ФМБА РОССИИ
Федеральное медико-биологическое агентство

Медико-биологический университет
инноваций и непрерывного образования
ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России

Адрес: г. Москва, ул. Живописная, д. 46, стр. 8
Тел.: 8 (499) 190-96-92
Сайт: www.mbufmbc.ru

**Плутницкий А.Н., Каприн А.Д.,
Голышко П.В., Каримова Д.Ю.**

ОПТИМИЗАЦИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ ПАЦИЕНТАМ С ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫМИ НОВООБРАЗОВАНИЯМИ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

Монография

Москва, 2026

Федеральное медико-биологическое агентство
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственный научный центр Российской Федерации —
Федеральный медицинский биофизический центр
имени А.И. Бурназяна»
МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИННОВАЦИЙ И НЕПРЕРЫВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Плутницкий А.Н., Каприн А.Д.,
Голышко П.В., Каримова Д.Ю.

ОПТИМИЗАЦИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ ПАЦИЕНТАМ С ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫМИ НОВООБРАЗОВАНИЯМИ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

Монография

Москва 2026

УДК 616-082
ББК 51.1(2Рос)
П40

Плутницкий А.Н., Каприн А.Д., Голышко П.В., Каримова Д.Ю. Оптимизация медицинской помощи пациентам с злокачественными новообразованиями поджелудочной железы в услоиях цифровизации общественного здравоохранения. Монография. — М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2026. — 148 с.

Авторы:

Плутницкий А.Н. — зав. кафедрой общественного здоровья и здравоохранения МБУ ИНО ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна, доктор медицинских наук, доцент.

Каприн А.Д. — генеральный директор ФГБУ «Научный медицинский исследовательский центр радиологии» Миздрава России, президент Ассоциации онкологов России, доктор медицинских наук, академик РАН, РАО.

Голышко П.В. — зам. по хирургии директора НИИ урологии и интервенционной радиологии им. Н.А. Лопаткина, кандидат медицинских наук.

Каримова Д.Ю. — профессор кафедры общественного здоровья и здравоохранения МБУ ИНО ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна, доктор медицинских наук, профессор.

Рецензенты:

Люцко В.В. — ученый секретарь ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Минздрава России, доктор медицинских наук, профессор.

Завьялов А.А. — руководитель онкологического центра ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна, доктор медицинских наук, доцент.

Монография посвящена как цифроой оптимизации современных методов диагностики рака поджелудочной железы, так и анализу эффективности различных хирургических подходов, цифровому контролю послеоперационного периода и многим другим аспектам.

Монография утверждена и рекомендована к изданию Ученым советом МБУ ИНО ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна.

С монографией можно ознакомиться в библиотеке МБУ ИНО ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна по адресу: г. Москва, ул. Живописная, д. 46.

ISBN 978-5-93064-469-2

© ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

Список сокращений 5

Введение 7

Глава 1. Эпидемиологические, клинические и медико-социальные аспекты злокачественных новообразований поджелудочной железы 10

1.1. Эпидемиология рака поджелудочной железы 10

1.1.1. Глобальная заболеваемость и смертность 10

1.1.2. Эпидемиологическая ситуация в Российской Федерации 12

1.1.3. Основные тенденции и прогноз 14

1.2. Этиопатогенез и факторы риска 17

1.2.1. Немодифицируемые факторы риска 17

1.2.2. Модифицируемые факторы риска 20

1.2.3. Генетические и молекулярные механизмы канцерогенеза 24

1.3. Клинико-морфологические особенности 27

1.3.1. Классификация опухолей поджелудочной железы 27

1.3.2. TNM-классификация и стадии развития 30

1.3.3. Клинические проявления и прогноз течения 35

1.4. Медико-социальная экспертиза и инвалидность при РПЖ 38

1.4.1. Эпидемиология инвалидности 38

1.4.2. Социально-экономические последствия и качество жизни пациентов 42

1.5. Проблемы и дефициты в организации медицинской помощи 47

1.5.1. Поздняя диагностика и маршрутизация пациентов 47

1.5.2. Дефицит кадров и ресурсов 51

1.5.3. Цифровая интеграция и перспективы оптимизации 55

Глава 2. Инновационные подходы и цифровые технологии в диагностике, лечении и мониторинге пациентов с РПЖ 61

2.1. Современные методы диагностики и их цифровая оптимизация 61

2.1.1. Проблемы раннего выявления и роль инноваций 61

2.1.2. Ультразвуковые методы 63

2.1.3. Эндоскопическое ультразвуковое исследование (EUS) 64

2.1.4. Эластография 66

2.1.5. Мультиспиральная компьютерная томография и магнитно-резонансная томография 67

2.1.6. ПЭТ-КТ в диагностике рака поджелудочной железы 69

2.1.7. Биомаркеры 71

2.1.8. Искусственный интеллект и машинное обучение в распознавании опухолей поджелудочной железы 74
2.1.9. Разработка предиктивных моделей на основе Big Data 79
2.2. Оптимизация хирургической тактики 82
2.2.1. Сравнительный анализ эффективности различных хирургических подходов при панкреатодуоденальной резекции. . . 82
2.2.2. Применение VR- и AR-комплексов в обучении хирургов и планировании операций 85
2.2.3. ERAS-протоколы и цифровой контроль послеоперационного периода 90
2.3. Цифровые решения в системе онкопомощи 93

Глава 3. Модель оптимизированной медицинской помощи при РПЖ в условиях цифровой трансформации здравоохранения 99
3.1. Комплексный анализ медицинских, социальных и экономических факторов 100
3.1.1. Связь распространенности, инвалидизации и факторов риска. . . . 100
3.1.2. Социальная цена РПЖ для системы здравоохранения и общества 101
3.2. Цифровая модель маршрутизации пациента, особенности внедрения. 104
3.2.1. Алгоритм раннего выявления с использованием ИИ и биомаркеров 104
3.2.2. Единая база данных пациентов и интеграция межведомственных систем 107
3.2.3. Интеграция цифровых инструментов в общественное здравоохранение 111
3.3. Система непрерывного мониторинга состояния пациента. 117
3.3.1. Использование мобильных приложений и носимых устройств . . . 117
3.3.2. Отслеживание побочных эффектов терапии и осложнений 122
3.4. Перспективы цифровой онкологии 125
3.4.1. Персонализированная медицина и геномное профилирование . . . 125
3.4.2. Искусственный интеллект в управлении качеством онкопомощи. 127
3.4.3. Этические и правовые аспекты цифровизации. 130

Заключение 133
Список литературы 138

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ЕАВИИАС МСЭ — Единая автоматизированная вертикально-интегрированная информационно-аналитическая система по проведению медико-социальной экспертизы»
ИКТ — информационно-коммуникационные технологии
ИИ — искусственный интеллект
МРТ — магнитно-резонансная томография
МСЭ — медико-социальная экспертиза
МСКТ — мультиспиральная компьютерная томография
ПЭТ — позитронно-эмиссионная томография
ПЭТ-КТ — позитронно-эмиссионная томография, совмещенная с компьютерной томографией
РПЖ — рак поджелудочной железы
СМП — скорая медицинская помощь
УЗИ — ультразвуковое исследование
ФСН — Федеральное статистическое наблюдение
ЭУЗИ — эндоскопическое ультразвуковое исследование
AI Act — European Artificial Intelligence Act (закон ЕС об искусственном интеллекте)
AR — augmented reality
AUROC — area under the receiver operating characteristic curve
Big Data — большие массивы данных
BRCA2 — Breast Cancer Gene 2
CA19-9 — carbohydrate antigen 19-9
cfDNA — cell-free DNA (внеклеточная ДНК)
ctDNA — circulating tumor DNA (циркулирующая опухолевая ДНК)
DL — deep learning
EV — extracellular vesicles (внеклеточные везикулы)
FACT-Hep — Functional Assessment of Cancer Therapy — Hepatobiliary Questionnaire
GDPR — General Data Protection Regulation
IPMN — intraductal papillary mucinous neoplasm
KRAS — Kirsten rat sarcoma viral oncogene homolog
LYVE1 — lymphatic vessel endothelial hyaluronan receptor 1

MCN — mucinous cystic neoplasm
MDR — Medical Device Regulation (регламент ЕС по медицинским изделиям)
miRNA — microRNA (микроРНК)
ML — machine learning
PALB2 — Partner and Localizer of BRCA2
PDAC — pancreatic ductal adenocarcinoma
PSPF — postoperative pancreatic fistula
REG1A/1B — regenerating islet-derived protein 1A/1B
ROC — receiver operating characteristic
ROI — region of interest
SE — strain elastography
SIR — standardized incidence ratio
SMAD4 — Mothers against decapentaplegic homolog 4
SPN — solid pseudopapillary neoplasm
SWE — shear wave elastography
TFF1 — trefoil factor 1
TNM — tumor–node–metastasis classification
TP53 — tumor protein p53
VR — virtual reality

ВВЕДЕНИЕ

Рак поджелудочной железы (РПЖ) относится к числу наиболее агрессивных злокачественных новообразований и остается одной из ведущих причин онкологической смертности. По данным IARC и проекта GLOBOCAN 2022 в мире ежегодно регистрируются сотни тысяч новых случаев РПЖ, при этом показатели смертности близки к показателям заболеваемости, что отражает крайне неблагоприятный прогноз заболевания (Bray F. et al., 2024). Ключевым клиническим фактором, определяющим исходы, является поздняя диагностика — доля пациентов, у которых опухоль выявляется на локализованных стадиях, остается низкой даже в странах с развитой системой здравоохранения (de Jesus & Riechelmann, 2023).

В Российской Федерации эпидемиологическая ситуация характеризуется устойчивым ростом заболеваемости и смертности. За десятилетие отмечается увеличение числа впервые выявленных случаев и рост стандартизированных показателей, что указывает как на влияние демографических и метаболических факторов, так и на сохраняющиеся ограничения раннего выявления (Каприн А.Д. и др., 2023; Моисеенко В.Е. и др., 2021). Высокая летальность в первый год после постановки диагноза, а также выраженная инвалидизация формируют значимое социально-экономическое бремя — заболевание часто приводит к утрате трудоспособности, снижению качества жизни и росту расходов системы здравоохранения и общества.

Несмотря на развитие методов визуализации, морфологической верификации и совершенствование хирургической и лекарственной терапии, системные дефициты организации помощи при РПЖ сохраняются. К ним относятся задержки на этапах первичного звена, диагностические «узкие места», неоднородность доступа к специализированной помощи, недостаточная согласованность между уровнями оказания медицинской помощи и ограниченность ресурсов. В условиях такого профиля заболевания время становится критическим ресурсом, а качество маршрутизации — одним из ключевых управляемых факторов, влияющих на резектабельность, переносимость лечения и выживаемость.

Цифровая трансформация здравоохранения создает возможности для уменьшения этих дефицитов за счет более раннего выявления, риск-стратификации, ускорения принятия решений

и обеспечения непрерывности наблюдения. В онкологии уже активно используются решения на основе искусственного интеллекта для анализа изображений и патоморфологических препаратов, цифровые регистры, телемедицинские консультации, системы поддержки врачебных решений, мобильные приложения и носимые устройства для мониторинга состояния пациента. Однако устойчивый эффект возникает не от внедрения отдельных технологий, а при их включении в единый управляемый маршрут пациента — с понятными точками принятия решений, требованиями к данным, распределенной ответственностью и измеряемыми результатами.

Настоящая работа посвящена разработке и описанию модели оптимизации медицинской помощи пациентам с злокачественными новообразованиями поджелудочной железы в условиях цифровизации общественного здравоохранения.

Цель работы — представить модель оптимизированной медицинской помощи пациентам с РПЖ в условиях цифровой трансформации здравоохранения и описать, как она может быть реализована в практике без потери клинического смысла и юридической определенности.

Для достижения цели в работе проанализированы эпидемиологические, клинические и медико-социальные особенности РПЖ и организационные дефициты оказания помощи; систематизированы современные диагностические, лечебные и мониторинговые технологии с акцентом на цифровые решения; предложена цифровая модель маршрутизации пациента с ранним выявлением на основе риск-стратификации, ИИ и биомаркеров; определены принципы построения единого профиля пациента и межведомственной интеграции данных для клинических и аналитических сценариев; описаны контуры непрерывного мониторинга и система реагирования на клинически значимые сигналы; сформированы принципы управления качеством на основе KPI, триггеров и управленческого цикла «сигнал — действие — контроль — оценка эффекта»; обозначены перспективы цифровой онкологии, включая этико-правовые ограничения и требования к безопасности.

Объектом рассмотрения является система организации медицинской помощи пациентам с РПЖ; предметом — цифровые инструменты и управленческие механизмы, обеспечивающие оптимизацию маршрутизации, раннего выявления, лечения

и мониторинга, а также повышение качества и доступности онкопомощи.

Методологическая основа работы включает анализ отечественной и зарубежной научной литературы и клинических рекомендаций, эпидемиологических и медико-статистических данных, а также методы процессного и системного моделирования при проектировании маршрута пациента. В качестве принципов построения цифровой модели рассматриваются интероперабельность, прослеживаемость и качество данных, клиническая интерпретируемость сигналов, а также соблюдение требований к безопасности, защите персональных данных и распределению ответственности при применении ИИ.

Научно-практическая значимость работы определяется тем, что предложенная модель связывает клинические решения и цифровой контур в единый процесс — от раннего выявления и направления пациента до специализированного лечения и последующего наблюдения. Модель ориентирована на практическое внедрение в региональной онкологической службе и может использоваться при разработке цифровых регистров, настройке телемедицинских маршрутов, внедрении систем мониторинга и построении системы управления качеством с использованием KPI и триггеров.

