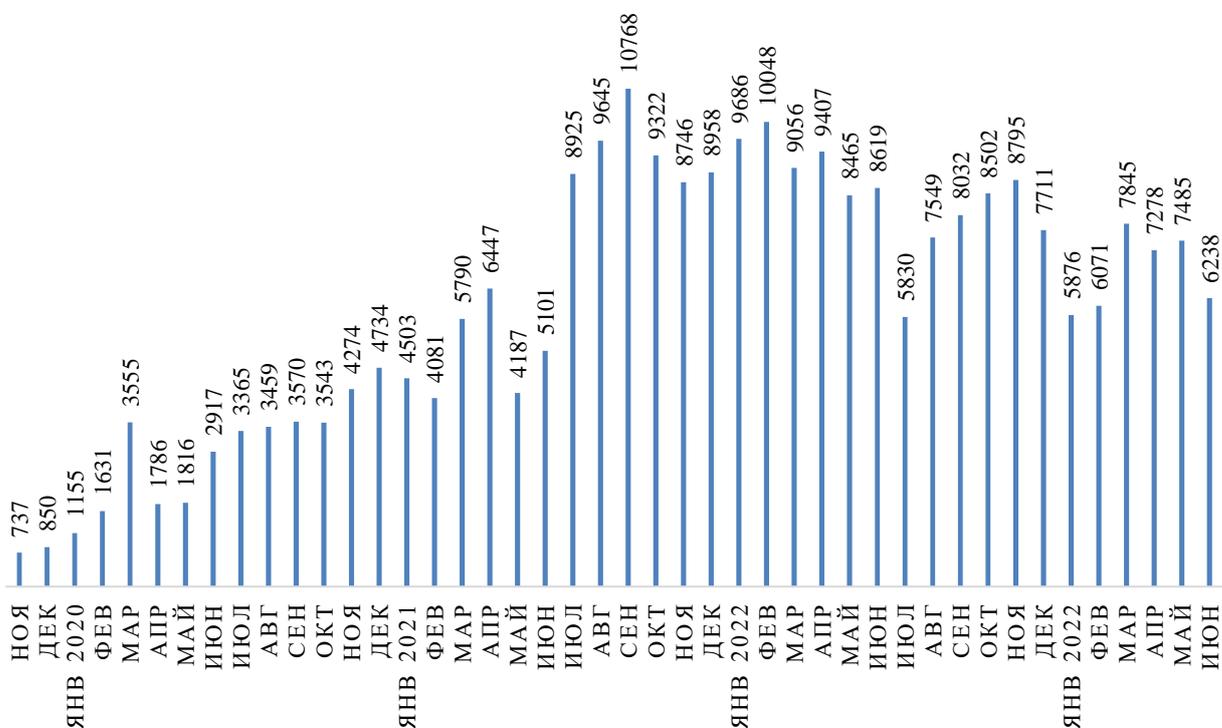


Рисунок 5.12 – Динамика количества протоколов, подготовленных с использованием адаптированной системы распознавания речи, (абс.)

По результатам анализа данных из разработанной системы мониторинга наблюдается выраженная тенденция к росту применения адаптированной системы распознавания речи, начиная с января 2020 года, что связано с активным внедрением системы на АРМ врачей-рентгенологов, началом пандемии COVID-19 и возросшей нагрузкой на медицинские учреждения. В 2021 году отмечается стабилизация с последующим постепенным увеличением использования, указывающим на успешную интеграцию системы в рабочий процесс врачей-рентгенологов. Пик использования пришелся на июль-август 2022 года, после чего следует некоторое снижение. Снижение связано с оптимизацией кадровых ресурсов медицинских организаций ДЗМ и открытием МРЦ лучевой диагностики.

### **Резюме**

Комплексная оценка результативности применения адаптированной системы распознавания речи для подготовки протоколов рентгенологических исследований подтвердила целесообразность применения данной технологии в рентгеновских отделениях и центрах лучевой диагностики.

По результатам хронометражного исследования можно сделать вывод, что наибольшую результативность системы распознавания речи продемонстрировала при подготовке протоколов КТ и МРТ-исследований. Применение системы распознавания речи позволило сократить длительность заполнения протоколов исследований на 21%-35%. Так же высокую результативность адаптированная система распознавания речи продемонстрировала при подготовке протоколов рентгенографических исследований, проведенных в травматологических пунктах, применение технологии позволило сократить длительность подготовки протоколов на 23%. Такая результативность была достигнута благодаря использованию неструктурированных шаблонов протоколов исследований, в которых используется нарративный метод описания.

При заполнении структурированных рентгенологических протоколов результативность применения адаптированной системы распознавания речи

может как отсутствовать, так наоборот – увеличивать продолжительность подготовки медицинского документа.

Немаловажным является изучение мнения врачей-рентгенологов по отношению к новой технологии. По результатам опроса было продемонстрировано, что больше половины 56 (57,8%; 95% ДИ 47,7 – 67,3) врачей МРЦ предпочитают использовать систему распознавания речи при подготовке протоколов рентгенологических исследований. При этом большинство врачей 37 (66,0%; 95% ДИ 52,9 – 77,3), использующих адаптированную систему распознавания речи, считают, что данная технология повышает результативность их труда. Подавляющее большинство врачей-рентгенологов (48 (85,7%; 95% ДИ 74,3 – 92,6)) отметили высокое качество распознавания рентгенологической терминологии адаптированной системы распознавания речи. При этом, 39 (69,6%; 95% ДИ 58,6 – 79,8) врачей ответили, что испытывают психологический дискомфорт при использовании системы распознавания речи в присутствии коллег.

При внедрении инновационных технологий немаловажно учитывать и индивидуально-психологические черты врачей. Так, в случае с системой распознавания речи, врачи-рентгенологи, имеющие экстравертный тип личности, более привержены к применению данной технологии при подготовке протоколов рентгенологических исследований.

Таким образом, при проведении комплексной оценки, система распознавания речи подтвердила свою результативность для подготовки некоторых типов протоколов рентгенологических исследований. Основными факторами, влияющими на эффективное применение данной технологии, являются качество распознавания специализированной медицинской терминологии; тип рентгенологического протокола; индивидуально-психологические черты врача-рентгенолога.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Лучевая диагностика является одной из самых цифровизированных медицинских специальностей. Это было достигнуто благодаря применению обилия компьютерных решений и информационных технологий как в организации рентгеновских отделений, так и в рабочем процессе врачей-рентгенологов [70]. Подобная широкомасштабная цифровизация рабочих процессов создаёт благоприятные условия и для внедрения новых информационных технологий, в том числе на основе искусственного интеллекта.

В соответствии с указом Президента РФ от 10.10.2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» была утверждена Национальную стратегию развития искусственного интеллекта на период до 2030 года. Одним из приоритетных направлений стало развитие и использование технологий искусственного интеллекта в социальной сфере, в том числе в сфере здравоохранения.

Таким образом одним из приоритетных направлений развития лучевой диагностики направлены является внедрение цифровых решений и инновационных технологий, позволяющих оптимизировать использование материальных и кадровых ресурсов, повышения качества и доступности лучевых диагностических исследований для населения.

Как было сказано ранее, врачи-рентгенологи в своей рабочей практике применяют различные компьютерные технологии, направленные на оптимизацию рабочего процесса. В первую очередь это РИС, позволяющие значительно упростить взаимодействие с диагностическими изображениями и организацией процесса описания рентгенологических исследований [27, 36, 39].

Несмотря на это, рабочая нагрузка врачей-рентгенологов остаётся на высоком уровне. Это, в первую очередь связано с сохранением кадрового дефицита врачей-рентгенологов. По сравнению с 2021 годом, в 2022 году число специалистов уменьшилось на 7,7%. Сохраняется и неполная

укомплектованность рентгеновских отделений врачами-рентгенологами. В 2022 году она составила 79,0%, что является минимальным показателем за период 2016-2022 гг. Коэффициент совместительства составил 1,17.

Наблюдаются существенные изменения в структуре проводимых рентгенологических исследований в медицинских учреждениях Департамента здравоохранения Москвы. Если в 2016 году преобладали рентгенографические и флюорографические методы (88%), а доля КТ и МРТ составляла 7%, то к 2022 году картина значительно изменилась. Доля рентгенографии и флюорографии снизилась до 69%, в то время как на КТ и МРТ пришлось уже 22% исследований. Также отмечен рост доли маммографических исследований с 5% до 8%. При этом общее количество рентгенологических исследований в 2022 году сократилось на 45,7% по сравнению с 2016 годом.