ГЛАВА 1. ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ, КЛИНИЧЕСКИЕ И МЕДИКО-СОЦИАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

1.1. Эпидемиология рака поджелудочной железы

1.1.1. Глобальная заболеваемость и смертность

Рак поджелудочной железы (РПЖ) относится к числу наиболее агрессивных опухолей и остается одной из ведущих причин смертности от онкологических заболеваний в мире (Bray F. et al., 2024; Viale P.H., 2020). Несмотря на относительную редкость по сравнению с опухолями других локализаций, летальность при РПЖ чрезвычайно высока, что объясняется особенностями биологии опухоли и поздней диагностикой.

По данным Международного агентства по изучению рака (IARC) и проекта GLOBOCAN 2022, в мире зарегистрировано 510 566 впервые диагностированных случаев рака поджелудочной железы и 467 005 случаев смерти, что составляет 2,6 % всех новых случаев рака и 4,8 % всех летальных исходов от злокачественных новообразований (Bray F. et al., 2024). Показатели заболеваемости и смертности практически совпадают, что отражает крайне неблагоприятный прогноз заболевания.

В глобальном масштабе РПЖ занимает 12-е место по распространенности среди мужчин и 11-е среди женщин, но при этом входит в семерку ведущих причин смерти от онкологических заболеваний (Huang J. et al., 2021).

По прогнозам ВОЗ, к 2026 году РПЖ может выйти на третье место среди причин смерти от рака, опередив рак молочной железы и колоректальный рак (Bray F. et al., 2024). В развитых странах Европы и Северной Америки рак поджелудочной железы уже занимает 4-е место среди причин смерти от рака, ежегодно унося жизни более 30 000 человек в США (American Cancer Society, 2023).

Средняя пятилетняя выживаемость пациентов с аденокарциномой поджелудочной железы остается крайне низкой — менее 5 %, что является одной из самых неблагоприятных характери-

стик среди всех злокачественных опухолей (American Cancer Society, 2023; Vincent et al., 2011). Средняя продолжительность жизни после постановки диагноза не превышает 12 месяцев (Vincent et al., 2011).

Рост глобальной заболеваемости РПЖ в последние десятилетия имеет устойчивый восходящий тренд. В 2018 году, по данным мировых сводок, уровень заболеваемости и смертности от РПЖ составлял 4,8 и 4,4 на 100 000 населения соответственно, тогда как к 2022 году эти показатели увеличились примерно на 10–15 % (Bray F. et al., 2024).

Наибольшая распространенность РПЖ отмечается в странах с высокой урбанизацией и старением населения — Северная Америка, Западная Европа, Скандинавия, Япония. Низкие показатели — в странах Азии, Африки и Латинской Америки (Huang J. et al., 2021). Отличия объясняются особенностями питания, образом жизни и доступностью диагностики.

Возрастная структура заболеваемости также свидетельствует о значительной роли старения населения — большинство случаев РПЖ выявляется после 60 лет, при этом у мужчин заболевание встречается несколько чаще, чем у женщин. Такое распределение может быть связано с большей частотой курения, употребления алкоголя и метаболических нарушений в мужской популяции (Larsson S. et al., 2005; Carioli G. et al., 2019; Huang J. et al., 2021).

Интересно отметить, что показатели заболеваемости и смертности практически идентичны во всех странах, что подчеркивает минимальную эффективность существующих методов раннего выявления и терапии. Даже в странах с высоким уровнем медицинской цифровизации и доступом к высокотехнологичным диагностическим методам (США, Япония, Германия) доля случаев, выявленных на резектабельной стадии, не превышает 15–20 % (de Jesus & Riechelmann, 2023; Costache M. et al., 2017).

На фоне низкой выживаемости и отсутствия программ скрининга, рак поджелудочной железы становится одной из наиболее тяжелых проблем глобального здравоохранения, что требует объединения усилий медицинского сообщества, эпидемиологов и цифровых аналитических платформ для формирования эффективных систем ранней диагностики и прогнозирования риска (Carioli G. et al. 2019; Gu & Minko, 2024).

1.1.2. Эпидемиологическая ситуация в Российской Федерации

Эпидемиологическая ситуация по раку поджелудочной железы (РПЖ) в Российской Федерации характеризуется устойчивым ростом заболеваемости и смертности на протяжении последних двух десятилетий, что полностью соответствует общемировым тенденциям.

По данным Федерального канцер-регистра и отчетов Минздрава России, рак поджелудочной железы стабильно входит в число шести наиболее распространенных злокачественных новообразований органов пищеварительной системы (Каприн А.Д. и др., 2023). Согласно данным онкологического регистра РФ за 2018 год, РПЖ занимал 3,2 % в структуре общей заболеваемости злокачественными опухолями и 6,1 % в структуре онкологической смертности (Шаньгина и др., 2022). При этом уровень смертности практически сопоставим с заболеваемостью, что отражает крайне низкую продолжительность жизни пациентов после постановки диагноза.

Анализ динамики за десятилетний период демонстрирует рост числа впервые выявленных случаев. Так, в 2012 году диагноз РПЖ был впервые установлен у 7649 мужчин и 7544 женщин, тогда как к 2022 году эти показатели возросли до 9302 и 10 174 случаев соответственно (Моисеенко В.Е. и др., 2021). То есть, рост заболеваемости составил порядка 20–25 % за десятилетие.

Если рассматривать стандартизированные показатели, то уровень заболеваемости на 100 тысяч населения вырос с 10,6 случая в 2012 году до 13,21 случая в 2022 году, что также отражает прирост более чем на 20 % за указанный период. Аналогичный рост наблюдается и по показателям смертности, что говорит об отсутствии значимого прогресса в ранней диагностике и лечении (Моисеенко В.Е. и др., 2021).

Особенностью эпидемиологической структуры РПЖ в России является его преимущественное распространение среди лиц старшего возраста: более 80 % случаев диагностируются у пациентов старше 60 лет. Как и в мировой практике, отмечается небольшое преобладание мужчин (Larsson S. et al., 2005; Li et al., 2023).

По данным региональных онкореестров, наибольшие показатели заболеваемости отмечаются в Центральном, Северо-Западном и Приволжском федеральных округах, где

стандартизированные коэффициенты превышают среднероссийский уровень. Наиболее низкие значения регистрируются в регионах Сибири и Дальнего Востока, что частично объясняется более низкой плотностью населения и меньшей выявляемостью при дефиците специализированных центров.

Следует отметить, что территориальные различия в структуре заболеваемости и смертности коррелируют с показателями урбанизации, доступом к диагностическим технологиям и возрастным составом населения. По совокупности данных РПЖ занимает шестое место среди злокачественных новообразований желудочно-кишечного тракта в России (Моисеенко В.Е. и др., 2021). При этом в ряде регионов он поднимается на 4–5-е место, что может быть связано с ростом доли пожилого населения и увеличением числа пациентов с хроническим панкреатитом и метаболическими нарушениями (Моисеенко В.Е. и др., 2021).

Важным эпидемиологическим показателем является высокая летальность в первый год после постановки диагноза, которая превышает 70 %. Пятилетняя выживаемость не превышает 8–9 %, а у пациентов с нерезектабельными формами остается на уровне менее 3 % (Шаньгина и др., 2022). Даже в условиях современной онкологической службы РФ рак поджелудочной железы остается одним из самых неблагоприятных по исходам среди всех злокачественных опухолей.

Среди факторов, способствующих росту выявляемости, можно отметить улучшение качества диагностики (широкое внедрение КТ, МРТ, эндоУЗИ и ПЭТ-КТ); повышение онконастороженности врачей первичного звена; старение населения и рост распространенности хронических заболеваний поджелудочной железы и гепатобилиарной системы; увеличение доступности морфологической верификации (Costache M. et al., 2017; de Jesus & Riechelmann, 2023; Elbanna et al., 2020). Тем не менее, в большинстве случаев заболевание диагностируется на III–IV стадии, что ограничивает возможности радикального хирургического лечения.

По данным ведущих клинических центров, доля резектабельных случаев в России не превышает 15–20 %, а 80–85 % пациентов поступают уже с местнораспространенными или метастатическими формами.

Можно резюмировать, что эпидемиологическая ситуация по РПЖ в Российской Федерации остается крайне напряженной.

Несмотря на развитие высокотехнологичных методов диагностики, рост числа специализированных центров и внедрение цифровых регистров, общие показатели заболеваемости и смертности продолжают расти. Не вызывает сомнений, что онкологическая служба нуждается в оптимизации системы раннего выявления, уточнении маршрутизации пациентов и внедрения цифровых аналитических платформ для прогнозирования риска и мониторинга клинических исходов.

1.1.3. Основные тенденции и прогноз

По имеющимся данным можно утверждать, что рак поджелудочной железы (РПЖ) является одним из наиболее быстро растущих по распространенности и смертности видов злокачественных новообразований как в мире, так и в Российской Федерации. Прогнозы показывают, что к 2030 году РПЖ станет второй или третьей ведущей причиной смертности от рака в индустриально развитых странах (Bray F. et al., 2024; Huang J. et al., 2021).

Анализ динамики за последние два десятилетия выявляет устойчивую тенденцию к ежегодному росту заболеваемости на 1,5–2 %, что при сохранении существующих трендов может привести к значительному увеличению абсолютного числа случаев уже в ближайшие годы (Costache M. et al., 2017; Каприн А.Д. и др., 2023; Stoop et al., 2025).

Согласно прогнозам ВОЗ и Международного агентства по изучению рака (IARC), к 2030 году рак поджелудочной железы войдет в топ-3 наиболее частых причин смертности от рака в индустриально развитых странах, уступая лишь раку легкого и колоректальному раку (Huang J. et al., 2021). В некоторых регионах Европы и Северной Америки данный показатель уже достиг аналогичных позиций, что подчеркивает нарастающее глобальное значение проблемы (American Cancer Society, 2023).

Основными факторами, определяющими рост заболеваемости, являются увеличение продолжительности жизни населения и, как следствие, рост доли лиц старше 60 лет, среди которых РПЖ встречается наиболее часто; распространение хронических метаболических нарушений — сахарного диабета, ожирения, гиперлипидемии; повсеместное воздействие факторов окружающей среды (урбанизация, загрязнение воздуха, химические

канцерогены); рост заболеваемости хроническим панкреатитом и последствия хронических воспалительных процессов (Larsson S. et al., 2005; Khalaf et al., 2021; Li et al., 2023).

Необходимо отметить, что улучшение качества диагностики также способствует росту статистически зарегистрированных случаев. Широкое внедрение высокоточных методов визуализации (КТ, МРТ, эндоскопическое УЗИ, ПЭТ-КТ) позволяет выявлять опухоли на более ранних стадиях, что формально повышает уровень заболеваемости, не снижая при этом смертности, так как значительная часть пациентов обращается уже при наличии метастазов (Шимчук Г.Г. и др., 2022; Bugazia D. et al., 2024; Costache M. et al., 2017; Fiore M. et al., 2023).

Тем не менее, несмотря на улучшение доступности диагностических технологий, доля случаев, выявленных на локализованных стадиях (T1–T2N0M0), остается низкой и не превышает 15–20 % даже в странах с высокими стандартами медицинского обслуживания (de Jesus & Riechelmann, 2023). Это обстоятельство напрямую влияет на показатели выживаемости: пятилетняя выживаемость при РПЖ колеблется от 5 до 9 %, а при местнораспространенных и метастатических формах не превышает 3 % (Vincent et al., 2011; Шаньгина и др., 2022).

По данным американского онкологического общества (American Cancer Society, 2023), среднегодовой прирост заболеваемости РПЖ составил около 1,1 % у мужчин и 0,8 % у женщин, что соответствует тенденциям и в России (Bray F. et al., 2024). В структуре смертности от рака в США и странах Европы РПЖ уже вышел на четвертое место, а в ближайшие годы ожидается его продвижение на третью позицию (Huang J. et al., 2021).

Для России прогнозные расчеты показывают аналогичную картину. С учетом демографического старения и роста доли лиц старше 65 лет, число новых случаев рака поджелудочной железы может увеличиться на 30–35 % к 2030 году, что при сохранении текущих подходов к диагностике и лечению приведет к дальнейшему росту смертности. Особенно настораживает тот факт, что летальность в первый год после постановки диагноза превышает 70 %, что остается крайне высоким показателем даже на фоне внедрения цифровых технологий в систему здравоохранения (Моисеенко В.Е. и др., 2021).

Существенное влияние на динамику заболеваемости оказывают социально-экономические и территориальные различия. В регионах с высоким уровнем урбанизации и плотностью медицинской инфраструктуры показатели выявляемости выше, но различий в смертности практически не наблюдается. Это свидетельствует о том, что даже при своевременной постановке диагноза возможности радикального лечения ограничены, а эффективность системного противоопухолевого лечения остается недостаточной.

Существующие гендерные различия также сохраняются — у мужчин уровень заболеваемости выше примерно на 10–15 %, скорее всего, вследствие более высокого распространения курения и злоупотребления алкоголем (Khalaf et al., 2021). Тем не менее, в последние годы отмечается тенденция к сближению показателей между полами, что объясняется ростом частоты метаболических нарушений и ожирения у женщин.

Прогнозирование дальнейшего развития эпидемиологической ситуации требует учета трансформации факторов риска. В развитых странах возрастает роль неинфекционных хронических заболеваний и метаболических синдромов, тогда как в развивающихся странах все еще сохраняются классические канцерогенные воздействия — курение, алкоголь, алиментарные нарушения и экологические факторы.