При этом, рабочая нагрузка на 1 занятую должность врача-рентгенолога сократилась незначительно. Для расчёта рабочей нагрузки были введены поправочные коэффициенты. Поправочный коэффициент был рассчитан на основе норматива по количеству описаний врачом-рентгенологом диагностических исследований за 1 рабочую смену (6 часов) с учётом типа, описываемых исследований, утверждённом в Московском референс-центре лучевой диагностики, организованном на базе ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ». По результатам анализа норматива был введён поправочный коэффициент сложности (длительности) описания рентгенологического исследования. Поправочный коэффициент равный 1,00 соответствовал нормативу по количеству подготовленных за 1 рабочую смену описаний КТ-исследований без внутривенного контрастирования (15 шт.). Поправочный коэффициент использовался для расчёта условных единиц труда (УЕТ) врачей-рентгенологов. Одна УЕТ соответствовала 15 КТ-исследованиям, подготовленным за одну рабочую смену (6 часов) врачом-рентгенологом, занимающим одну штатную должность. В 2016 году среднегодовая рабочая нагрузка на 1 занятую должность врача-рентгенолога составила 1 705,61 УЕТ,

в 2022 году – 2 118,77 УЕТ, что на 24,2% больше. Среднегодовое увеличение рабочей нагрузки врачей-рентгенологов составило 3,15%..

Незначительное уменьшение рабочей нагрузки врачей-рентгенологов при одновременном значительном уменьшении количества проводимых рентгенологических исследований подтверждает довод об активной трансформации лучевой диагностики, вызванной оптимизацией деятельности рентгеновских отделений медицинских учреждений ДЗМ. Сокращается количество необоснованных назначений, увеличивается доля высокоинформативных исследований, проведённых на КТ и МРТ-аппаратах.

В рабочем процессе врачей-рентгенологов анализ и интерпретация рентгенологических изображений и подготовка протоколов исследований является ключевыми задачами [32, 33]. По результатам диссертационного исследования было продемонстрировано, что большую часть рабочего времени (61,6%) врачи-рентгенологи затрачивают именно на подготовку протоколов исследований. При этом протоколы КТ и МРТ-исследований имеют наибольший средний текстовый объём, 1 209 и 1 314 символов соответственно, что превышает объёмы рентгенографических и флюорографических протоколов более чем в 2 раза. Также, по результатам исследования средняя скорость печати врачей-рентгенологов на клавиатуре составила 249 символов в минуту, а точность ввода текста – 95%. Что подтверждает относительно невысокий навык печати на клавиатуре среди врачей-рентгенологов.

По результатам хронометражного исследования было определено, что в трудовой деятельности врачей-рентгенологов большую часть рабочего времени занимает заполнение медицинской документации (51%). Больше всего времени затрачивается на заполнение протоколов КТ-исследований с в/в контрастированием: до 15,4 минут; меньше всего – на протоколы флюорографических исследований – 0,6 минуты. Интерпретация диагностических изображений занимает от 35% до 57% рабочего времени. Временные затраты на работу с диагностическими изображениями зависят от

типа описываемого исследования. Дольше всего врачи-рентгенологи интерпретируют МРТ-изображения – в среднем 11,0 минут, в свою очередь, средняя длительность интерпретации флюорографического изображения составляет всего 0,6 минуты. Подготовка протокола исследования занимает от 30% до 53% рабочего времени, а работа с медицинской картой пациента – от 8% до 31%.

Таким образом, сохранение кадрового дефицита врачей-рентгенологов, сохранение высокой рабочей нагрузки, трансформация структуры проводимых рентгенологических исследований, увеличение доли исследований, проведенных с помощью КТ и МРТ-аппаратах, преобладание в рабочем процессе врача деятельности по подготовке протоколов рентгенологических исследований. В связи с вышесказанным, требуется поиск решений по усовершенствованию процесса заполнения электронной медицинской документации врачами-рентгенологами.

Одним из перспективных решений для ввода текстовой информации на АРМ врачей-рентгенологов является технология распознавания речи. Современные зарубежные систематические обзоры [71; 97] продемонстрировали, что применение систем распознавания речи в рентгеновских отделениях результативно, что связано с необходимостью ввода большого объёма текстовой информации при описании рентгенологических исследований. Однако, опыт применения систем распознавания речи в отечественном здравоохранении отсутствовал, что требовало анализа применимости подобных технологий с их последующей комплексной оценкой эффективности.

В рамках диссертационного исследований была проведена адаптация одной из отечественных систем распознавания речи с целью голосового заполнения электронной медицинской документации в рентгеновских отделениях. В рамках адаптации была предложена методология настройки системы распознавания речи, учитывающая особенности её применения для подготовки протоколов рентгенологических исследований.

Для обеспечения возможности применения системы распознавания речи в трудных акустических условиях (фоновая речь медицинского персонала, звуки работы диагностического оборудования и т.п.) была проведена адаптация акустической модели. Для адаптации акустической модели был проведён предварительный анализ звукозаписей, полученных от врачей-рентгенологов. Также было проведено тестирование различных типов микрофонов, с целью определения типа и модели микрофона, обеспечивающего оптимальное качества распознавания речи, при использовании в условиях рентгеновского отделения.

Для адаптации языковой модели были отобраны и деперсонализированы 2,6 млн протоколов рентгенологических исследований, хранящихся на момент подготовки диссертационного исследования в ЕРИС ЕМИАС. На основе анализа текста протоколов, был сформирован специализированный словарь, содержащий 300 081 уникальных слов. Также проводился сбор обратной связи об ошибках распознавания от врачей-рентгенологов с последующей ручной корректировкой словаря языковой модели системы распознавания речи.

По результатам адаптации системы распознавания речи была достигнута точность распознавания рентгенологических терминов равная 98%. Однако, в некоторых случаях сохранилась трудность распознавания окончаний произнесённых слов. Данная проблема связана с особенностями русского языка. Она может быть решена за счёт внедрения в систему распознавания речи алгоритмов ИИ и за счёт использования более длинных (от 5 слов) словосочетаний в отдельных эпизодах голосового заполнения протоколов рентгенологических исследований.

При подготовке к внедрению системы распознавания речи были разработаны методические рекомендации «Организация рабочего места врача-рентгенолога» в которых были отражены требования для комфортного применения системы распознавания речи при подготовке протоколов рентгенологических исследований. Также был подготовлен ряд учебно-методических материалов, направленных на самостоятельное освоение

врачами-рентгенологами навыков применения системы распознавания речи. Дополнительно, на базе ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», был организован учебный кабинет, оснащенных АРМ с системами распознавания речи, для проведения очных семинаров.

В рамках диссертационного исследования была предложена методология тестирования качества работы адаптированной системы распознавания речи, включающая в себя подготовку эталонных текстов протоколов и их последующую диктовку. Тестирование необходимо для контроля точности работы системы при внесении изменений в языковую модель.

Протокол рентгенологического исследования является основным медицинским документом, подготавливаемым врачом-рентгенологом по результатам проведенного исследования. Рентгенологические протоколы можно разделить на 3 типа: структурированные, гибридные и неструктурированные. От типа протокола зависит и методология подготовки медицинского документа. Наиболее трудоёмкими для заполнения являются неструктурированные протоколы, которые чаще всего применяются при описании КТ и МРТ-исследований. Для подготовки таких протоколов врачи-рентгенологи используют нарративный метод интерпретации, при котором специалист описывает в свободной форме, используя общепринятые рентгенологические термины, все патологические и физиологические находки. Протоколы исследований, в которых используется нарративный метод интерпретации, имеют наибольший объём. В свою очередь, скорость заполнения медицинской документации зависит от скорости печати врачей на клавиатуре. При исследовании данного параметра среди врачей-рентгенологов МРЦ было продемонстрировано, что средняя скорость заполнения протокола рентгенологического исследования составила 249 символов/мин, а точность 95%. Таким образом, в условиях увеличивающегося количества КТ и МРТ-исследований и сохраняющегося дефицита врачей-рентгенологов, скорость заполнения медицинской документации становится

ограничением для своевременного и качественного оказания медицинской помощи.

Система распознавания речи является одним из решений, позволяющим значительно ускорить процесс заполнения медицинской документации. Однако, для её применения в условиях рентгеновского отделения требуется адаптация и формирование словарей, основанных на протоколах рентгенологических исследований, подготовленных врачами. Целями адаптации системы распознавания речи являются: разработка акустической модели, которая будет способна воспринимать речь врача-рентгенолога в высоком качестве, при применении системы в условиях рентгеновского отделения, и в формирование языковой модели, которая будет содержать большинство рентгенологических терминов, используемых врачами-рентгенологами медицинских учреждений Департамента здравоохранения города Москвы при интерпретации рентгенологических исследований.