Вместе эти детерминанты формируют мультифакторную модель риска, в которой ключевую роль играют образ жизни, генетическая предрасположенность и метаболическое состояние организма (Li et al., 2023; Vincent et al., 2011; Li et al., 2023).

С точки зрения общественного здравоохранения, растущая заболеваемость РПЖ имеет высокую социальную цену — она сопряжена с большими экономическими затратами на лечение, снижением трудоспособности и высокой инвалидизацией пациентов. В связи с этим международные экспертные организации рекомендуют внедрение национальных программ скрининга для групп риска и использование цифровых регистров онкопатологии, интегрированных с системами электронного здравоохранения, что позволит повысить выявляемость на ранних стадиях (Gu & Minko, 2024; Шаньгина и др., 2022).

Моделирование возможного раннего выявления рака поджелудочной железы, проведенное Rahib L. et al. (2025), показало, что гипотетический сдвиг стадий — увеличение доли локали-

зованных случаев до 70 % при одновременном снижении числа метастатических форм до 14 % — могло бы повысить общую 5-летнюю выживаемость с 12 % до 34 %. Эти результаты наглядно демонстрируют, что ключевым резервом улучшения прогноза остается ранняя диагностика и выявление заболевания на резектабельных стадиях, а не только совершенствование терапевтических технологий (Rahib et al., 2025).

В ближайшей перспективе ключевыми направлениями борьбы с ростом заболеваемости РПЖ должно стать развитие персонифицированных программ наблюдения за лицами из групп высокого риска (пациенты с хроническим панкреатитом, сахарным диабетом, носители мутаций BRCA2, TP53). В этой связи имеет значение оптимизация межведомственного взаимодействия между учреждениями первичного звена, онкологическими центрами и лабораторными сетями, а также внедрение искусственного интеллекта и машинного обучения для анализа больших массивов медицинских данных и выявления скрытых закономерностей в структуре заболеваемости (Hameed & Krishnan, 2022; Gu & Minko, 2024).

Надо сказать, что эпидемиологические тенденции РПЖ в России и мире характеризуются устойчивым ростом, неблагоприятным прогнозом и значительным социальным бременем. Даже при сохранении текущих темпов научного и технологического прогресса решение проблемы возможно только при системной цифровой интеграции эпидемиологических данных, скрининга и клинических протоколов.

Именно такая стратегия рассматривается в дальнейшем как основа оптимизации медицинской помощи пациентам с раком поджелудочной железы в условиях цифровой трансформации здравоохранения.

1.2. Этиопатогенез и факторы риска

1.2.1. Немодифицируемые факторы риска

Этиопатогенез рака поджелудочной железы (РПЖ) представляет собой сложный, многофакторный процесс, включающий взаимодействие генетических, метаболических, воспалительных и средовых факторов.

К числу немодифицируемых факторов риска, на которые невозможно повлиять в рамках профилактических мероприятий, относятся возраст, пол, наследственность и генетическая предрасположенность (Bray F. et al., 2024; Khalaf et al., 2021).

Возраст является наиболее значимым немодифицируемым фактором риска. Пик заболеваемости РПЖ приходится на шестое–седьмое десятилетие жизни, а средний возраст пациентов при первичном выявлении опухоли составляет около 65 лет (Huang J. et al., 2021; Касаткина, 2015). Менее 10 % случаев регистрируется у лиц младше 50 лет, что показывает накопительный характер генетических и метаболических нарушений, способствующих канцерогенезу (Li et al., 2023).

С возрастом накапливаются мутации в клетках эпителия поджелудочной железы, снижается эффективность репаративных механизмов ДНК и иммунного надзора, что создает условия для активации онкогенов и инактивации генов-супрессоров опухолевого роста (Li et al., 2023; Vincent et al., 2011).

Половые различия в частоте РПЖ также установлены в многочисленных эпидемиологических исследованиях. Заболеваемость у мужчин на 10–20 % выше, чем у женщин, что частично объясняется различиями в воздействии модифицируемых факторов — курения, употребления алкоголя, характера питания (Bray F. et al., 2024; Касаткина, 2015). Однако даже при исключении этих факторов наблюдается определенное биологическое различие в гормональной регуляции, метаболизме липидов и экспрессии рецепторов эстрогенов и андрогенов, которые могут влиять на канцерогенез в поджелудочной железе (Vincent et al., 2011).

Считается, что мужской пол сам по себе является умеренно значимым фактором риска, усиливающим вероятность развития РПЖ на фоне сопутствующих метаболических нарушений (Khalaf et al., 2021). Наследственная предрасположенность выявляется приблизительно у 5–10 % пациентов с раком поджелудочной железы (Khalaf et al., 2021). Семейные формы РПЖ характеризуются наличием двух и более случаев заболевания у родственников первой линии, а также ассоциацией с другими наследственными опухолевыми синдромами. Около 7–10 % пациентов имеют семейный анамнез заболевания, а при наличии трех и более родственников, страдавших раком поджелудочной

железы, риск его развития возрастает в 32–57 раз (Ефимова, 2021).

К числу наиболее значимых наследственных синдромов, сопряженных с повышенным риском РПЖ, относятся:

- синдром BRCA1/2 — мутации генов репарации ДНК, которые также ответственны за рак молочной железы и яичников (Vincent et al., 2011);
- синдром Пейтца–Егерса (STK11/LKB1) — полипоз с повышенным риском развития опухолей поджелудочной железы, легких и ЖКТ (Vincent et al., 2011);
- синдром Линча (HNPCC) — мутации в генах репарации несоответствия ДНК (MLH1, MSH2, MSH6, PMS2), ассоциированные с повышенным риском колоректального и панкреатического рака (Huang J. et al., 2021);
- семейный панкреатит (мутации PRSS1, SPINK1) — хроническое воспаление, ведущее к 40-кратному увеличению риска развития аденокарциномы.

Особое значение имеют мутации в гене BRCA2, частота которых при РПЖ достигает 3–7 %, особенно среди пациентов с семейным анамнезом опухолей молочной железы и яичников (Bray F. et al., 2024; Khalaf et al., 2021; Li et al., 2023). Эти мутации приводят к нарушению механизмов репарации двуцепочечных разрывов ДНК и повышают чувствительность клеток к мутагенным воздействиям.

Сходные эффекты описаны для мутаций в генах TP53 (синдром Ли–Фраумени), CDKN2A и ATM, участвующих в регуляции клеточного цикла и апоптоза (Li et al., 2023; Vincent et al., 2011).

На молекулярном уровне развитие РПЖ сопровождается многоступенчатой аккумуляцией генетических изменений. В типичных случаях последовательность событий включает мутацию KRAS — раннее событие, приводящее к постоянной активации сигнальных путей пролиферации. Далее происходит инактивация CDKN2A (p16) — утрата контроля над клеточным циклом, что вызывает, в свою очередь, повреждение генов TP53 и SMAD4 и в дальнейшем способствует злокачественной трансформации и метастазированию.

Кроме того, все большее внимание уделяется эпигенетическим механизмам — метилированию промоторных участков генов, микроРНК-регуляции и изменениям экспрессии белков

межклеточного матрикса, которые создают микросреду, способствующую опухолевому росту (Li et al., 2023; Vincent et al., 2011).

Ряд исследований указывает на возможное влияние этнических различий на частоту РПЖ. Так, у афроамериканцев риск заболевания выше, чем у европеоидов и азиатов, что связывают с особенностями метаболизма и распределением полиморфизмов генов детоксикации ксенобиотиков (Bray F. et al., 2024). Для населения России подобные различия выражены в меньшей степени, но могут проявляться в зависимости от региона и сочетания генетических и средовых факторов.

Итак, к немодифицируемым факторам риска РПЖ относятся возраст, мужской пол, семейная предрасположенность и наличие наследственных мутаций в генах репарации ДНК и регуляции клеточного цикла. Эти факторы формируют фоновую уязвимость организма, на которой воздействие модифицируемых факторов — курения, питания, метаболических нарушений — реализует канцерогенный потенциал.

Понимание генетических механизмов канцерогенеза поджелудочной железы имеет ключевое значение для разработки программ скрининга и персонализированной профилактики в группах повышенного риска, особенно с использованием цифровых платформ генетического анализа и биоинформационных баз данных (Gu & Minko, 2024; Khalaf et al., 2021; Ефимова, 2021; Загайнов и др., 2024).

1.2.2. Модифицируемые факторы риска

Модифицируемые факторы риска представляют собой ключевое направление профилактики рака поджелудочной железы (РПЖ), так как воздействие на них возможно путем изменения образа жизни, коррекции метаболических нарушений и раннего выявления хронических заболеваний поджелудочной железы. В отличие от наследственных и генетических факторов, модифицируемые детерминанты обусловлены внешними влияниями и поведением человека, что делает их наиболее перспективными в рамках концепции управляемого канцериска (Bray F. et al., 2024; Huang J. et al., 2021; Li et al., 2023).

К числу ведущих модифицируемых факторов относятся курение, ожирение, сахарный диабет, хронический панкреатит,

злоупотребление алкоголем, алиментарные особенности и гиподинамия (Аметов А.С. и др., 2023).

Курение является наиболее доказанным модифицируемым фактором риска РПЖ. Многочисленные метаанализы показали, что относительный риск развития РПЖ у курильщиков выше в 1,5–2,5 раза, чем у некурящих (Lynch et al., 2009; Larsson S. et al., 2005). По оценке ВОЗ, до 25–30 % всех случаев РПЖ прямо или косвенно связаны с воздействием табачного дыма (Khalaf et al., 2021; Huang J. et al., 2021).

Механизм канцерогенного действия табака связан с присутствием нитрозаминов, бензпирена, полициклических ароматических углеводородов, которые индуцируют мутации в онкогенах KRAS и TP53 — ключевых молекулярных регуляторах клеточного цикла (Li et al., 2023). Продолжительность и интенсивность курения находятся в прямой зависимости с риском развития РПЖ, при этом прекращение курения снижает риск до уровня некурящих в течение 10–15 лет (Li et al., 2023).

Отмечено также, что пассивное курение увеличивает вероятность заболевания на 10–20 %, особенно при длительном воздействии в детском возрасте (Larsson S. et al., 2005).

Кроме того, ожирение признано одним из ведущих факторов риска РПЖ. По данным крупных когортных исследований, повышение индекса массы тела (ИМТ) на каждые 5 кг/м² увеличивает риск заболевания на 12–15 % (Bray F. et al., 2024; Li et al., 2023). Особенно неблагоприятным является абдоминальный тип ожирения, сопровождающийся висцеральным воспалением, гиперинсулинемией и активацией инсулиноподобного фактора роста (IGF-1), стимулирующего пролиферацию эпителиальных клеток (Li et al., 2023; Khalaf et al., 2021).

Патогенетически ожирение связано с развитием хронического низкоуровневого воспаления и оксидативного стресса, которые создают условия для мутагенеза и нарушений апоптоза. В жировой ткани активно вырабатываются цитокины (TNF-α, IL-6) и адипокины (лептин, резистин), способствующие пролиферации клеток и ингибированию супрессорных механизмов. У лиц с ожирением РПЖ нередко сочетается с сахарным диабетом II типа, что усиливает канцерогенный потенциал метаболических нарушений (Vincent et al., 2011).

Сахарный диабет (СД), особенно II типа, является независимым фактором риска РПЖ. Риск заболевания у больных СД по-

вышен в 1,8–2,1 раза по сравнению с лицами без диабета (Khalaf et al., 2021; Huang J. et al., 2021). Взаимосвязь носит двусторонний характер — диабет может быть как предрасполагающим фоном, так и ранним проявлением опухолевого процесса (Li et al., 2023).

Патогенетические механизмы включают гиперинсулинемию, повышение уровня IGF-1 и хронический оксидативный стресс, которые стимулируют рост и деление клеток ацинарного эпителия (Vincent et al., 2011). Кроме того, повышенный уровень глюкозы усиливает гликацию белков и повреждение ДНК, что способствует мутагенезу.

Считается, что длительно существующий диабет (>10 лет) значительно повышает вероятность развития РПЖ, тогда как недавнее появление диабета у лиц старшего возраста может служить ранним маркером скрытой опухоли (Vincent et al., 2011).

Хронический панкреатит (ХП) рассматривается как предопухолевое заболевание, увеличивающее риск РПЖ в 5–13 раз (Li et al., 2023; Касаткина, 2015). Длительное воспаление, сопровождающееся фиброзом и деструкцией ацинарной ткани, создает условия для мутаций и злокачественной трансформации эпителиальных клеток. Постоянная активация панкреатических ферментов вызывает повреждение ДНК, а продукция цитокинов (TNF-α, IL-1β, IL-6) усиливает пролиферативные процессы (Khalaf et al., 2021; Li et al., 2023).

Наибольший риск наблюдается при наследственных формах панкреатита, обусловленных мутациями PRSS1 и SPINK1, а также при длительном алкогольном поражении железы (Vincent et al., 2011). У пациентов с хроническим панкреатитом длительностью более 20 лет вероятность РПЖ достигает до 20 %, особенно при сочетании с курением и диабетом (Li et al., 2023).

Роль алкоголя как независимого фактора риска РПЖ остается предметом дискуссий. Однако большинство исследований подтверждают, что злоупотребление алкоголем (более 40 г этанола в день) повышает риск заболевания в среднем на 20–30 %, особенно в сочетании с курением (Bray F. et al., 2024; Vincent et al., 2011).

Механизмы включают образование ацетальдегида, обладающего прямым мутагенным эффектом, а также развитие хронического алкогольного панкреатита — промежуточного звена между токсическим воздействием и канцерогенезом (Vincent et al., 2011).