По результатам комплексной оценки результативности применения адаптированной системы распознавания речи было продемонстрировано, что она сокращает длительность заполнения протоколов рентгенологических исследований, в которых применяется нарративный метод интерпретации (рентгенография при травмах и переломах, МРТ головного мозга с контрастированием, КТ органов грудной полости, брюшной полости и малого таза с контрастированием) до 35,2%. При заполнении протоколов гибридного типа (КТ органов грудной клетки при подозрении на COVID-19) система распознавания речи не повлияла на длительность подготовки медицинского документа. При подготовке СЭМД (флюорография и маммография) система распознавания речи оказалась неэффективна, длительность заполнения увеличилась до 23,3%. Для эффективного применения системы распознавания речи при заполнении СЭМД необходима реализация распознавания наименования полей СЭМД и выпадающих списков. Таким образом может быть реализована голосовая навигация по СЭМД и автоматическое заполнение необходимых полей.

По результатам опросов врачей-рентгенологов МРЦ было продемонстрировано, что 94% специалистов оценивают свой навык печати с помощью клавиатуры как средний и высокий. Большинство специалистов (69,8%) используют рекомендованное звукозаписывающее устройство для применения совместно с системой распознавания речи. Остальные предпочитают применять собственные гарнитуры. Большинство (85,7%) врачей-рентгенологов оценили качество работы адаптированной системы распознавания речи как хорошее и отличное. Также большинство врачей-рентгенологов (79,1%) отметили простоту и удобство применения системы распознавания речи. Подавляющее большинство врачей (83,9%) отметили простоту в освоение навыка применения системы распознавания речи, а 85,7% специалистов отметили высокое качество подготовленных учебно-методических материалов. Больше половины врачей-рентгенологов (66,0%) ответили, что система распознавания речи повышает их результативность труда и сокращает время подготовки протоколов рентгенологических исследований.

При оценке результативности применения адаптированной системы распознавания речи отдельно взятым врачом следует учитывать его индивидуально-психологических черты. По результатам исследования было продемонстрировано, что врачи-рентгенологи, обладающие экстравертивным типом личности, более склонны к применению системы распознавания речи (средний балл по шкале экстраверсия / интроверсия – 17,2). Врачи, обладающие интровертивным или смешанным типом личности (средний балл по шкале экстраверсия / интроверсия – 9,9) являются сторонниками традиционного метода заполнения протоколов рентгенологических исследований – с помощью клавиатуры.

В результате диссертационного исследования была научно обоснована необходимость поиска новых решений и инструментов, направленных на ускорение процесса заполнения протоколов рентгенологических исследований, в условиях ежегодного увеличения количества проводимых

рентгенологических исследований и сохранения кадрового дефицита врачей-рентгенологов в медицинских организациях Департамента здравоохранения города Москвы.

Система распознавания речи стала одним из решений, позволяющее сократить длительность заполнения электронной медицинской документации. Но для применения данной системы в условиях рентгеновских отделений центров лучевой диагностики необходима адаптация языковой модели и разработка специализированных словарей, содержащих рентгенологические термины.

Адаптированная система распознавания речи оказалась проста в освоение и использовании и продемонстрировала свою результативность при подготовке некоторых типов протоколов рентгенологических исследований. Дальнейшая доработка системы распознавания речи позволит расширить её функциональные возможности и продемонстрировать эффективность и при заполнении СЭМД.

Результаты проведенного хронометражного исследования сравнить с зарубежными исследованиями по данному научному направлению. Ранее, в некоторых зарубежных странах применялась отличная от отечественной методология подготовки протоколов рентгенологических исследований. Врачи-рентгенологи производили аудиозаписи с помощью диктофона, которые в дальнейшем расшифровывались и переводились в текстовый формат медицинскими транскрипционистами. Подавляющее большинство современных зарубежных исследований подтверждает эффективность применения технологии распознавания речи при сравнении с медицинскими транскрипционистами

Таким образом, адаптированная система распознавания речи может быть рекомендована для внедрения в рентгеновских отделениях и центрах лучевой диагностики и применения врачами-рентгенологами при заполнении протоколов рентгенологических исследований.

## ВЫВОДЫ

1. Структура проводимых рентгенологических исследований в период с 2016 по 2022 год существенным образом изменилась за счет уменьшения в 1,8 раза общего количества рентгенологических исследований в сочетании с увеличением в 1,7 раза высокотехнологичных исследований, таких как КТ и МРТ, и снижением количества выполненных флюорографических и рентгенографических исследований на 33,0%.

2. Установлена низкая обеспеченность населения врачами-рентгенологами (1,21 на 10 тыс. населения в 2022 г.), недостаточная укомплектованность врачами-рентгенологами (67,7% в 2022 г.) рентгеновских отделений медицинских организаций, оказывающих помощь в амбулаторных и стационарных условиях, в сочетании со значительным повышением рабочей нагрузки на врачей-рентгенологов с 1 705,61 УЕТ в 2016 году до 2 118,77 УЕТ в 2022 году (на 24,2%).

3. Анализ структуры рабочего времени врачей-рентгенологов показал неоптимальное соотношение затрат времени на основную деятельность и работу с медицинской документацией: в рабочем процессе врачей-рентгенологов заполнение протоколов рентгенологических исследований занимает большую часть времени (50,4%), а основная деятельность - непосредственно работа с диагностическими изображениями и их интерпретация - составляет 39,4% рабочего времени. Наиболее трудоемкой являлась интерпретация магнитно-резонансных томограмм ( $11,0 \pm 5,6$  минут), тогда как оценка флюорографического снимка требовала лишь  $0,6 \pm 0,3$  минуты. Наибольшие временные затраты были связаны с составлением протоколов компьютерной томографии с внутривенным контрастированием, достигающие  $15,4 \pm 5,7$  минут на одно исследование.

4. Организационная технология повышения результативности деятельности врачей-рентгенологов включает централизацию процесса описания диагностических исследований, оснащение автоматизированного рабочего места и кабинета врача-рентгенолога адаптированной системой

распознавания речи, систему мониторинга применения системы распознавания речи в информационной системе в сфере здравоохранения субъекта Российской Федерации, информационный и учебно-методический комплекс для самостоятельного освоения врачами навыков использования системы.

5. По результатам социологического исследования путём анкетирования установлено, что большинство врачей-рентгенологов отметили простоту в освоении навыка применения системы распознавания речи (92,8%; 95% ДИ 86,6 – 96,1), преимущества очного обучения по сравнению с заочным и онлайн-обучением (79,7%; 95% ДИ 71,9 – 85,4), высокое качество подготовленных текстовые памяток и инструкций для самостоятельной работы с системой распознавания речи (89,1%; 95% ДИ 83,4 – 94,8) и распознавания рентгенологической лексики (85,7%; 95% ДИ 74,3 – 92,6), простоту и удобство применения самой технологии (83,9%; 95% ДИ 72,2 – 91,3), повышение результативности труда и сокращение длительности подготовки протоколов рентгенологических исследований (66,0%; 95% ДИ 52,9 – 77,3). Установлено, что врачи-рентгенологи, обладающие экстравертивными качествами личности, более привержены к применению системы распознавания речи при подготовке протоколов рентгенологических исследований.

6. Внедрение разработанной организационной технологии обеспечило сокращение длительности заполнения неструктурированного электронного медицинского документа на 29,5% ( $p < 0,0001$ ), что существенно увеличивает время на основную деятельность и повышает интенсивность труда врачей-рентгенологов.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Для главных внештатных специалистов, для руководителей медицинских организаций и руководителей рентгеновских отделений и центров лучевой диагностики рекомендуется:

- использовать разработанный информационный и учебно-методический комплекс с целью оперативного и самостоятельного освоения врачами навыков применения адаптированной системы распознавания речи для заполнения электронных медицинских документов;

- учитывать при внедрении новых информационных технологий в рабочий процесс медицинских специалистов индивидуально-психологические черты врачей, которые могут оказывать влияние на вовлеченность и результативность применения внедряемых технологий;

- осуществлять подготовку протоколов рентгенологических исследований с применением адаптированной системы распознавания речи, обеспечивающей точность распознавания рентгенологической лексики и терминологии не ниже 95%, с целью сокращения длительности подготовки протоколов рентгенологических исследований и повышения результативности деятельности врачей-рентгенологов.

2. Для образовательных организаций высшего и дополнительного профессионального образования, осуществляющих подготовку кадров высшей квалификации в ординатуре по специальности «Рентгенология», обучение врачей по дополнительным профессиональным программам (повышения квалификации, профессиональной переподготовки) рекомендуется использовать разработанный информационный и учебно-методический комплекс с целью оперативного и самостоятельного освоения ординаторами и слушателями навыков применения адаптированной системы распознавания речи для заполнения электронных медицинских документов.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- АРМ** – автоматизированное рабочее место
- ДЗМ** – Департамент здравоохранения города Москвы
- ДРА** – двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия
- ЕМИАС** – единая медицинская информационно-аналитическая системы города Москвы
- ЕРИС** – единый радиологический информационный сервис
- ИИ** – искусственный интеллект
- КТ** – компьютерная томография
- МИС** – медицинская информационная система
- ММГ** – маммография
- МРТ** – магнитно-резонансная томография
- МРЦ** – Московский референс-центр лучевой диагностики
- РИД** – результат интеллектуальной деятельности
- РИС** – рентгенологическая (радиологическая) информационная система
- СЭМД** – структурированный медицинский документ
- ЭМК** – электронная медицинская карта
- BI-RADS** – Breast Imaging-Reporting and Data System
- IQR** – межквартильный размах
- NPS** – Net Promoter Score (Индекс потребительской лояльности)
- Q1** – первый квартиль
- Q3** – третий квартиль
- ROI** – region of interest (область интереса)
- WER** – word error rate (частота ошибок в словах)
- WW** – window width (ширина окна)
- WL** – window level (уровень окна)

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Актуальность внедрения референсного подхода в патологоанатомическую практику / Л. С. Урусова, Э. Э. Порубаева, Г. А. Мельниченко, Н. Г. Мокрышева // Менеджер здравоохранения. – 2022. – № 10.
2. Берозашвили, А. Т. Результаты изучения мнения врачей хирургических специальностей о качестве стационарной медицинской помощи / А. Т. Берозашвили, Ю. П. Линец, Е. Н. Пенюгина // Проблемы городского здравоохранения : сборник научных трудов. – 2017. – № 22. – С. 92-96.
3. Вечорко, В. И. Распределение рабочего времени на амбулаторном приеме врача-терапевта участкового с медицинской сестрой в поликлинике города Москвы (фотохронометражное наблюдение) / В. И. Вечорко // Социальные аспекты здоровья населения. – 2016. – Т. 52. – № 6. – С. 4.
4. Влияние технологий искусственного интеллекта на длительность описаний результатов компьютерной томографии пациентов с COVID-19 в стационарном звене здравоохранения / С. П. Морозов, А. Г. Гаврилов, И. В. Архипов [и др.] // Профилактическая медицина. – 2022. – Т. 25. – № 1. – С. 14-20.
5. Голосовой помощник соберет жалобы на самочувствие пациента по телефону перед приемом в поликлинике. – URL: <https://www.mos.ru/news/item/89302073/> (дата обращения: 27.02.2023). – Текст : электронный.
6. Григорьева, Л. В. Кадры системы здравоохранения города Москвы в 2018–2022 годах (медицинских организаций, подведомственных Департаменту здравоохранения города Москвы и Министерству здравоохранения Российской Федерации) / Л. В. Григорьева, А. О. Ефименков, И. М. Клещунова; ред. Е. И. Аксенова, А. М. Подчернина. – Москва : ГБУ «НИИОЗММ ДЗМ», 2023. – 90 с.
7. Гусев, А. В. Основные рекомендации к созданию и развитию информационных систем в здравоохранении на базе искусственного интеллекта / А. В. Гусев, М. А. Плисс // Искусственный интеллект в

здравоохранении. – 2018. – № 3. – С. 45-60.

8. Динамика заболеваемости и смертности от рака молочной железы в Российской Федерации, в Тюменской области и Уральском федеральном округе за период с 2008 по 2017 гг. / Н. М. Федоров, А. И. Фадеева, В. И. Павлова, А. Р. Иванова // Академический журнал западной Сибири. – 2017. – Т. 2. – № 79. – С. 9-12.

9. Значение технологий искусственного интеллекта для профилактики дефектов в работе врача-рентгенолога / Ю. А. Васильева, А. В. Владзимирский, Д. В. Бондарчук [и др.] // Врач и информационные технологии. – 2023. – № 2. – С. 16-27.

10. Исследование целесообразности применения технологий искусственного интеллекта в лучевой диагностике / С. П. Морозов, А. В. Владзимирский, И. М. Шулькин [и др.] // Врач и информационные технологии. – 2022. – № 1. – С. 12-29.

11. Как искусственный интеллект влияет на оценку поражения лёгких при COVID-19 по данным КТ грудной клетки? / С. П. Морозов, В. Ю. Чернина, А. Е. Андрейченко [и др.] // Digital Diagnostics. – 2021. – Т. 2. – № 1. – С. 27-38.

12. Козлова, О. В. Лучевая диагностика в Санкт-Петербурге в 2022 году: анализ деятельности службы / О. В. Козлова, Л. Н. Трофимова // Лучевая диагностика и терапия. – 2023. – Т. 14. – № 2. – С. 102-112.

13. Кудрявцев, Н. Д. Затраты рабочего времени врачей-рентгенологов в условиях централизованного описания диагностических исследований / Н. Д. Кудрявцев, А. В. Владзимирский // Научно-практический рецензируемый журнал «Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики». – 2024. – № 2. – С. 673-689.

14. Кудрявцев, Н. Д. Технология распознавания речи в лучевой диагностике: длительность подготовки заключений / Н. Д. Кудрявцев, А. В. Владзимирский // ОРГЗДРАВ: новости, мнения, обучение. Вестник ВШОУЗ. – 2023. – Т. 9. – № 2. – С. 64-73.

15. Лучевая диагностика коронавирусной болезни (COVID-19):

- организация, методология, интерпретация результатов. Версия 2 (17.04. 2020) / С. П. Морозов, Д. Н. Проценко, С. В. Сметанина [и др.]. – 2020.
16. Любимов, А. П. Основные понятия искусственного интеллекта / А. П. Любимов, Д. В. Пономарева, А. Г. Барабашев. – 2019.
17. Метлова, В. А. Темп речи в свободной коммуникации: социолингвистический аспект / В. А. Метлова // Вестник Пермского университета. Российская и зарубежная филология. – 2014. – № 4 (28).
18. Микулич, Д. В. Обоснование целесообразности проведения пилотного проекта скрининга рака молочной железы / Д. В. Микулич, С. А. Красный, С. В. Шиманец // Онкологический журнал. – 2019. – Т. 13. – № 2. – С. 53-67.
19. Морозов, С. П. Обзор текущего состояния и основных требований к RACS-системам / С. П. Морозов, М. О. Переверзев // Врач и информационные технологии. – 2013. – № 3. – С. 17-29.
20. Морозов, С. П. Современные стандартизированные подходы к совершенствованию службы лучевой диагностики / С. П. Морозов, П. В. Шелехов, А. В. Владзимирский // Проблемы стандартизации в здравоохранении. – 2019. – Т. 5. – № 6. – С. 30-34.
21. Московский скрининг: организация маммографического скрининга как способ повысить выявляемость рака молочной железы на ранних стадиях / С. П. Морозов, Н. Н. Ветшева, А. Г. Овсянников [и др.] // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2019. – Т. 27. – № 5. – С. 623-629.
22. Московский эксперимент по применению компьютерного зрения в лучевой диагностики: вовлечённость врачей-рентгенологов / С. П. Морозов, А. В. Владзимирский, Н. В. Ледихова [и др.] // Врач и информационные технологии. – 2020. – № 4. – С. 14-23.
23. Мохначева, Т. Е. Готовность медицинского персонала к работе с медицинскими информационными системами / Т. Е. Мохначева, Ю. Ю. Моногарова, Ж. Л. Варакина // Менеджер здравоохранения. – 2022. – № 3.
24. Мукерия, А. Ф. Эпидемиология и профилактика рака легкого / А. Ф.

- Мукерия, Д. Г. Заридзе // Вестник РОНЦ им. Н. Н. Блохина РАМН. – 2010. – Т. 21. – № 3. – С. 3-13.
25. Оптимизация работы отделения рентгенологической диагностики городской поликлиники на основе системного внедрения телемедицины / С. П. Морозов, М. В. Соколова, А. В. Владзимирский [и др.] // Радиология - практика. – 2018. – Т. 1. – № 67. – С. 18-27.
26. Опыт работы референс-центра иммуногистохимических, патоморфологических, молекулярно-генетических методов исследований Сеченовского университета / Е. А. Коган, Е. Е. Руденко, Т. А. Демура [и др.] // Национальное здравоохранение. – 2022. – № 4.
27. Опыт реализации и перспективы развития комплексной информационной системы в онкологической службе краснодарского края / А. А. Кошкарров, К. В. Семенов, Р. А. Мурашко [и др.] // Врач и информационные технологии. – 2021. – № 3. – С. 4-19.
28. Основные достижения низкодозной компьютерной томографии в скрининге рака легкого / В. А. Гомболевский, В. Ю. Чернина, И. А. Блохин [и др.] // Туберкулёз и болезни лёгких. – 2021. – Т. 99. – № 1. – С. 61-70.
29. Пилотное внедрение технологий распознавания речи в эндоскопических центрах ДЗМ / А. В. Шабунин, В. В. Бедин, И. Ю. Коржева [и др.] // Здоровье мегаполиса. – 2023. – № 1.
30. Показатели деятельности отделений лучевой диагностики Департамента здравоохранения города Москвы в 2016–2022 гг. / Ю. А. Васильев, Н. Д. Кудрявцев, А. Н. Мухортова [и др.] // Менеджер здравоохранения. – 2024. – № 5. – С. 36-48.
31. Приказ Департамента здравоохранения города Москвы от 10.04.2020 № 385 "Об организации амбулаторных КТ-центров на базе медицинских организаций государственной системы здравоохранения города Москвы, казывающих первичную медико-санитарную помощь взрослому на. – 2020. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/564691466> (дата обращения: 15.08.2023). – Текст : электронный.

32. Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 07.09.2020 № 947н «Об утверждении Порядка организации системы документооборота в сфере охраны здоровья в части ведения медицинской документации в форме электронных документов». – 2020.
33. Приказ Министерства здравоохранения РФ от 9 июня 2020 г. № 560н «Об утверждении Правил проведения рентгенологических исследований». – 2020.
34. Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (2019-nCoV): временные методические рекомендации Министерства здравоохранения Российской Федерации. Версия 15 (22.02.2022).
35. Распределение рабочего времени на амбулаторном приёме врача травматолога-ортопеда / И. В. Рябчиков, Р. Р. Загафаров, В. В. Мухина [и др.] // Московский хирургический журнал. – 2018. – Т. 6. – С. 38-43.
36. Региональная радиологическая информационная система Краснодарского края: организация работы референсного клиничко-диагностического центра по патологии молочной железы / И. В. Глушкова, А. А. Кошкарлов, Р. А. Мурашко [и др.] // Врач и информационные технологии. – 2018. – С. 18-27.
37. Результаты работы референс-центра лучевой диагностики с применением телемедицинских технологий / Ю. А. Васильев, Д. Д. Кожихина, А. В. Владимирский [и др.] // Здравоохранение Российской Федерации. – 2024. – Т. 68. – № 2. – С. 102-108.
38. Результаты фотохронометражного исследования затрат рабочего времени врачей-урологов, врачей-онкологов, врачей-пульмонологов, врачей-травматологов-ортопедов, врачей функциональной диагностики, оказывающих медицинскую помощь взрослому населению в амбулаторн / М. А. Иванова, О. В. Армашевская, В. В. Люцко, Т. А. Соколовская // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. – 2019. – № 2.
39. Референс-центр лучевой диагностики: обоснование и концепция / С. П.

Морозов, А. В. Владзимирский, Н. Н. Ветшева [и др.] // Менеджмент в здравоохранении. – 2019. – № 8. – С. 25-34.

40. Роль скрининга в управлении эпидемиологией рака легкого в Красноярском крае / И. П. Сафонцев, Р. А. Зуков, А. А. Модестов [и др.] // Вопросы онкологии. – 2017. – Т. 63. – № 3. – С. 385-393.

41. С этого года в Москве анализ снимков искусственным интеллектом оплачивается по ОМС. – URL: <https://www.mos.ru/news/item/118401073/> (дата обращения: 25.04.2023). – Текст : электронный.

42. Синицын, В. Е. Протокол рентгенологического описания: прошлое, настоящее, будущее / В. Е. Синицын, М. А. Комарова, Е. А. Мершина // Вестник рентгенологии и радиологии. – 2014. – Т. 3. – С. 35-40.

43. Синицын, В. Е. Структурированные протоколы описания в лучевой диагностике / В. Е. Синицын, М. А. Комарова, Е. А. Мершина // Вестник рентгенологии и радиологии. – 2014. – № 6. – С. 47-52.

44. Скрининг рака молочной железы: история и перспективы / В. И. Чиссов, В. А. Солодкий, Д. Д. Пак [и др.] // Онкология. Журнал им. П.А. Герцена. – 2013. – Т. 1. – № 2. – С. 46-51.

45. Терновой, С. К. Новые технологии лучевой диагностики / С. К. Терновой, В. Е. Синицын // Врач. – 2005. – С. 28-32.

46. Технология распознавания речи: результаты опроса врачей-рентгенологов Московского референс-центра лучевой диагностики / Н. Д. Кудрявцев, Д. С. Семенов, Д. Д. Кожихина, А. В. Владзимирский // ОРГЗДРАВ: новости, мнения, обучение. Вестник ВШОУЗ. – 2022. – Т. 8. – № 3. – С. 95-104.

47. Три миллиона предварительных диагнозов поставили в Москве с помощью искусственного интеллекта. – URL: <https://www.mos.ru/news/item/100888073/> (дата обращения: 10.01.2022). – Текст : электронный.

48. Тюрин, И. Е. Лучевая диагностика в Российской Федерации в 2016 г. / И. Е. Тюрин // Вестник рентгенологии и радиологии. – 2017. – Т. 98. – № 4. –

С. 219-226.

49. Указ Президента Российской Федерации от 10.10.2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации». – 2019.

50. Федеральные клинические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике остеопороза / Z. E. Belaya, K. Y. Belova, E. V. Biryukova [и др.] // Osteoporosis and Bone Diseases. – 2021. – Т. 24. – № 2. – С. 4-47.

51. Храмов, А. И. Оценка эффективности учебного курса по использованию систем автоматического распознавания речи в практике врача-патологоанатома / А. И. Храмов, Г. Ф. Храмова // Children's Medicine of the North-West. – 2021. – Т. 9. – № 1. – С. 375.

52. Хронометраж рабочего времени врачей детского консультативно-диагностического отделения / О. В. Каплиева, Л. А. Мерега, Л. П. Воробьева [и др.] // Дальневосточный медицинский журнал. – 2018. – № 4.

53. Шахабов, И. В. Ключевые аспекты пациент-ориентированной модели управления медицинской организацией / И. В. Шахабов, Ю. Ю. Мельников, А. В. Смышляев // Научное обозрение. Медицинские науки. – 2020. – № 3. – С. 34-38.

54. Шелехов, П. В. Кадровая ситуация в лучевой диагностике / П. В. Шелехов // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. – 2019. – № 1.

55. Шелехов, П. В. Эффективность использования оборудования лучевой диагностики в субъектах Российской Федерации / П. В. Шелехов // Менеджер Здравоохранения. – 2017. – № 5.

56. Эффективность применения технологий искусственного интеллекта для двойных описаний результатов профилактических исследований легких / Владимирский А.В., Кудрявцев Н.Д., Кожихина Д.Д. [и др.] // Профилактическая медицина. – 2022. – Т. 25. – № 7. – С. 7.

57. A clinician survey of using speech recognition for clinical documentation in the electronic health record / F. R. Goss, S. V. Blackley, C. A. Ortega [et al.] // International Journal of Medical Informatics. – 2019. – Vol. 130. – № April. –

P. 103938.

58. A Comparison of Techniques for Language Model Integration in Encoder-Decoder Speech Recognition / S. Toshniwal, A. Kannan, C.-C. Chiu [et al.] // 2018 IEEE Spoken Language Technology Workshop (SLT). – IEEE, 2018. – P. 369-375.
59. A guide to the digital revolution / K. J. Dreyer, D. S. Hirschorn, J. H. Thrall, A. Mehta. – 2006. – 572 p.
60. Aas, I. H. M. Organizational centralization in radiology / I. H. M. Aas // Journal of Telemedicine and Telecare. – 2006. – Vol. 12. – № 1. – P. 27-32.
61. An international survey on AI in radiology in 1041 radiologists and radiology residents part 2: expectations, hurdles to implementation, and education / M. Huisman, E. Ranschaert, W. Parker [et al.] // European Radiology. – 2021. – Vol. 31. – № 11. – P. 8797-8806.
62. Analysis of Documentation Speed Using Web-Based Medical Speech Recognition Technology: Randomized Controlled Trial / M. Vogel, W. Kaisers, R. Wassmuth, E. Mayatepek // Journal of Medical Internet Research. – 2015. – Vol. 17. – № 11. – P. e247.
63. Artificial intelligence for diagnosis of vertebral compression fractures using a morphometric analysis model, based on convolutional neural networks / A. V. Petraikin, Z. E. Belaya, A. N. Kiseleva [et al.] // Problems of Endocrinology. – 2020. – Vol. 66. – № 5. – P. 48-60.
64. Artificial Intelligence for the Future Radiology Diagnostic Service / S. K. Mun, K. H. Wong, S.-C. B. Lo [et al.] // Frontiers in Molecular Biosciences. – 2021. – Vol. 7.
65. Assessing treatment outcomes using a single question / D. F. Hamilton, J. V. Lane, P. Gaston [et al.] // The Bone & Joint Journal. – 2014. – Vols. 96-B. – № 5. – P. 622-628.
66. Bade, B. C. Lung Cancer 2020 / B. C. Bade, C. S. Dela Cruz // Clinics in Chest Medicine. – 2020. – Vol. 41. – № 1. – P. 1-24.
67. Berlin, L. Pitfalls of the Vague Radiology Report / L. Berlin // American Journal of Roentgenology. – 2000. – Vol. 174. – № 6. – P. 1511-1518.