Пищевой фактор также играет важную роль в патогенезе РПЖ. Избыточное потребление животных жиров, переработанного мяса, копченостей и жареных продуктов, содержащих нитрозамины, способствует канцерогенезу (Huang J. et al., 2021; Larsson S. et al., 2005).

Напротив, диета, богатая овощами, фруктами, антиоксидантами и клетчаткой, снижает риск заболевания за счет антиоксидантной активности и улучшения метаболизма глюкозы (Li et al., 2023; Vincent et al., 2011).

Низкое потребление фолатов, витаминов A, C, E и селена также рассматривается как потенциальный фактор риска, влияющий на стабильность ДНК и процессы репарации (Li et al., 2023).

Современные исследования отмечают роль гиподинамии и хронического психоэмоционального стресса в патогенезе РПЖ. Недостаточная физическая активность способствует развитию ожирения, инсулинорезистентности и хронического воспаления (Bray F. et al., 2024). Постоянный стресс сопровождается активацией гипоталамо-гипофизарно-адреналовой оси, гиперсекрецией кортизола и катехоламинов, что усиливает пролиферацию клеток и угнетает иммунный надзор (Vincent et al., 2011).

Итого, к числу наиболее значимых модифицируемых факторов риска рака поджелудочной железы относятся: курение табака, ожирение и метаболические нарушения, сахарный диабет, хронический панкреатит, алкоголь, неблагоприятные алиментарные привычки и гиподинамия. Влияние перечисленных факторов реализуется через механизмы хронического воспаления, оксидативного стресса, гиперинсулинемии и мутагенеза, создавая условия для злокачественной трансформации ацинарных и протоковых клеток.

Понимание роли модифицируемых факторов является ключевым направлением профилактики РПЖ и основой для разработки цифровых систем стратификации риска, которые могут стать инструментом персонализированного мониторинга в рамках цифровой онкологии (Gu & Minko, 2024; Khalaf et al., 2021; Vincent et al., 2011; Касаткина, 2015).

1.2.3. Генетические и молекулярные механизмы канцерогенеза

Канцерогенез при раке поджелудочной железы (РПЖ) представляет собой многоступенчатый процесс генетических и эпигенетических нарушений, ведущих к трансформации нормального ацинарного или протокового эпителия в инвазивную аденокарциному. Проведенные молекулярно-генетические исследования позволили выделить ключевые драйверные мутации, определяющие последовательность событий, лежащих в основе патогенеза заболевания (Li et al., 2023; Xie W.Q., 2017; Касаткина, 2015).

Молекулярная эволюция поджелудочной аденокарциномы проходит через серию предопухолевых состояний — панкреатическую интраэпителиальную неоплазию (PanIN).

По мере прогрессирования от PanIN-1 к PanIN-3 происходят накопление мутаций и эпигенетические перестройки, что приводит к формированию инвазивного рака. Данный процесс занимает, по оценкам, 10–15 лет, что создает теоретическое «окно возможностей» для раннего выявления заболевания (Huang J. et al., 2021; Khalaf et al., 2021).

Последовательность молекулярных событий можно представить следующим образом: мутация KRAS (в >90 % случаев РПЖ); инактивация CDKN2A (p16); нарушение функции TP53 и SMAD4; эпигенетические модификации и микросредовые изменения (Li et al., 2023; Zhou L., 2023).

Активация онкогена KRAS — одно из раннейших и наиболее частых событий в канцерогенезе поджелудочной железы. Мутации, чаще всего в кодоне 12 (G12D, G12V, G12R), приводят к постоянной активации сигнальных путей MAPK и PI3K, что стимулирует клеточную пролиферацию и подавляет апоптоз (Vincent et al., 2011). Активированный KRAS индуцирует экспрессию факторов роста (EGFR, TGF-α) и способствует активации фибробластов, формирующих десмопластический стромальный матрикс, характерный для аденокарциномы поджелудочной железы (Li et al., 2023; Касаткина, 2015).

KRAS-опосредованная активация воспалительных медиаторов (NF-κB, STAT3) усиливает продукцию цитокинов (IL-6, TNF-α), создавая микроокружение хронического воспаления, поддерживающее опухолевый рост (Khalaf et al., 2021). Кроме того, активация KRAS связана с метаболической перестройкой

клеток — усилением гликолиза и снижением окислительного фосфорилирования, что обеспечивает энергетическую устойчивость опухолевой ткани (Vincent et al., 2011).

Важным генетическим аспектом является инактивация генов-супрессоров CDKN2A, TP53 и SMAD4.

Ген CDKN2A, кодирующий белок p16INK4a, является ключевым регулятором клеточного цикла. Инактивация CDKN2A (в результате мутаций, делеции или метилирования промотора) наблюдается примерно в 95 % случаев РПЖ и приводит к неконтролируемому переходу клеток из фазы G1 в S (Li et al., 2023).

Мутации TP53, встречающиеся в 50–75 % случаев, нарушают способность клеток к апоптозу и репарации ДНК. Белок p53 теряет контроль над остановкой клеточного цикла при повреждении генетического материала, что способствует накоплению вторичных мутаций.

Мутации SMAD4 (DPC4) регистрируются примерно у половины больных и ведут к потере регуляции сигнального пути TGF-β, играющего роль в ингибировании пролиферации и стимуляции апоптоза (Li et al., 2023). Потеря экспрессии SMAD4 коррелирует с неблагоприятным прогнозом и метастатическим потенциалом опухоли (Vincent et al., 2011).

Помимо мутаций, важную роль играют эпигенетические изменения, не затрагивающие структуру ДНК, но влияющие на экспрессию генов. К ним относятся гиперметилирование промоторов генов-супрессоров (например, SPARC, SOCS3), изменения ацетилирования гистонов и нарушение регуляции микроРНК (Li et al., 2023).

Изменение профиля микроРНК (miR-21, miR-155, miR-196a) связано с усилением инвазивных свойств опухоли и устойчивостью к химиотерапии (Bray F. et al., 2024). Микросреда РПЖ характеризуется выраженным фиброзом и десмоплазией, где стромальные клетки, макрофаги, фибробласты и эндотелиоциты образуют «барьер» вокруг опухоли.

Эта стромально-опухолевая экосистема ограничивает доставку лекарственных препаратов и способствует гипоксии, что стимулирует ангиогенез и агрессивность опухоли (Khalaf et al., 2021; Li et al., 2023). Особое значение имеет роль панкреатических звездчатых клеток, которые активируются под действием TGF-β и PDGF, продуцируя коллаген и фибронектин, усиливая жесткость стромы.

Хроническое воспаление является универсальным фоном для канцерогенеза поджелудочной железы. Цитокины, такие как TNF-α, IL-6 и IL-1β, активируют сигнальные пути NF-κB и JAK/STAT, способствуя выживанию опухолевых клеток и подавлению иммунного ответа (Li et al., 2023). Повышенная экспрессия COX-2 и продуктов перекисного окисления липидов приводит к накоплению мутагенных метаболитов и повреждению ДНК (Larsson S. et al., 2005).

Между воспалением и мутагенезом существует порочный круг, поддерживающий устойчивость опухоли к апоптозу и цитотоксическому действию лекарств (Li et al., 2023; Gu & Minko, 2024). Кроме того, недавние исследования показали, что панкреатический и кишечный микробиом могут играть роль в патогенезе РПЖ (Vincent et al., 2011).

Дисбиоз кишечника с повышением уровней Fusobacterium nucleatum, Enterococcus faecalis и Helicobacter pylori ассоциирован с изменением иммунного ответа и стимуляцией воспаления в поджелудочной железе. Микробные метаболиты влияют на экспрессию генов детоксикации и иммунную толерантность, а также могут определять чувствительность опухоли к иммунотерапии (Huang J. et al., 2021).

Отмечается, что опухолевые клетки активно взаимодействуют с иммунным микроокружением, формируя состояние «иммунного уклонения» — угнетая антигенпрезентацию и активность цитотоксических Т-лимфоцитов через пути PD-1/PD-L1 и CTLA-4 (Vincent et al., 2011). Эти процессы определяют крайне низкую эффективность стандартной иммунотерапии при РПЖ и стимулируют разработку новых таргетных подходов, основанных на ингибировании стромальных и воспалительных путей (Gu & Minko, 2024; Khalaf et al., 2021).

Среди перспективных молекулярных маркеров РПЖ выделяются:

KRAS, TP53, SMAD4, CDKN2A — классические драйверные мутации;

BRCA2, PALB2, ATM — маркеры дефекта репарации ДНК, определяющие чувствительность к ингибиторам PARP;

PD-L1, MSI, TMB — показатели потенциального ответа на иммунотерапию (Li et al., 2023).

Исследования геномного профилирования выявили возможность разделения аденокарциномы поджелудочной железы на

четыре молекулярных подтипа (по Bailey et al., 2016) — сквамозный, панкреатико-прогениторный, иммуногенный и АД-экзокринный. Эта классификация имеет прогностическое и терапевтическое значение, так как разные подтипы демонстрируют различную чувствительность к химиотерапии и таргетным агентам.

1.3. Клинико-морфологические особенности

1.3.1. Классификация опухолей поджелудочной железы

Опухоли поджелудочной железы (ПЖ) представляют собой гетерогенную группу новообразований, различающихся по морфогенезу, клеточному составу, клиническому течению и прогнозу.

Современная классификация злокачественных опухолей поджелудочной железы основана на принципах гистогенеза и морфологической дифференцировки, отраженных в системах ВОЗ (2022) и Международного союза против рака (UICC, TNM, 8-е издание) (Vincent et al., 2011).

Экзокринные опухоли

На долю экзокринных опухолей приходится около 90–95 % всех злокачественных новообразований поджелудочной железы (Li et al., 2023). Основной морфологический тип — инфильтративная протоковая аденокарцинома, происходящая из эпителия панкреатических протоков. Эти опухоли характеризуются агрессивным течением, ранним метастазированием и низкой выживаемостью.

Основные варианты экзокринных опухолей

Протоковая аденокарцинома — наиболее распространенная форма (до 85–90 % случаев). Отличается выраженной десмопластической реакцией, инфильтративным ростом и выраженной инвазией сосудов и нервов (Vincent et al., 2011). Гистологически выявляются атипичные железистые структуры, выстланные кубическим или призматическим эпителием с выраженным ядерным полиморфизмом.

Муцинозная аденокарцинома — характеризуется продукцией слизи и кистозными образованиями; чаще встречается у женщин, имеет несколько более благоприятный прогноз.

Коллоидная (муцинозная неинвазивная) карцинома, развивающаяся из муцинозных кистозных новообразований (MCN) или интрадуктальной папиллярной муцинозной неоплазии (IPMN). Эти опухоли менее агрессивны, имеют более низкий метастатический потенциал (Касаткина, 2015).

Ацинозноклеточная карцинома — редкая форма (около 1 % случаев), происходящая из ацинарных клеток, продуцирующих ферменты (трипсин, липазу). Может проявляться гиперлипаземией и подкожными некрозами вследствие ферментной активности опухоли (Li et al., 2023).

Плоскоклеточная и аденоплоскоклеточная карцинома — встречаются редко, но отличаются крайне агрессивным течением и низкой выживаемостью (Bugazia D. et al., 2024).

Медуллярная и недифференцированная карцинома — характеризуются низкой степенью дифференцировки, наличием гигантских клеток и выраженной лимфоидной инфильтрацией. Эти формы часто ассоциированы с микросателлитной нестабильностью (MSI-high), что может иметь значение для иммунотерапии (Hameed & Krishnan, 2022).

Нейроэндокринные опухоли поджелудочной железы (НЭОПЖ)

Нейроэндокринные опухоли (НЭО) составляют около 3–5 % всех новообразований ПЖ и развиваются из клеток островков Лангерганса. Они могут быть функционирующими (гормонально активными) и нефункционирующими, что определяет их клиническую картину (Vincent et al., 2011; Li et al., 2023). К наиболее распространенным НЭО относятся инсулинома (проявляется гипогликемическими кризами), гастринома (синдром Золлингера–Эллисона), глюкагонома, ВИПомы, соматостатиномы.

Функционирующие опухоли диагностируются на ранних стадиях благодаря специфическим эндокринным симптомам, тогда как нефункционирующие НЭОПЖ долго протекают бессимптомно и выявляются случайно или при метастазах (Khalaf et al., 2021; Vincent et al., 2011). Морфологически они подразделяются по степени дифференцировки и пролиферативной активности (индекс Ki-67).

Различают G1 опухоли — низкозлокачественные (Ki-67 <3 %).

G2 — умеренно злокачественные (Ki-67 3–20 %).

G3 — высокозлокачественные (Ki-67 >20 %).

Прогноз при НЭОПЖ значительно лучше, чем при аденокарциномах: пятилетняя выживаемость может достигать 60–80 % при локализованных формах, однако при метастазах снижается до 30–40 % (Li et al., 2023).

Кистозные новообразования

Кистозные опухоли ПЖ представляют отдельную морфологическую категорию, включающую муцинозные кистозные новообразования (MCN), интрадуктальные папиллярные муцинозные неоплазии (IPMN), серозные цистаденомы, солидно-псевдопапиллярные опухоли (SPN) (Bray F. et al., 2024; Касаткина, 2015).

Наибольший онкогенный потенциал имеют MCN и IPMN, которые относятся к предраковым состояниям. Особенно опасны IPMN главного протока, где вероятность малигнизации достигает 40–60 % (American Cancer Society, 2023).