68. Brady, A. P. Radiology reporting—from Hemingway to HAL? / A. P. Brady // *Insights into Imaging*. – 2018. – Vol. 9. – № 2. – P. 237-246.
69. Brady, A. P. Artificial Intelligence in Radiology—Ethical Considerations / A. P. Brady, E. Neri // *Diagnostics*. – 2020. – Vol. 10. – № 4. – P. 231.
70. *Clinical Engineering Handbook* / ed. I. Iadanza. – Elsevier, 2020.
71. Computerized Radiologic Reporting with Voice Data-Entry / W. Leeming, D. Ed, D. Jackson, L. Bleich // *Radiology*. – 1981. – Vol. 138. – P. 585-588.
72. Computerized Radiology Reporting Using Coded Language / M. Simon, B. W. Leeming, H. L. Bleich [et al.] // *Radiology*. – 1974. – Vol. 113. – № 2. – P. 343-349.
73. Continuous Speech Recognition in MR Imaging Reporting / M. R. Ramaswamy, G. Chaljub, O. Esch [et al.] // *American Journal of Roentgenology*. – 2000. – Vol. 174. – № 3. – P. 617-622.
74. CT-Based COVID-19 triage: Deep multitask learning improves joint identification and severity quantification / M. Goncharov, M. PISOV, A. Shevtsov [et al.] // *Medical Image Analysis*. – 2021. – Vol. 71. – P. 102054.
75. Deng, L. Machine Learning Paradigms for Speech Recognition: An Overview / L. Deng, X. Li // *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*. – 2013. – Vol. 21. – № 5. – P. 1060-1089.
76. Diagnostic radiology resident and fellow workloads: A 12-year longitudinal trend analysis using national medicare aggregate claims data / F. H. Chokshi, D. R. Hughes, J. M. Wang [et al.] // *Journal of the American College of Radiology*. – 2015. – Vol. 12. – № 7. – P. 664-669.
77. Effectiveness of using artificial intelligence technologies for dual descriptions of the results of preventive lung examinations / A. V. Vladzimirskyy, N. D. Kudryavtsev, D. D. Kozhikhina [et al.] // *Profilakticheskaya meditsina*. – 2022. – Vol. 25. – № 7. – P. 7.
78. Efficient WFST-Based One-Pass Decoding With On-The-Fly Hypothesis Rescoring in Extremely Large Vocabulary Continuous Speech Recognition / T. Hori, C. Hori, Y. Minami, A. Nakamura // *IEEE Transactions on Audio, Speech and*

Language Processing. – 2007. – Vol. 15. – № 4. – P. 1352-1365.

79. Epicardial fat Tissue Volumetry: Comparison of Semi-Automatic Measurement and the Machine Learning Algorithm / V. Y. Chernina, M. E. Pisov, M. G. Belyaev [et al.] // *Kardiologiya*. – 2020. – Vol. 60. – № 9. – P. 46-54.

80. European Society of Radiology (ESR). Impact of artificial intelligence on radiology: a EuroAIM survey among members of the European Society of Radiology / European Society of Radiology (ESR) // *Insights into Imaging*. – 2019. – Vol. 10. – № 1. – P. 105.

81. Eysenck, H. J. Eysenck Personality Questionnaire-Revised (EPQ-R) / H. J. Eysenck, S. B. G. Eysenck // *APA PsycTests*. – 1993.

82. Graves, A. Speech recognition with deep recurrent neural networks / A. Graves, A. Mohamed, G. Hinton // *2013 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*. – IEEE, 2013. – P. 6645-6649.

83. Grote, T. On the ethics of algorithmic decision-making in healthcare / T. Grote, P. Berens // *Journal of Medical Ethics*. – 2020. – Vol. 46. – № 3. – P. 205-211.

84. Hall, F. M. Language of the Radiology Report / F. M. Hall // *American Journal of Roentgenology*. – 2000. – Vol. 175. – № 5. – P. 1239-1242.

85. Hemond, C. C. Magnetic Resonance Imaging in Multiple Sclerosis / C. C. Hemond, R. Bakshi // *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*. – 2018. – Vol. 8. – № 5. – P. a028969.

86. Hodgson, T. Risks and benefits of speech recognition for clinical documentation: a systematic review / T. Hodgson, E. Coiera // *Journal of the American Medical Informatics Association*. – 2016. – Vol. 23. – № e1. – P. e169-e179.

87. Houston, J. D. Experience with implementation of a radiology speech recognition system / J. D. Houston, F. W. Rupp // *Journal of Digital Imaging*. – 2000. – Vol. 13. – № 3. – P. 124-128.

88. Hugine, A. User Evaluation of an Innovative Digital Reading Room / A. Hugine, S. Guerlain, A. Hedge // *Journal of Digital Imaging*. – 2012. – Vol. 25. –

№ 3. – P. 337-346.

89. Is terminology used effectively to convey diagnostic certainty in radiology reports? / R. Khorasani, D. W. Bates, S. Teeger [et al.] // *Academic Radiology*. – 2003. – Vol. 10. – № 6. – P. 685-688.

90. Itakura, F. Minimum prediction residual principle applied to speech recognition / F. Itakura // *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing*. – 1975. – Vol. 23. – № 1. – P. 67-72.

91. Juang, B. H. Hidden Markov Models for Speech Recognition / B. H. Juang, L. R. Rabiner // *Technometrics*. – 1991. – Vol. 33. – № 3. – P. 251-272.

92. Khramtsov, A. I. Application of digital technology in the work of a pathologist: guidelines for learning how to use speech recognition systems / A. I. Khramtsov, R. A. Nasyrov, G. F. Khramtsova // *Pediatrician (St. Petersburg)*. – 2021. – Vol. 12. – № 3. – P. 63-68.

93. Lakhani, D. A. “Resident Managed Peer-Mentoring Program”: A Novel Way to Engage Medical Students and Radiology Residents in Collaborative Research / D. A. Lakhani, K. J. Swaney, J. P. Hogg // *Academic Radiology*. – 2022. – Vol. 29. – № 9. – P. 1425-1431.

94. Li, J. Recent Advances in End-to-End Automatic Speech Recognition / J. Li. – 2021.

95. Maass, M. Radiological image data migration: Practical experience and comparison of the costs of work / M. Maass, M. Kosonen, M. Kormano // *Acta Radiologica*. – 2001. – Vol. 42. – № 4. – P. 426-429.

96. Measurement of clinical documentation burden among physicians and nurses using electronic health records: a scoping review / A. J. Moy, J. M. Schwartz, R. Chen [et al.] // *Journal of the American Medical Informatics Association*. – 2021. – Vol. 28. – № 5. – P. 998-1008.

97. Medical Imaging Displays and Their Use in Image Interpretation / G. C. Kagadis, A. Walz-Flannigan, E. A. Krupinski [et al.] // *RadioGraphics*. – 2013. – Vol. 33. – № 1. – P. 275-290.

98. Modern Possibilities of Functional Magnetic Resonance Imaging in

Neuroimaging / A. A. Belyaevskaya, N. V. Meladze, M. A. Sharia [et al.] // Medical Visualization. – 2018. – № 1. – P. 7-16.

99. Modern standards for magnetic resonance imaging of the brain tumors / N. E. Zakharova, I. N. Pronin, A. I. Batalov [et al.] // Voprosy neirokhirurgii imeni N.N. Burdenko. – 2020. – Vol. 84. – № 3. – P. 102.

100. NoGrand View Research. Voice and Speech Recognition Market Size, Share & Trends Analysis Report, By Function, By Technology (AI, Non-AI), By Vertical (Healthcare, BFSI, Automotive), And Segment Forecasts, 2018–2025. – URL: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/voice-recognition-market> (date accessed: 15.08.2023). – Text : electronic.

101. Oliva, M. R. Liver cancer imaging: role of CT, MRI, US and PET / M. R. Oliva // Cancer Imaging. – 2004. – Vol. 4. – № Special Issue A. – P. S42-S46.

102. Pilot implementation of speech recognition technology in the endoscopic centers of Moscow Healthcare Department / A. V. Shabunin, V. V. Bedin, I. Y. Korzheva [et al.] // City Healthcare. – 2023. – Vol. 4. – № 1. – P. 68-74.