Эти опухоли чаще выявляются при скрининге и характеризуются медленным ростом, что делает их объектом для раннего хирургического вмешательства.

К редким новообразованиям относятся саркомы и лимфомы поджелудочной железы — менее 1 % случаев; метастатические поражения (чаще из почки, легкого, желудка, меланомы); смешанные опухоли (аденонейроэндокринные карциномы, смешанные диморфные формы) (Каприн А.Д. и др., 2023; de Jesus & Riechelmann, 2023).

Эти формы характеризуются диагностической сложностью и требуют морфологического и иммуногистохимического подтверждения.

Современные классификации ВОЗ (2022) и TNM (8-е издание, UICC) включают не только морфологические, но и молекулярные характеристики опухолей, отражающие их биологическое поведение и терапевтические возможности. Выделение молекулярных подтипов, основанных на экспрессии генов KRAS, TP53, SMAD4, BRCA2, PALB2, позволяет проводить персонализированный выбор терапии, включая использование PARP-ингибиторов и иммунотерапии (Li et al., 2023).

В контексте цифровой онкологии разрабатываются электронные морфологические регистры, интегрированные с данными патоморфологических лабораторий, что обеспечивает стандартизацию классификации и повышает достоверность статистического учета (Gu & Minko, 2024; Шаньгина и др., 2022).

Понимание структуры опухолей является основой для рациональной диагностики, выбора лечебной тактики и формирования цифровых моделей стратификации риска, что особенно важно в условиях цифровой трансформации онкологической службы (Khalaf et al., 2021; Касаткина, 2015; Li et al., 2023).

1.3.2. TNM-классификация и стадии развития

Стадирование злокачественных опухолей поджелудочной железы (ПЖ) является краеугольным элементом диагностики, выбора лечебной тактики и прогностической оценки.

Современные подходы основаны на международной системе TNM (Tumor–Node–Metastasis), разработанной UICC и AJCC (8-е издание, 2017 г.), в которой учитываются размер первичной опухоли (T), наличие регионарных метастазов (N) и отдаленных метастазов (M) (Vincent et al., 2011; Li et al., 2023; O'Reilly et al., 2018).

Таблица 1.1

Критерии T (первичная опухоль)

Категория	Описание
Tis	Карцинома in situ (PanIN 3, высокоградусная интраэпителиальная неоплазия).
T1	Опухоль ≤ 2 см в наибольшем измерении, ограничена поджелудочной железой.
T2	Опухоль > 2 см, но ≤ 4 см, также ограничена железой.
T3	Опухоль > 4 см, но без вовлечения крупных сосудов (чревного ствола, верхней брыжеечной артерии).
T4	Опухоль с инвазией магистральных сосудов, признаками нерезектабельности.

Критерий T отражает локальную распространенность и используется для определения резектабельности опухоли. Считается, что порог в 4 см имеет клиническое значение, так как при размере >4 см вероятность метастазирования увеличивается почти в два раза (Li et al., 2023; Fiore M. et al., 2023).

Таблица 1.2

Критерии N (регионарные лимфатические узлы)

Категория	Описание
N0	Метастазы в регионарных лимфоузлах отсутствуют.
N1	Метастазы в 1–3 регионарных узлах.
N2	Метастазы ≥ 4 регионарных узлов.

Количество пораженных лимфоузлов — важнейший прогностический параметр. Пятилетняя выживаемость при N0 достигает 20–25 %, при N1 — 10–12 %, при N2 — не превышает 5 % (Моисеенко В.Е. и др., 2021; Gheorghe et al., 2020). Также учитывается лимфатическая инвазия (L1), которая коррелирует с риском рецидива после радикального вмешательства (Li et al., 2023).

Таблица 1.3

Критерии M (отдаленные метастазы)

Категория	Описание
M0	Отдаленные метастазы отсутствуют.
M1	Имеются метастазы (чаще в печень, легкие, брюшину, кости).

Наиболее частая локализация отдаленных метастазов — печень (в 60–70 % случаев), реже — брюшина, легкие, лимфоузлы средостения. Наличие M1 автоматически переводит заболевание в IV стадию.

Таблица 1.4

Объединенные стадии (по UICC/AJCC 8-е издание)

Стадия	Комбинация TNM	Характеристика
0	Tis N0 M0	Неинвазивная карцинома in situ.
IA	T1 N0 M0	Опухоль ≤ 2 см, ограничена ПЖ.
IB	T2 N0 M0	Опухоль > 2 см и ≤ 4 см, без метастазов.
IIA	T3 N0 M0	Опухоль > 4 см, без метастазов.
IIB	T1–3 N1 M0	Метастазы 1–3 лимфоузлов, нет отдаленных.
III	T4 или N2 M0	Инвазия сосудов / ≥ 4 узлов, без отдаленных метастазов.
IV	Любое T, любое N, M1	Отдаленные метастазы.

Несмотря на широкое внедрение 8-го издания классификации AJCC, его применение для клинического стадирования рака

поджелудочной железы имеет ряд ограничений. При анализе крупных когорт пациентов отмечено отсутствие статистически значимых различий в показателях общей выживаемости между стадиями IB (T2N0) и IIA (T3N0), разграничиваемыми только по размеру опухоли ($p > 0,05$). Это ставит под сомнение прогностическую значимость критерия T3 (опухоль более 4 см), лежащего в основе обновленной классификации.

Кроме того, у более чем половины больных, перенесших хирургическое лечение, патологическая стадия оказалась выше клинической, что преимущественно связано с низкой чувствительностью лучевых методов в выявлении поражения лимфатических узлов. Показано, что отрицательная прогностическая ценность визуализационных методов при оценке регионарных метастазов не превышает 55 %, что существенно ограничивает точность N-стадирования. Эти данные указывают на необходимость дальнейшего совершенствования критериев клинического стадирования, в том числе за счет интеграции радиологических признаков сосудистой инвазии (портальной, верхней брыжеечной вены) и параметров резектабельности опухоли. Перспективным направлением считается разработка адаптированных цифровых моделей TNM-стратификации, основанных на комплексном анализе данных визуализации, морфологии и прогностических биомаркеров (Kang et al., 2022).

Критерии резектабельности

Классификация NCCN (2023) дополняет систему TNM клиническим понятием резектабельности, что имеет практическое значение при выборе хирургической тактики (Vincent et al., 2011; Шаньгина и др., 2022).

Различают резектабельные опухоли — без вовлечения сосудов; возможна радикальная резекция.

Погранично-резектабельные (borderline-resectable) — ограниченное вовлечение венозных сосудов (портальная, верхняя брыжеечная вена) при сохранении возможности реконструкции.

Нерезектабельные — инвазия чревного ствола или верхней брыжеечной артерии, множественные метастазы.

На практике до 15–20 % пациентов обращаются на стадии, допускающей радикальное вмешательство, тогда как 80–85 % выявляются с нерезектабельными или метастатическими формами (de Jesus & Riechelmann, 2023; Fiore M. et al., 2023).

В настоящее время считается, что определение резектабельности рака поджелудочной железы должно опираться не только на анатомические, но и на биологические и функциональные параметры. Помимо отсутствия метастатического поражения и инвазии магистральных артерий, учитываются уровень онкомаркеров (в частности, CA 19-9), продолжительность симптомов, общее соматическое состояние и функциональный статус больного.

При пограничко-резектабельных формах рекомендована обязательная оценка возможности реконструкции сосудистого русла, включая портальную и верхнюю брыжеечную вены, а также уточнение характера контакта опухоли с артериальными структурами (чревный ствол, верхняя брыжеечная, общая печеночная артерия). В таких случаях показано проведение неоадъювантной терапии с последующей переоценкой стадии заболевания и потенциала радикального вмешательства.

Подчеркивается, что оптимальные результаты хирургического лечения достигаются при его выполнении в специализированных центрах, где обеспечены опыт сосудистых реконструкций и наличие мультидисциплинарной команды для предоперационного планирования (Martin-Perez et al., 2020).

Согласно обновленным рекомендациям NCCN (2024), степень вовлечения сосудистых структур оценивается количественно:

- при резектабельных формах отсутствует артериальная инвазия и не превышается 180° венозного контакта,
- при пограничко-резектабельных отмечается до 180° артериального и/или до 270° венозного контакта,
- при локально распространенных — свыше 180° артериального или 270° венозного контакта.

По данным национального регистра Нидерландов, охватившего более 16 000 пациентов с аденокарциномой поджелудочной железы, распределение стадий резектабельности составило: первично резектабельные — 23,4 %, пограничко-резектабельные — 8,2 %, локально распространенные — 10,9 % и метастатические — 57,5 %. Эти результаты свидетельствуют о более высокой доле потенциально резектабельных форм, чем предполагалось ранее (15–20 %), и подчеркивают необходимость пересмотра представлений о распространенности стадий заболевания в популяции.

Проведенное исследование предложило использовать полученные данные как эталонные при планировании национальных стратегий диагностики и лечения, а также при оценке эффективности неоадъювантных протоколов (Stoop et al., 2025).

Прогностические различия между стадиями крайне выражены. Согласно анализу национального регистра SEER (Rahib et al., 2025), пятилетняя выживаемость достигает 46 % при локализованных стадиях, 15 % — при регионарных и лишь 3 % — при отдаленных метастазах. Несмотря на улучшение краткосрочных результатов (увеличение однолетней выживаемости с 24 % в 2004 г. до 41 % в 2019 г.), медиана общей выживаемости при метастатических формах остается менее одного года. Эти данные подчеркивают решающую роль раннего выявления заболевания в повышении эффективности лечения и улучшении прогноза (Bray F. et al., 2024).

Помимо стадии, существенное влияние на прогноз оказывают возраст и пол пациента. Показатели выживаемости закономерно снижаются с увеличением возраста: у больных 40–44 лет 5-летняя выживаемость достигает 90 %, в группе 55–59 лет — 61 %, тогда как у пациентов 75–79 лет она снижается до 33 %, а в возрасте 80–84 лет — до 15 %. При этом женщины демонстрируют несколько более высокие показатели выживаемости на всех стадиях, что, вероятно, связано с отличиями в биологических и гормональных факторах, а также в поведенческих рисках (Bray F. et al., 2024).

Даже после радикальных операций рецидивы возникают у более чем 50 % пациентов в первые 2 года. Основными предикторами неблагоприятного исхода являются положительный краевой статус (R1/2), множественные метастазы в узлах (N2) и мутации SMAD4, связанные с высокой метастатической активностью (Li et al., 2023).

Современные тенденции направлены на внедрение цифровых систем TNM-стадирования, основанных на интеграции данных КТ, МРТ, эндо-УЗИ и патоморфологии. Создаются национальные электронные онкорегистры, автоматически рассчитывающие стадию заболевания и прогноз, что повышает точность диагностики и позволяет формировать персонализированные маршруты лечения (Gu & Minko, 2024; Khalaf et al., 2021; Шаньгина и др., 2022).Использование алгоритмов машинного обучения (AI-TNM) позволяет предсказывать стадию и резекта-

бельность опухоли на основании анализа изображений, что постепенно внедряется в онкологическую практику.

1.3.3. Клинические проявления и прогноз течения

Клиническая картина рака поджелудочной железы (РПЖ) отличается скудностью симптомов на ранних стадиях и неспецифичностью проявлений, что обусловливает позднюю диагностику и высокую смертность (Касаткина, 2015; Elbanna et al., 2020). Отсутствие выраженной симптоматики на этапах in situ и T1–T2 приводит к тому, что до 80–85 % случаев выявляются уже при местнораспространенном или метастатическом процессе (de Jesus & Riechelmann, 2023; Gheorghe et al., 2020; Li et al., 2023; Fiore M. et al., 2023).

Средняя длительность периода от появления первых симптомов до постановки диагноза превышает 3–6 месяцев, что существенно снижает вероятность радикального лечения (Huang J. et al., 2021; Li et al., 2023).

Клинические проявления ранних стадий

Ранние стадии (I–II) протекают малосимптомно и часто имитируют заболевания гепатобилиарной системы, желудка или кишечника. Основные жалобы включают умеренные боли или дискомфорт в эпигастральной области, усиливающиеся после еды; снижение аппетита, потерю массы тела, метеоризм, тошноту; периодическую диарею вследствие панкреатической недостаточности; общую слабость и астенизацию (Li et al., 2023; Zhang et al., 2018).

При локализации опухоли в головке поджелудочной железы ранним симптомом нередко становится механическая желтуха, развивающаяся постепенно вследствие компрессии общего желчного протока. В таких случаях выявляется безболезненная желтуха, сопровождаемая потемнением мочи, ахоличным стулом и зудом кожи (de Jesus & Riechelmann, 2023; Janga L. et al., 2023; Bugazia D. et al., 2024).

Опухоли тела и хвоста железы долгое время протекают бессимптомно, а клинические проявления (боль, кахексия, диабет) возникают уже при генерализации процесса.

Боль — один из наиболее частых и инвалидизирующих симптомов. Она наблюдается более чем у 70 % пациентов и носит

постоянный, ноющий характер с иррадиацией в спину, левое подреберье или поясницу. Типична зависимость боли от положения тела: усиление в положении лежа и уменьшение при наклоне вперед. Болевой синдром обусловлен периневральной инвазией опухоли, компрессией сплетений и инвазией в забрюшинную клетчатку. В поздних стадиях боль становится мучительной, требующей применения опиоидных анальгетиков и нейролитических блокад чревного сплетения (Боброва О.П., 2021; Bugazia et al., 2024; Janga L. et al., 2023; Gheorghe et al., 2020).