103. Pishnyak, A. Perception of New Technologies: Constructing an Innovation Openness Index / A. Pishnyak, N. Khalina // Foresight and STI Governance. – 2021. – Vol. 15. – № 1. – P. 39-54.

104. Poder, T. G. Speech Recognition for Medical Dictation: Overview in Quebec and Systematic Review / T. G. Poder, J.-F. Fiset, V. Déry // Journal of Medical Systems. – 2018. – Vol. 42. – № 5. – P. 89.

105. Prolonged lung cancer screening reduced 10-year mortality in the MILD trial: new confirmation of lung cancer screening efficacy / U. Pastorino, M. Silva, S. Sestini [et al.] // Annals of Oncology. – 2019. – Vol. 30. – № 7. – P. 1162-1169.

106. Provider Adoption of Speech Recognition and its Impact on Satisfaction, Documentation Quality, Efficiency, and Cost in an Inpatient EHR. / K. Saxena, R. Diamond, R. F. Conant [et al.] // AMIA Joint Summits on Translational Science proceedings. AMIA Joint Summits on Translational Science. – 2018. – Vol. 2017. – P. 186-195.

107. Reiner, B. I. Radiology Reporting, Past, Present, and Future: The

- Radiologist's Perspective / B. I. Reiner, N. Knight, E. L. Siegel // Journal of the American College of Radiology. – 2007. – Vol. 4. – № 5. – P. 313-319.
108. Reiner, B. I. Accuracy of Interpretation of CT Scans: Comparing PACS Monitor Displays and Hard-Copy Images / B. I. Reiner, E. L. Siegel, F. J. Hooper // American Journal of Roentgenology. – 2002. – Vol. 179. – № 6. – P. 1407-1410.
109. Role of computed tomography in COVID-19 / G. Pontone, S. Scafuri, M. E. Mancini [et al.] // Journal of Cardiovascular Computed Tomography. – 2021. – Vol. 15. – № 1. – P. 27-36.
110. Ross, P. D. Pre-Existing Fractures and Bone Mass Predict Vertebral Fracture Incidence in Women / P. D. Ross // Annals of Internal Medicine. – 1991. – Vol. 114. – № 11. – P. 919.
111. Singh, M. Voice Recognition Technology Implementation in Surgical Pathology: Advantages and Limitations / M. Singh, T. R. Pal // Archives of Pathology & Laboratory Medicine. – 2011. – Vol. 135. – № 11. – P. 1476-1481.
112. Speech Rec in Radiology - State of the Market. – URL: <https://www.reactiondata.com/report/speech-recognition-in-radiology-state-of-the-market/> (date accessed: 20.02.2023). – Text : electronic.
113. Speech Recognition as a Transcription Aid: A Randomized Comparison With Standard Transcription / D. N. Mohr, D. W. Turner, G. R. Pond [et al.] // Journal of the American Medical Informatics Association. – 2003. – Vol. 10. – № 1. – P. 85-93.
114. Speech recognition for clinical documentation from 1990 to 2018: a systematic review / S. V. Blackley, J. Huynh, L. Wang [et al.] // Journal of the American Medical Informatics Association. – 2019. – Vol. 26. – № 4. – P. 324-338.
115. Speech Recognition in the Radiology Department: A Systematic Review / I. Hammana, L. Lepanto, T. Poder [et al.] // Health Information Management Journal. – 2015. – Vol. 44. – № 2. – P. 4-10.
116. Speech Recognition Systems on The Productivity and The Workflow in Radiology Departments: A Systematic Review / A. Al-Aiad, A. K. Momani, Y. Alnsour, M. Alsharo // AMCIS 2020 TREOs. – 2020. – № 62.

117. Structured Reporting in Radiology / D. Ganeshan, P.-A. T. Duong, L. Probyn [et al.] // Academic Radiology. – 2018. – Vol. 25. – № 1. – P. 66-73.
118. Taylor-Phillips, S. Double reading in breast cancer screening: considerations for policy-making / S. Taylor-Phillips, C. Stinton // The British Journal of Radiology. – 2020. – Vol. 93. – № 1106. – P. 20190610.
119. Team R.C. R: A language and environment for statistical computing. – URL: <http://www.r-project.org/> (date accessed: 09.01.2023). – Text : electronic.
120. The 2019 World Health Organization classification of tumours of the breast / P. H. Tan, I. Ellis, K. Allison [et al.] // Histopathology. – 2020. – Vol. 77. – № 2. – P. 181-185.
121. The CAPIO 2017 Conversational Speech Recognition System / K. J. Han, A. Chandrashekar, J. Kim, I. Lane. – 2017.
122. The diagnosis of osteoporosis / J. A. Kanis, L. J. Melton, C. Christiansen [et al.] // Journal of Bone and Mineral Research. – 2009. – Vol. 9. – № 8. – P. 1137-1141.
123. The Radiology Report as Seen by Radiologists and Referring Clinicians: Results of the COVER and ROVER Surveys / J. M. L. Bosmans, J. J. Weyler, A. M. De Schepper, P. M. Parizel // Radiology. – 2011. – Vol. 259. – № 1. – P. 184-195.
124. The role of magnetic resonance imaging in the diagnosis and management of prostate cancer / J. Thompson, N. Lawrentschuk, M. Frydenberg [et al.] // BJU International. – 2013. – Vol. 112. – P. 6-20.
125. Voice recognition in radiology reporting. / L. H. Schwartz, P. Kijewski, H. Hertogen [et al.] // American Journal of Roentgenology. – 1997. – Vol. 169. – № 1. – P. 27-29.
126. Wallis, A. The radiology report — Are we getting the message across? / A. Wallis, P. McCoubrie // Clinical Radiology. – 2011. – Vol. 66. – № 11. – P. 1015-1022.
127. World Health Organization. Breast Cancer. – URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/breast-cancer> (date accessed: 15.08.2023). – Text : electronic.

128. Would Technology Obliterate Medical Transcription? / S. Balaji, G. C. David, K. R. Vishwanath, C. Ranganathan // Proceedings of the 2017 ACM SIGMIS Conference on Computers and People Research. – New York, NY, USA : ACM, 2017. – P. 97-104.
129. Zhang, Z. Radiological images and machine learning: Trends, perspectives, and prospects / Z. Zhang, E. Sejdić // Computers in Biology and Medicine. – 2019. – Vol. 108. – P. 354-370.

**Пример эталонного текста, используемого во время определения скорости печати врачей-рентгенологов с помощью клавиатурного ввода**

*На серии компьютерных томограмм органов грудной клетки в обоих лёгких, полисегментарно, определяются многочисленные обширные участки уплотнения паренхимы по типу «матового стекла» в сочетании с участками уплотнения паренхимы по типу консолидации и слабовыраженными ретикулярными изменениями.*

*В S8 печени определяется образование с нечёткими, относительно ровными контурами, имеющее слабо повышенного сигнала на T2, пониженного на T1 с нечёткими контурами, с ограничением диффузии, размером до 40x32мм (ранее 35x30мм).*

*На рентгенограмме правого лучезапястного сустава в двух проекциях определяется: состояние после установки аппарата Илизарова по поводу многооскольчатого перелома дистального метаэпифиза правой лучевой кости. Перелом шиловидного отростка правой локтевой кости со смещением. Положение МОС и костных отломков удовлетворительное. Костно-деструктивны изменений не выявлено.*

**Анкета для опроса врачей-рентгенологов по методологии Net Promoter Score (NPS)**

Порекомендуете ли Вы применять адаптированную систему распознавания речи для подготовки протоколов рентгенологических исследований своим коллегам?