Практически у всех больных отмечаются анорексия, похудание и стеаторея, что связано с экзокринной недостаточностью поджелудочной железы и нарушением переваривания жиров. Потеря массы тела нередко превышает 10–15 % за несколько месяцев и является одним из ранних признаков заболевания (Шаньгина и др., 2022). Мальабсорбция усугубляется при поражении тела и хвоста железы, где располагаются ацинарные клетки, ответственные за секрецию ферментов. Развивается панкреатогенный диабет с нестабильной гипергликемией, что также влияет на общее состояние и прогноз. В ряде случаев диабет является первым клиническим проявлением РПЖ и развивается за 6–12 месяцев до выявления опухоли (Li et al., 2023; Li et al., 2024).

Паранеопластические синдромы включают тромбофлебиты мигрирующего типа (синдром Труссо), кожные высыпания, депрессию, анемию и гиперкоагуляцию (Larsson S. et al., 2005). Эти проявления обусловлены выделением опухолью провоспалительных цитокинов (IL-6, TNF-α) и факторов роста, изменяющих системный метаболизм (Li et al., 2023).

Головка поджелудочной железы (60–65 % случаев) — чаще приводит к развитию механической желтухи, стеатореи, зуду, ахолии стула, похуданию.

Тело и хвост (30–35 %) — преобладают боли в спине, потеря веса, диабет, спленомегалия, тромбоз селезеночной вены (Vincent et al., 2011; Li et al., 2023).

Диффузные формы сопровождаются выраженным болевым и интоксикационным синдромами, что нередко маскируется под хронический панкреатит (Li et al., 2023).

Запоздалая диагностика объясняется отсутствием специфических симптомов, глубоким анатомическим расположением органа и недостаточной чувствительностью скрининговых методов.

Даже современные визуализирующие технологии (КТ, МРТ, эндо-УЗИ) нередко выявляют опухоль только при достижении размеров >2 см (Gu & Minko, 2024; Kang et al., 2022; Martin-Perez et al., 2020; Elbanna et al., 2020; Fiore M. et al., 2023; Zhang et al., 2018; Guan et al., 2025).

Биомаркеры, такие как CA 19-9, обладают умеренной специфичностью (70–80 %) и чаще используются для мониторинга, чем для первичного выявления (Janga L. et al., 2023; Kang et al., 2022). В связи с этим актуальной задачей остается поиск новых маркеров раннего канцерогенеза (KRAS, TP53, cfDNA, микроРНК) и внедрение цифровых систем предиктивного скрининга (Brychta N. et al., 2016; Gu & Minko, 2024).

Рак поджелудочной железы характеризуется крайне неблагоприятным прогнозом. Пятилетняя выживаемость при локализованных формах составляет 10–12 %, при местнораспространенных — 5–7 %, а при метастатических — не более 3 % (Шаньгина и др., 2022). Средняя продолжительность жизни после постановки диагноза не превышает 12 месяцев, даже при проведении комплексного лечения. Рецидивы после радикальных операций развиваются у 50–80 % больных в течение 2 лет (Li et al., 2023). Сложность лечения РПЖ во многом обусловлена низкой проницаемостью опухолевой ткани, что делает актуальными исследования в области новых систем доставки препаратов (Olajubutu et al., 2023; Yin et al., 2017).

На прогноз существенно влияют стадия заболевания на момент диагностики, резектабельность опухоли, состояние лимфоузлов, молекулярно-генетический профиль (KRAS, SMAD4, TP53), общесоматическое состояние (индекс Karnofsky, ECOG).

Благоприятным прогностическим фактором является низкий уровень CA 19-9 после хирургического вмешательства и отсутствие резидуальной опухоли (R0-резекция) (Шаньгина и др., 2022; Janga L. et al., 2023; Fiore M. et al., 2023).

Тяжесть симптоматики, ранняя потеря трудоспособности и высокая летальность определяют высокий уровень инвалидизации при РПЖ. Большинство пациентов (до 80 %) получают I или II группу инвалидности уже в первый год после постановки диагноза (Боброва, 2021; Моисеенко В.Е. и др., 2021). Основными причинами стойкой утраты трудоспособности являются выраженный болевой синдром, кахексия, послеоперационные осложнения и психоэмоциональные расстройства (Шаньгина и др.,

2022). Эти особенности подчеркивают необходимость не только медицинской, но и медико-социальной реабилитации (Khalaf et al., 2021; Li et al., 2023).

1.4. Медико-социальная экспертиза и инвалидность при РПЖ

1.4.1. Эпидемиология инвалидности

Рак поджелудочной железы (РПЖ) относится к числу наиболее инвалидизирующих онкологических заболеваний вследствие агрессивного течения, поздней диагностики, тяжелых последствий хирургического и комбинированного лечения, а также выраженного болевого и астенического синдрома. Инвалидизация пациентов с РПЖ формируется уже в ранние сроки после постановки диагноза, часто параллельно с началом лечения, и отражает не только медицинские, но и социально-экономические аспекты онкопатологии (Li et al., 2023; Каримова Д.Ю. и соавт., 2025; Bugazia et al., 2024).

По данным Минздрава РФ и Федерального бюро медико-социальной экспертизы, за последние годы наблюдается устойчивый рост численности лиц с впервые установленной инвалидностью вследствие злокачественных новообразований, при этом доля больных с поражением органов пищеварения составляет около 20–22 % от общего числа (Каприн А.Д. и др., 2023; Моисеенко В.Е. и др., 2021).

В структуре онкоинвалидности РПЖ занимает 5–6-е место среди всех локализаций, уступая лишь раку легкого, молочной железы, желудка и колоректальному раку (Li et al., 2023). Особенностью данной категории пациентов является высокая первичная инвалидизация и низкая продолжительность жизни после установления группы, что резко отличает РПЖ от других форм рака ЖКТ (Шаньгина и др., 2022; Gheorghe et al., 2020).

Так, в среднем до 80 % пациентов умирают в течение первого года после установления инвалидности, а средний срок жизни с момента ее признания не превышает 10–12 месяцев (Моисеенко В.Е. и др., 2021). Это отражает крайне неблагоприятный прогноз заболевания и ограниченные возможности реабилитации. По данным аналитических обзоров Минздрава РФ и ФБ МСЭ, в период с 2019 по 2024 гг. наблюдалась тенденция к постепенно-

му увеличению абсолютного числа инвалидов вследствие РПЖ, несмотря на некоторую стабилизацию общей онкологической заболеваемости (Шаньгина и др., 2022).

В 2019 году впервые признано инвалидами вследствие РПЖ около 4,6 тыс. человек, в 2022 году — уже 5,3 тыс., в 2024 году — около 5,7 тыс. человек, что показывает рост более чем на 20 % за пять лет (Моисеенко В.Е. и др., 2021). Стандартизированный показатель первичной инвалидности вырос с 3,2 до 3,8 на 100 000 населения, что коррелирует с динамикой смертности от РПЖ. Рост объясняется как увеличением числа выявленных случаев, так и улучшением регистрации пациентов в информационных системах МСЭ и онкорегистра (Шаньгина и др., 2022).

Большинство инвалидов вследствие РПЖ — это лица старше 60 лет (до 78 %), среди которых преобладают мужчины (55–60 %). У лиц трудоспособного возраста (45–59 лет) инвалидность формируется реже (около 18–20 % случаев), однако именно в этой группе наблюдается наибольший социально-экономический ущерб, связанный с преждевременной утратой трудоспособности.

Возрастная структура инвалидности при РПЖ имеет четкий пик на 65–75 лет, что совпадает с возрастом максимальной заболеваемости. При этом среди женщин в пожилом возрасте выше доля III группы инвалидности, связанная с длительным послеоперационным восстановлением и хроническими болевыми синдромами (Li et al., 2023).

Анализ распределения инвалидности по регионам России показывает, что наибольшие показатели первичной инвалидности регистрируются в Центральном, Северо-Западном и Приволжском федеральных округах, где выше распространенность РПЖ и лучше организована система онкологической помощи. В Сибирском и Дальневосточном округах показатели несколько ниже, однако это связано не с лучшими исходами, а с недовыявляемостью и неполной регистрацией инвалидов вследствие ограниченной доступности медико-социальной экспертизы (Шаньгина и др., 2022).

Согласно данным ФБ МСЭ (2024), распределение групп инвалидности при РПЖ выглядит следующим образом:

I группа — около 35–40 % случаев (пациенты с выраженными нарушениями функций, терминальными стадиями и множественными метастазами);

II группа — 45–50 %, преимущественно у лиц после хирургического лечения с сохранением стойких ограничений жизнедеятельности;

III группа — 10–15 %, назначается больным после радикальных операций при удовлетворительном функциональном статусе (Моисеенко В.Е. и др., 2021; Шаньгина и др., 2022).

Высокая доля I–II группы демонстрирует тяжесть течения заболевания и недостаточную эффективность реабилитационных мероприятий. У большинства пациентов наблюдается быстрое прогрессирование болезни, требующее паллиативного лечения и приводящее к глубокой инвалидизации (Vincent et al., 2011).

Продолжительность жизни инвалидов вследствие РПЖ крайне низка, до 70–80 % умирают в течение первого года после признания инвалидности. Только 10–12 % доживают до второго года наблюдения, единичные пациенты сохраняют трудоспособность более 3 лет (Vincent et al., 2011; Шаньгина и др., 2022).

Наиболее высокая смертность характерна для пациентов с нерезектабельными опухолями и метастатическими формами. Ключевыми факторами, определяющими прогноз, являются стадия заболевания, функциональное состояние (ECOG ≥ 3), наличие кахексии, болевой синдром и поражение печени (Bugazia et al., 2024).

Инвалидизация вследствие РПЖ представляет собой значимую медико-социальную и экономическую проблему. Средние экономические потери системы здравоохранения от преждевременной утраты трудоспособности составляют, по оценкам экспертов, до 1,5 млн рублей на одного пациента в год, включая стоимость лечения, пособий и ухода (Gu & Minko, 2024; Bugazia et al., 2024).

С учетом растущей заболеваемости и старения населения прогнозируется увеличение совокупного бремени инвалидности на 20–25 % к 2030 году, что обуславливает необходимость внедрения комплексных реабилитационных программ, включающих медицинскую и физическую реабилитацию (в т. ч. нутритивную поддержку), психологическую и социальную адаптацию, использование цифровых систем мониторинга инвалидов-онкопациентов (Шаньгина и др., 2022).

Процесс признания лица инвалидом при раке поджелудочной железы основывается на оценке стойких нарушений функций организма, ограничений жизнедеятельности и необходимости

в социальной защите. Медико-социальная экспертиза (МСЭ) проводится в соответствии с Федеральным законом № 181-ФЗ «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации» и нормативными актами Минтруда РФ. При РПЖ инвалидность устанавливается в большинстве случаев впервые при первичном освидетельствовании, что связано с тяжелым течением заболевания и высокой летальностью (Моисеенко В.Е. и др., 2021; Шаньгина и др., 2022). МСЭ при онкологических заболеваниях основывается на трех ключевых критериях.

- Стойкие нарушения функций организма, обусловленные анатомическими дефектами, системными поражениями и последствиями противоопухолевого лечения (операции, химио- и радиотерапия).
- Ограничение одной или нескольких категорий жизнедеятельности — способность к самообслуживанию, передвижению, труду, обучению, общению и контролю за поведением.
- Необходимость в мерах социальной защиты — получение пособий, реабилитации, технических средств и ухода.

Инвалидность при РПЖ, как правило, устанавливается с момента выявления заболевания, особенно при распространенном процессе (III–IV стадия), а при благоприятном прогнозе — после окончания первичного лечения и оценки функциональных исходов.

Клинические критерии установления инвалидности

При медико-социальной экспертизе учитываются — стадия опухолевого процесса (по TNM и клиническому стадированию); наличие метастазов и осложнений; функциональное состояние больного по шкалам ECOG и Karnofsky; эффективность проведенного лечения и возможность ремиссии; степень болевого синдрома, кахексии, панкреатической недостаточности, эндокринных нарушений. Основным медицинским документом, направляемым в МСЭ, является форма 088/у-06 «Направление на медико-социальную экспертизу», в которой отражаются диагноз, стадия, лечение, реабилитационный прогноз и рекомендации лечащего врача.

Шкала ECOG (Eastern Cooperative Oncology Group) оценивает степень утраты физической активности и способности к самообслуживанию.

Таблица 1.5

Шкала ECOG

Балл	Состояние пациента
0	Полная активность, отсутствие ограничений.
1	Незначительные ограничения при физической нагрузке.
2	Способен к самообслуживанию, но неработоспособен.
3	Требуется помощь при самообслуживании, постельный режим <50 % времени.
4	Полная зависимость, постельный режим >50 % времени.
5	Смерть.

Индекс Karnofsky — диапазон от 100 % — нормальная активность до 0 % — смерть.

При РПЖ средний показатель Karnofsky на момент установления инвалидности — 40–50 %, что соответствует необходимости постоянной помощи.

При стойких необратимых изменениях и ожидаемой низкой продолжительности жизни возможно бессрочное установление инвалидности (приказ Минтруда РФ № 585н, 2020 г.).

1.4.2. Социально-экономические последствия и качество жизни пациентов

Рак поджелудочной железы является социально значимым и экономически обременительным заболеванием, оказывающим выраженное влияние как на систему здравоохранения, так и на общество в целом (Viale P.H., 2020; Моисеенко В.Е. и соавт., 2021). Высокая инвалидизация, ранняя утрата трудоспособности, дорогостоящие методы лечения и низкая выживаемость формируют высокое социальное бремя заболевания, сопоставимое с таковым при раке легкого и печени.