*где, 1 - категорически не буду рекомендовать, 10 - обязательно порекомендую (1-10);*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

**Анкета для изучения мнения врачей-рентгенологов о применении системы распознавания речи при подготовке протоколов рентгенологических исследований (в скобках представлены варианты ответов)**

1. Ваше ФИО (заполняется по желанию);
2. Ваш возраст (<24, 25-30, 31-40, 41-50, >51);
3. Ваш стаж работы врачом-рентгенологом (<1 года, 1-3 года, 4-5 лет, 5-10 лет, >10 лет);
4. Оцените Ваш навык печати с помощью клавиатуры (Низкий (печатаю медленно, преимущественно одним или двумя пальцами, для набора текста требуется смотреть на клавиатуру), Средний (печатаю пальцами двух рук, во время печати часто смотрю на клавиатуру, помню расположение некоторых букв наизусть), Высокий (печатаю быстро, многопальцевый метод, владею навыком "слепой" печати));
5. Где изначально вы заполняете протокол рентгенологического исследования? (Word или аналогичный текстовый редактор, затем копирую в РИС, В РИС);
6. Как Вы заполняете протокол рентгенологического исследования? (Полностью набираю текст протокола на «чистый лист», Использую стандартизированные шаблоны описаний (все патологические изменения и находки вношу в протокол вручную), Использую собственные шаблоны описаний патологий (вношу незначительные корректировки связанные с размерами или локализацией патологических изменений), Использую функцию «копировать-вставить» (ищу ранее подготовленный протокол исследования с похожей патологией и копирую из него текст), Использую текстовые макросы загруженные в РИС);

7. Пользуетесь ли вы голосовым помощниками в повседневной жизни (Яндекс.Алиса, Google ассистент, Siri, клавиатура Gboard и т.п.)? (Да, Нет, Пробовал (-а), но регулярно не использую);
8. Пользовались ли вы ранее системой распознавания речи для заполнения медицинских документов? (Да, Нет);
9. Какой у Вас опыт применения системы распознавания речи для заполнения медицинской документации? (Менее 1 месяца, 1-3 месяца, 3-6 месяцев, Более 6 месяцев, Более 1 года, Не использую);
10. Оцените качество распознавания рентгенологической лексики адаптированной системой распознавания речи (1, 2, 3, 4, 5);
11. Оцените удобство применения адаптированной системой распознавания речи (1, 2, 3, 4, 5);
12. Используете ли Вы функцию «Автозамена» (Да, Нет);
13. Сталкивались ли Вы с ситуацией, когда адаптированная система распознавания речи распознавала чужую речь? (Да, Нет);
14. Ощущаете ли Вы психологический дискомфорт при использовании системы распознавания речи в присутствии коллег? (Да, Нет, Зависит от того, кто из коллег присутствует со мной в кабинете);
15. Позволила ли адаптированная система распознавания речи повысить результативность Вашей работы? (Да, Нет, Затрудняюсь ответить);
16. Какой вид устройства Вы используете совместно с системой распознавания речи? (Многофункциональное звукозаписывающее устройство, Проводную гарнитуру);
17. Используете ли Вы клавиши многофункциональное звукозаписывающее устройство во время работы в РИС? (Да, Пробовал (-а), но смог (-ла) привыкнуть, Пробовал (-а), но не понравилось, Не знал (-а) о такой возможности);
18. Оцените удобство применения многофункционального звукозаписывающего устройства? (1, 2, 3, 4, 5);

19. Знаете ли вы о наличии учебных материалов для самостоятельного обучения, памяток, инструкций по работе с адаптированной системой распознавания речи? (Да, Нет);
20. Оцените качество учебно-методических материалов (1, 2, 3, 4, 5);
21. Ваши отзыв, предложения, пожелания по учебно-методическим материалам (по желанию);
22. Проходили ли Вы очное обучение по применению системы распознавания речи для подготовки протоколов рентгенологических исследований? (Да, Нет);
23. Оцените качество очного обучения (1, 2, 3, 4, 5);
24. Достаточно ли времени Вам было уделено во время очного обучения? (Достаточно, Недостаточно);
25. Ваши отзыв, предложения, пожелания по очному обучению (по желанию);
26. Ваши вопросы, предложения, пожелания, отзыв о работе системы распознавания речи (по желанию).

Список медицинских учреждений Департамента здравоохранения города  
Москвы, которые подключены к адаптированной системе распознавания  
речи

ГБУЗ "НПКЦ ДиТ ДЗМ"	ГБУЗ "ГП № 220 ДЗМ"
ГБУЗ "Больница "Кузнечики" ДЗМ"	ГБУЗ "ГП № 23 ДЗМ"
ГБУЗ "Вороновская больница ДЗМ"	ГБУЗ "ГП № 3 ДЗМ"
ГБУЗ "ГБ г. Московский ДЗМ"	ГБУЗ "ГП № 36 ДЗМ"
ГБУЗ "ГКБ № 13 ДЗМ"	ГБУЗ "ГП № 45 ДЗМ"
ГБУЗ "ГКБ им Ф.И. Иноземцева ДЗМ"	ГБУЗ "ГП № 46 ДЗМ"
ГБУЗ "ГКБ им. А.К. Ерамишанцева ДЗМ"	ГБУЗ "ГП № 5 ДЗМ"
ГБУЗ "ГКБ им. братьев Бахрушиных ДЗМ"	ГБУЗ "ГП № 52 ДЗМ"
ГБУЗ "ГКБ им. В.В. Вересаева ДЗМ"	ГБУЗ "ГП № 6 ДЗМ"
ГБУЗ "ГКБ им. В.В. Виноградова ДЗМ"	ГБУЗ "ГП № 62 ДЗМ"
ГБУЗ "ГКБ им. В.П. Демикова ДЗМ"	ГБУЗ "ГП № 64 ДЗМ"
ГБУЗ "ГКБ им. Д.Д. Плетнёва ДЗМ"	ГБУЗ "ГП № 66 ДЗМ"
ГБУЗ "ГКБ им. М.Е. Жадкевича ДЗМ"	ГБУЗ "ГП № 67 ДЗМ"
ГБУЗ "ГКБ им. М.Н. Кончаловского ДЗМ"	ГБУЗ "ГП № 68 ДЗМ"
ГБУЗ "ГКБ им. С.И. Спасокукоцкого ДЗМ"	ГБУЗ "ГП № 69 ДЗМ"
ГБУЗ "ГКБ им. С.П. Боткина ДЗМ"	ГБУЗ "ГП № 8 ДЗМ"
ГБУЗ "ГКБ им. С.С. Юдина ДЗМ"	ГБУЗ "ГП № 8 ДЗМ"
ГБУЗ "ГКБ им. Ф.И. Иноземцева ДЗМ"	ГБУЗ "ГП № 9 ДЗМ"
ГБУЗ "ГКБ № 15 им. О.М. Филатова ДЗМ"	ГБУЗ "ДГКБ № 9 им.Сперанского ДЗМ"
ГБУЗ "ГКБ № 17 ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 10 ДЗМ"
ГБУЗ "ГКБ № 24 ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 104 ДЗМ"
ГБУЗ "ГКБ № 29 им. Н.Э. Баумана ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 105 ДЗМ"
ГБУЗ "ГКБ № 4 ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 11 ДЗМ"
ГБУЗ "ГКБ № 52 ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 110 ДЗМ"
ГБУЗ "ГКБ № 67 им. Л.А. Ворохобова ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 118 ДЗМ"
ГБУЗ "ГКБ № 1 им. Н.И. Пирогова ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 12 ДЗМ"
ГБУЗ "ГКБ № 7 им. Е.О. Мухина ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 120 ДЗМ"

ГБУЗ "ГКОБ № 1 ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 122 ДЗМ"
ГБУЗ "ГП № 107 ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 125 ДЗМ"
ГБУЗ "ГП № 109 ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 129 ДЗМ"
ГБУЗ "ГП № 11 ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 130 ДЗМ"
ГБУЗ "ГП № 115 ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 131 ДЗМ"
ГБУЗ "ГП № 12 ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 132 ДЗМ"
ГБУЗ "ГП № 134 ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 133 ДЗМ"
ГБУЗ "ГП № 166 ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 140 ДЗМ"
ГБУЗ "ГП № 170 ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 143 ДЗМ"
ГБУЗ "ГП № 175 ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 145 ДЗМ"
ГБУЗ "ГП № 180 ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 148 ДЗМ"
ГБУЗ "ГП № 180 ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 15 ДЗМ"
ГБУЗ "ГП № 19 ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 150 ДЗМ"
ГБУЗ "ГП № 191 ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 23 ДЗМ"
ГБУЗ "ГП № 195 ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 28 ДЗМ"
ГБУЗ "ГП № 2 ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 30 ДЗМ"
ГБУЗ "ГП № 209 ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 32 ДЗМ"
ГБУЗ "ГП № 210 ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 38 ДЗМ"
ГБУЗ "ГП № 212 ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 39 ДЗМ"
ГБУЗ "ГП № 214 ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 42 ДЗМ"
ГБУЗ "ГП № 218 ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 48 ДЗМ"
ГБУЗ "ГП № 219 ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 52 ДЗМ"
ГБУЗ "ГП № 22 ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 58 ДЗМ"
ГБУЗ "ДКЦ № 1 ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 61 ДЗМ"
ГБУЗ "ДЦ № 3 ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 69 ДЗМ"
ГБУЗ "ДЦ № 5 ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 7 ДЗМ"
ГБУЗ "КДП № 121 ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 81 ДЗМ"
ГБУЗ "КДЦ № 2 ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 86 ДЗМ"
ГБУЗ "КДЦ № 6 ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 91 ДЗМ"
ГБУЗ "МКНЦ имени А.С. Логинова ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 94 ДЗМ"
ГБУЗ "ТГБ ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 98 ДЗМ"
ГБУЗ "Щербинская ГБ ДЗМ"	ГБУЗ "ДГП № 99 ДЗМ"
ГБУЗ "Эндокринологический диспансер ДЗМ"	