В свою очередь, ухудшение параметров здоровья населения и сокращение продолжительности жизни, оказывает прямое влияние на социально-экономическое развитие. Сокращение числа здоровых лет жизни ведет к снижению производительности труда и росту экономической нагрузки на систему здравоохранения, особенно в депрессивных регионах. То есть, состояние здоровья и продолжительность жизни рассматриваются как важнейшие детерминанты социально-экономического благополучия и качества жизни населения (Дудин М.Н., Голышко П.В., 2022).

Большинство пациентов с РПЖ теряют трудоспособность уже в течение первых 6–12 месяцев после постановки диагноза. Причинами преждевременной утраты трудоспособности являются тяжесть клинического течения и быстрое прогрессирование, выраженный болевой синдром и астенический синдром, последствия хирургического и химиолучевого лечения, необходимость длительного наблюдения и паллиативной терапии (Yang J. et al., 2021; Yin H. et al., 2017).

По данным ФБ МСЭ, доля инвалидов трудоспособного возраста среди пациентов с РПЖ составляет 18–20 %, при этом почти все они утрачивают возможность продолжения профессиональной деятельности. Средний возраст выхода на инвалидность — 61 год, что значительно ниже возраста выхода на пенсию и приводит к потере существенного числа экономически активных граждан. Уровень восстановления трудоспособности при РПЖ минимален: не более 5–7 % пациентов после радикальных операций возвращаются к ограниченной трудовой деятельности, чаще в щадящем или надомном формате.

РПЖ занимает одно из первых мест по величине затрат на лечение на одного пациента, что связано с необходимостью применения высокотехнологичных методов диагностики и терапии.

Согласно региональному исследованию, проведенному в Санкт-Петербурге (В. Е. Моисеенко и соавт., 2021), социально-экономическое бремя рака поджелудочной железы характеризуется крайне высоким уровнем прямых и косвенных затрат. Средняя совокупная стоимость болезни на одного пациента составила от 574 тыс. руб. при IV стадии до 2,08 млн руб. при I стадии. Наибольшая доля расходов приходилась на стационарный этап лечения — от 25,4 до 42,4 % всех затрат, преимущественно за счет специализированной противоопухолевой терапии, особенно у пациентов III стадии, на которых приходилось до 50 % всех расходов (Моисеенко В.Е. и соавт., 2021).

Ежегодные расходы Фонда обязательного медицинского страхования на онкологическую помощь превышают 200 млрд рублей, при этом значительная часть пациентов обращается в коммерческие клиники или за рубеж. Стоимость одного дня лечения онкологического больного в стационаре варьирует от 20–25 до 500 тыс. рублей и более. Несмотря на всеобщий охват полисом ОМС, современные методы — роботизированная хирургия, таргетная и иммунотерапия — доступны преиму-

щественно в крупных городах, что усиливает неравенство в доступе к помощи и влияет на качество жизни пациентов (Юрова Е.Н. и соавт., 2021)

Значительную часть расходов составляют прямые немедицинские затраты — выплаты по инвалидности и пособия по временной утрате трудоспособности, доля которых достигала 44,5–52,3 % (от 247 до 743 тыс. руб. на одного больного). Косвенные потери бюджета из-за утраты трудоспособности и преждевременной смертности оценены в 97–407 тыс. руб. на пациента. Таким образом, доля экономических потерь, не связанных напрямую с лечением, превышает половину совокупных затрат на РПЖ.

Полученные данные можно рассматривать как минимальные оценочные показатели социально-экономического бремени заболевания, поскольку фактические потери для системы здравоохранения и общества, вероятно, значительно выше. При сохранении текущих тенденций роста заболеваемости и инвалидизации ожидается дальнейшее увеличение совокупных расходов, что требует совершенствования экономического анализа и оптимизации механизмов финансирования помощи пациентам с РПЖ (Моисеенко В.Е. и соавт., 2021).

Результаты отечественных исследований о значительном социально-экономическом ущербе, связанном с РПЖ, согласуются с мировыми тенденциями. Согласно результатам глобального анализа GBD-2021, суммарное бремя рака поджелудочной железы продолжает возрастать — в 2021 г. зарегистрировано 508 533 новых случая, показатель смертности составил 5,95 на 100 000 населения, а совокупные потери трудоспособности, выраженные в годах жизни, скорректированных по нетрудоспособности (DALY), достигли 130,3 на 100 000 населения, что по классификации ВОЗ соответствует высокому уровню потерь здоровья и социально-экономического бремени (менее 50 — низкое, 50 — 100 — умеренное, более 100 — высокое бремя). Наиболее высокие значения отмечаются в странах с высоким социодемографическим индексом, что отражает зависимость тяжести последствий от уровня урбанизации и старения населения. Ключевыми модифицируемыми факторами, определяющими рост бремени, остаются повышенный уровень глюкозы натощак, табакокурение и высокий индекс массы тела, что ведет к увеличению затрат на лечение и потерь производительности труда (Yu W. et al., 2025).

Качество жизни (КЖ) пациентов с РПЖ значительно снижается на всех стадиях заболевания, особенно после хирургических вмешательств и при системной терапии. Согласно исследованиям EORTC QLQ-C30 и PAN26, ключевыми факторами, ухудшающими КЖ, являются — боль (в 85 % случаев); слабость, утомляемость, астенический синдром; потеря аппетита, тошнота, рвота, диарея, стеаторея; эмоциональные расстройства — тревога, депрессия, чувство безысходности (Vincent A. et al., 2011; Xie W.Q., Wang X.F., 2017).

После панкреатодуоденальной резекции наблюдаются диспепсические расстройства и потеря массы тела, требующие длительной ферментозаместительной терапии. У пациентов, получающих химиотерапию, качество жизни дополнительно ухудшается из-за гематологических и нейротоксических осложнений.

Тем не менее, при адекватной симптоматической терапии (обезболивание, нутритивная поддержка, психологическая помощь) возможно частичное восстановление социальных и бытовых функций.

До 60 % больных РПЖ испытывают депрессию различной степени, что отрицательно влияет на комплаентность и результаты лечения. В связи с этим современные методы лечения предполагают обязательное включение психоонколога в мультидисциплинарную команду и использование психометрических шкал (HADS, QLQ-C30, FACT-Hep) для динамической оценки КЖ.

Социальная адаптация и потребность в реабилитации

Пациенты с раком поджелудочной железы, как правило, сталкиваются с выраженными физическими, психоэмоциональными и социальными последствиями заболевания, что требует проведения комплексных мероприятий по медико-социальной и профессиональной реабилитации. После хирургического лечения, особенно панкреатодуоденальной резекции, у большинства больных наблюдаются выраженные диспепсические расстройства, потеря массы тела и экзокринная недостаточность, требующие длительной ферментозаместительной и нутритивной терапии (Viale P.H., 2020). У пациентов, проходящих химиотерапию, качество жизни дополнительно ухудшается вследствие

гематологических, гастроинтестинальных и нейротоксических осложнений (Валиев Р.К., 2015; Манукян М.Ш. и соавт., 2024).

Современная концепция реабилитации онкологических пациентов включает не только медицинские, но и психологические, социальные и профессиональные компоненты. Основными направлениями являются нутритивная поддержка и контроль массы тела, коррекция эндокринных нарушений (в первую очередь сахарного диабета и мальабсорбции), адекватное обезболивание, организация паллиативной помощи, психологическое сопровождение и социальное консультирование (Моисеенко В.Е. и соавт., 2021). Внедрение мультидисциплинарного подхода с участием онкопсихологов, нутрициологов, физиотерапевтов и социальных работников позволяет частично восстановить бытовую и социальную активность пациентов, повысить комплаентность и улучшить результаты лечения (Xie W.Q., Wang X.F., 2017).

Однако доля больных, охваченных программами реабилитации, остается низкой — по различным данным, не превышает 30–35 %. Это объясняется короткой продолжительностью жизни, отсутствием специализированных центров и недостаточной межведомственной координацией между учреждениями здравоохранения и социальной защиты (Каприн А.Д. и соавт., 2023). В большинстве регионов России отсутствуют интегрированные онкологические реабилитационные службы, включенные в цифровую систему здравоохранения, что затрудняет мониторинг эффективности проводимых мероприятий и обратную связь с пациентами.

Депрессивные и тревожные расстройства встречаются более чем у половины больных РПЖ и оказывают значительное влияние на социальную адаптацию. Использование психометрических инструментов, таких как шкалы HADS, QLQ-C30 и Functional Assessment of Cancer Therapy-Hepatobiliary (FACT-Hep), рекомендовано для динамической оценки эмоционального состояния и планирования индивидуальной программы реабилитации.

Недавние исследования подчеркивают важность комплексной оценки качества жизни у больных раком поджелудочной железы, включая как соматические, так и психологические компоненты. Валидация специализированного опросника FACT-Hep и его сокращенных версий FHSI-18 и FHSI-8 — показала их высокую внутреннюю согласованность ($\alpha > 0,7$) и способность надежно

отражать динамику состояния пациентов с метастатическим раком поджелудочной железы. При ухудшении общего функционального статуса по шкале ECOG наблюдалось достоверное снижение суммарных баллов FACT-Hep (на 24,3 пункта, $p < 0{,}001$), что коррелировало с клиническим прогрессированием заболевания и снижением физического, функционального и эмоционального благополучия. То есть, FACT-Hep и производные индексы являются валидными инструментами для количественной оценки качества жизни и чувствительны к изменениям в ходе терапии, позволяя объективно оценивать эффективность реабилитационных и паллиативных мероприятий (Cella D. et al., 2012).

В перспективе развитие цифровых платформ, объединяющих данные о медицинском, психологическом и социальном статусе пациента, позволит повысить эффективность реабилитационных программ и персонализировать поддержку онкологических больных.

1.5. Проблемы и дефициты в организации медицинской помощи

Российская онкологическая служба формировалась через последовательные институциональные шаги — в 1898 г. в Москве открыт первый раковый институт, в 1904 г. в Санкт-Петербурге создано Общество по борьбе с раком, в 1911 г. — первая больница для бедных женщин, больных раком. После тягот военного периода в 1945 г. самостоятельная служба онкологической помощи была восстановлена и затем неоднократно реформировалась. Эта траектория показывает, что клинический прогресс сам по себе не обеспечивает доступность и результативность — решающими остаются организация маршрутов, кадровый и ресурсный контуры (Юрова Е.Н. и соавт., 2021). Поэтому дальше дефициты рассматриваются как предмет управляемых организационных изменений, а не как «побочные» проблемы системы.

1.5.1. Поздняя диагностика и маршрутизация пациентов

Одной из ключевых проблем организации медицинской помощи больным раком поджелудочной железы (РПЖ) остается поздняя диагностика заболевания, приводящая к невозможности радикального лечения и высокой смертности. Несмотря на

развитие технологий визуализации, внедрение онкорегистров и повышение онконастороженности врачей, до 80–85 % пациентов поступают в специализированные учреждения на III–IV стадиях заболевания, когда хирургическое вмешательство уже нецелесообразно (de Jesus & Riechelmann, 2023).

Системный анализ организационных факторов оказания помощи при раке поджелудочной железы, проведенный на популяционном уровне (Lockie et al., 2025), показал, что низкие показатели резектабельности и поздняя диагностика заболевания напрямую связаны с неравномерным доступом к специализированной хирургической помощи, а также с отсутствием четко выстроенных маршрутов пациентов. В ряде стран доля резецированных случаев колеблется от 6 до 27 %, что отражает существенные различия в эффективности национальных систем здравоохранения. Авторы указывают, что лишь 38,2 % пациентов с потенциально резектабельной опухолью I стадии в США были оперированы при отсутствии противопоказаний, что свидетельствует о потере времени и неадекватной маршрутизации на этапе первичного звена.

Ключевыми барьерами названы географическая удаленность специализированных центров, социально-экономические различия, низкая онконастороженность врачей общей практики и недостаточная координация между уровнями медицинской помощи. В странах, где была проведена централизация панкреатохирургии и внедрены интегрированные онкологические маршруты (например, в Дании после 2007 г.), отмечено значительное увеличение доли радикальных операций и рост 1-летней выживаемости при РПЖ. Таким образом, поздняя диагностика и неэффективная маршрутизация пациентов остаются одной из ключевых причин низких популяционных показателей выживаемости, а оптимизация путей пациента и раннее направление в специализированные центры рассматриваются как стратегическое направление повышения эффективности помощи при РПЖ (Lockie et al., 2025).

В отечественной системе здравоохранения исследования показывают, что до 40 % случаев РПЖ выявляются случайно, при обследовании по другому поводу. Врачами общей практики и гастроэнтерологами нередко недооцениваются сигнальные симптомы — прогрессирующее похудание, безболевая желтуха, вторичный диабет у лиц старше 50 лет (Шаньгина и др., 2022).

Отсутствие четких клинических алгоритмов и низкий уровень знаний о современных возможностях визуализации способствуют диагностическим дефектам (Валиев Р.К., 2015).

В отличие от рака шейки матки или колоректального рака, массовые скрининговые программы для РПЖ отсутствуют, что обусловлено низкой частотой заболевания и отсутствием высокоспецифичных маркеров.

Применяемый биомаркер CA 19-9 имеет ограниченную диагностическую ценность — его чувствительность не превышает 70–80 %, а специфичность — 65–75 %, что делает невозможным использование его в качестве инструмента первичного скрининга (Janga L. et al., 2023; Fiore M. et al., 2023). Показатели ложноположительных результатов особенно высоки у пациентов с холестазом и хроническим панкреатитом.

В большинстве регионов России доступ к эндоУЗИ и морфологической верификации затруднен, что приводит к постановке диагноза на основании косвенных признаков и задержке начала лечения (Bugazia D. et al., 2024; Toft et al., 2017). Даже в крупных онкоцентрах время от первичного обращения до верификации диагноза может составлять до 30 дней, что критически важно для прогноза.

Путь пациента от поликлиники до специализированного онкологического учреждения часто сопровождается многоступенчатой маршрутизацией, включающей первичное звено, диагностические центры и консилиум онкологов. Каждый из этапов увеличивает время постановки диагноза. Средняя продолжительность маршрута от первого обращения до начала лечения может составлять около 45–60 дней, что при агрессивности РПЖ означает потерю терапевтического окна.

Кроме того, более 60 % учреждений, выполняющих высокотехнологичные операции при РПЖ, сосредоточены в Центральном и Приволжском федеральных округах. Жители удаленных регионов (Сибирь, Дальний Восток, Северный Кавказ) сталкиваются с задержками госпитализации и недостаточной маршрутизацией, что ухудшает выживаемость и повышает смертность. Отсутствие единой электронной системы направления и межведомственной интеграции остается одной из ключевых причин запоздалой помощи.

Нередко наблюдается фрагментарность коммуникации между терапевтическим, гастроэнтерологическим и онкологиче-

ским звеньями. Пациенты с подозрением на опухоль проходят многочисленные консультации и обследования без передачи информации между специалистами. Недостаточная интеграция электронных медицинских карт (ЭМК) и отсутствие единой базы данных существенно тормозят маршрутизацию.

В ряде пилотных регионов России уже реализуются проекты по цифровой маршрутизации пациентов с подозрением на РПЖ, где ЭМК и телемедицинские платформы позволяют врачу первичного звена мгновенно направить данные в онкоцентр.

Одним из наиболее перспективных направлений совершенствования маршрутизации онкологических больных в России является внедрение телемедицинских технологий. Исследование, проведенное в Свердловской области (Ефремов и др., 2024), показало, что использование телемедицинских консультаций (ТМК) для первичных пациентов значительно повысило эффективность взаимодействия между медицинскими организациями разных уровней. Система реализована на базе региональной онкологической информационной платформы ОНКОР, объединяющей 138 медицинских учреждений и более 300 тыс. пациентов.

Применение ТМК позволило большинству больных избежать лишнего визита в онкологический диспансер для уточнения необходимости дообследования, сократив общее число обращений и время от первичного визита до начала лечения. В 2023 году количество дефектов обследования, выявленных при первичном приеме, снизилось с 44 % до 15,7 % по сравнению с предыдущим годом, что свидетельствует об улучшении качества подготовки пациентов на догоспитальном этапе.

Телемедицинские консультации обеспечили возможность оперативного уточнения диагноза и согласования диагностических маршрутов между центрами амбулаторной онкопомощи и областным диспансером без дополнительной нагрузки на врачей. Особенно значимым оказалось применение ТМК для пациентов с опухолями желудочно-кишечного тракта, поджелудочной железы, молочной железы и органов мочеполовой системы — именно для этих нозологий наблюдался наибольший рост обращений (до 15 % в год).

Указанный опыт демонстрирует, что цифровизация маршрутизации способствует раннему выявлению и сокращает сроки начала лечения без снижения качества диагностики. Интеграция телемедицинских консультаций в региональные информацион-

ные системы должна рассматриваться как ключевой элемент развития онкологической службы, особенно в регионах с низкой плотностью населения и ограниченной транспортной доступностью (Zhang et al., 2018).

1.5.2. Дефицит кадров и ресурсов

Эффективность оказания медицинской помощи пациентам с раком поджелудочной железы (РПЖ) во многом определяется кадровым и ресурсным потенциалом системы здравоохранения.

Несмотря на развитие онкологической службы и реализацию федерального проекта «Борьба с онкологическими заболеваниями», в России сохраняются существенные диспропорции в обеспеченности специалистами, оборудованием и инфраструктурой, что ограничивает доступность высокотехнологичной помощи и снижает эффективность лечения (МЗ РФ, 2019–2024).

Анализ реализации федерального проекта «Борьба с онкологическими заболеваниями» в рамках национального проекта «Здравоохранение» выявил, что одной из ключевых проблем остается дефицит ресурсов — как кадровых, так и финансово-материальных. Почти все регионы России столкнулись с недостаточным уровнем финансирования специализированной медицинской помощи по профилю «онкология». Среди основных причин называются тарифы на оказание онкопомощи, не покрывающие фактическую себестоимость услуг; ограниченные возможности целевого финансирования; несбалансированность между объемом финансовых средств и реальной потребностью населения в онкологической помощи.

Серьезной проблемой остается кадровый дефицит и неравномерность распределения специалистов между регионами. Недостаток врачей-онкологов, патологов и специалистов по лучевой диагностике особенно остро ощущается в регионах с низкой плотностью населения. По данным экспертов, только комплексное повышение квалификации медицинского персонала и внедрение цифровых технологий в систему подготовки кадров (включая дистанционные образовательные платформы и обмен клиническим опытом между федеральными и региональными центрами) способно компенсировать нехватку узких специалистов.

В условиях роста заболеваемости и увеличения объемов противоопухолевого лечения актуализируется необходимость рационального использования имеющихся ресурсов. Это включает оптимизацию маршрутизации пациентов, пересмотр тарифной политики, внедрение современных дженериков и биоаналогов, что позволит высвободить часть средств для финансирования кадровых программ, закупки оборудования и развития сети центров амбулаторной онкопомощи (Привалова А.А. и соавт., 2021).

Проблема дефицита кадров в онкологической службе сохраняется даже в крупнейших медицинских центрах страны. По данным исследования, проведенного в Санкт-Петербурге (Ломаков С.Ю. и соавт., 2020), штатная укомплектованность врачами-онкологами составляла 88,8 %, а обеспеченность физическими лицами — 86,1 %. Несмотря на увеличение численности специалистов за 2014–2018 гг. на 39 %, уровень обеспеченности населения онкологами (1,16 на 10 000 жителей) оставался лишь немного выше среднего по России (0,65 на 10 000). Особенно острый дефицит выявлен в амбулаторно-поликлиническом звене, где фактическая укомплектованность физическими лицами не превышала 66,7 %, а в амбулаторно-консультативных отделениях стационаров — всего 19 %.

Нехватка специалистов первичного звена приводит к несоблюдению сроков обследования и лечения: более 61 % опрошенных врачей-онкологов сообщили, что установленные законодательством сроки ожидания плановой медицинской помощи пациентами не соблюдаются. Среди ключевых факторов, ограничивающих доступность онкопомощи, врачи отметили недостаточную оснащенность учреждений современным оборудованием (18,2 % ответов), несовершенство маршрутизации пациентов (16,4 %), недостаточное использование телемедицинских технологий (11,4 %) и нехватку среднего медперсонала (10,8 %).

Отмечается, что даже при высокой квалификации специалистов кадровый дисбаланс между стационарным и амбулаторным уровнями остается серьезным барьером для своевременной диагностики и эффективного лечения. Наиболее уязвимыми с точки зрения кадрового дефицита являются центры амбулаторной онкологической помощи, где происходит первичное выявление опухолей и формирование маршрута пациента. В этой связи повышение кадрового потенциала первичного звена, совершен-

ствование программ подготовки и непрерывного образования врачей-онкологов рассматриваются как приоритетные направления развития системы онкологической помощи (Ломаков С.Ю. и соавт., 2020).

Проблема психоэмоционального выгорания среди врачей-онкологов носит системный характер и тесно связана с общей организацией онкологической помощи в стране. По данным НМИЦ онкологии (2022), признаки профессионального выгорания отмечают до 70 % специалистов, при этом у 40 % оно достигает стадии хронического утомления. Основными причинами называют высокий уровень смертности пациентов, постоянный дефицит времени, чрезмерную бюрократическую нагрузку и отсутствие психологической поддержки со стороны медицинских организаций (Моисеенко В.Е. и соавт., 2021). Эмоциональное истощение не только снижает качество коммуникации с пациентами, но и способствует оттоку квалифицированных кадров из профессии, усугубляя дефицит специалистов.

Серьезной проблемой остается неравномерное распределение ресурсов онкологической службы. Большинство современных онкологических центров, оснащенных высокотехнологичным оборудованием и имеющих подготовленные кадры, сосредоточены в крупных городах — Москве, Санкт-Петербурге, Екатеринбурге, Новосибирске, Казани и Ростове-на-Дону. Более 60 % всех высокотехнологичных вмешательств выполняются лишь в десяти субъектах РФ, тогда как жители периферийных регионов вынуждены обращаться в федеральные учреждения, что увеличивает сроки ожидания, расходы на транспортировку и снижает своевременность лечения. Отсутствие равномерно распределенной сети межрегиональных онкохирургических центров по принципу «hub and spoke» приводит к выраженному территориальному неравенству в доступе к помощи.

Вместе с тем, проблема дефицита ресурсов в онкологической службе имеет не только инфраструктурный, но и организационно-экономический характер. По данным отечественных исследований, использование современных таргетных препаратов и инновационных технологий в лечении онкологических заболеваний в российских условиях сдерживается сочетанием высокой стоимости, ограниченного финансирования и кадрового дефицита. Особенно остро эти ограничения проявляются в удаленных и малонаселенных регионах, где отсутствует достаточная

методическая база и доступ к высокотехнологичным видам онкопомощи, несмотря на их включение в перечень жизненно необходимых и важнейших лекарственных препаратов (Сертакова О.В. и соавт., 2022).

Наряду с кадровыми и инфраструктурными различиями, существенное влияние на эффективность онкологической помощи оказывает степень цифровизации медицинской среды. Темпы и уровень цифровизации российского здравоохранения остаются значительно ниже, чем в развитых странах. Одной из ключевых причин является недостаточный уровень цифровой грамотности медицинских работников, что ограничивает их способность эффективно использовать возможности высокотехнологичного оборудования, медицинских информационных систем и телемедицинских сервисов. Особенно остро дефицит цифровых компетенций проявляется в медицинских организациях, расположенных вдали от региональных центров экономического развития, где процесс цифровизации зачастую ограничен нулевой стадией и не охватывает ключевые направления диагностики, маршрутизации и мониторинга пациентов (Дудин М.Н. и соавт., 2022).

Дефицит материально-технических ресурсов особенно заметен в области диагностики и морфологической верификации опухолей. Современные методы визуализации — мультиспиральная компьютерная томография, магнитно-резонансная томография, эндоскопическое ультразвуковое исследование и позитронно-эмиссионная томография — доступны не во всех регионах. Обеспеченность эндоскопическими ультразвуковыми системами не превышает 40 % от потребности, а ПЭТ-КТ функционируют лишь в части субъектов РФ. В морфологической службе сохраняется нехватка патоморфологов и низкая скорость выдачи гистологических заключений, которая может достигать 10–14 дней, что приводит к задержке начала лечения.

Одним из наиболее значимых направлений преодоления инфраструктурных ограничений в онкологической службе является развитие сети центров позитронно-эмиссионной томографии. ПЭТ-диагностика признана одним из наиболее чувствительных методов выявления злокачественных новообразований, однако обеспеченность ПЭТ-сканерами в России остается крайне низкой: один томограф приходится более чем на 2,5 млн населения, тогда как в развитых странах — от одного на 150 тыс. человек

в США до одного на 800 тыс. в Германии (Шимчук Г.Г. и соавт., 2022). В настоящее время в России функционирует около 60 ПЭТ-центров, из которых почти половина сосредоточена в Московском и Санкт-Петербургском регионах, а более 120 млн человек проживают в субъектах, где доступ к таким технологиям минимален или отсутствует вовсе.

Главным сдерживающим фактором развития сети ПЭТ-центров являются высокая стоимость оборудования и необходимость наличия циклотрона и радиохимической лаборатории для синтеза радиофармпрепаратов, что требует капитальных вложений свыше 10 млн евро. Решением этой проблемы может стать внедрение генераторных технологий, основанных на использовании пар радионуклидов ^68Ge/^68Ga и ^82Sr/^82Rb, позволяющих получать диагностические препараты без собственного ускорителя. Применение генераторных систем снижает капитальные затраты на создание центра не менее чем в 1,5 раза и эксплуатационные расходы — в 1,5–2 раза, что делает ПЭТ-диагностику более доступной для региональных учреждений. Предлагаемая модернизация способна не только повысить эффективность диагностики, но и снизить нагрузку на федеральные центры, создавая предпосылки для более равномерного распределения ресурсов в онкологической службе (Шимчук Г.Г. и соавт., 2022).

Ограничения в развитии паллиативной и реабилитационной помощи также существенно влияют на качество жизни пациентов с раком поджелудочной железы. Согласно данным Минздрава РФ (2023), доступность паллиативных коек составляет лишь 65 % от целевого уровня, а обеспеченность профильными специалистами — врачами паллиативной медицины, психологами и сестринским персоналом — не превышает 50 %. Недостаток онкопсихологов, нутрициологов и специалистов по физической реабилитации снижает эффективность сопровождения больных с тяжелым прогнозом и затрудняет их социальную адаптацию.

1.5.3. Цифровая интеграция и перспективы оптимизации

Современное развитие онкологической службы невозможно без внедрения цифровых технологий, обеспечивающих комплексное управление пациентом на всех этапах — от про-

филактики и раннего выявления до лечения, реабилитации и медико-социального сопровождения.

Цифровизация в онкологии рассматривается не только как инструмент автоматизации, но и как ключевой элемент оптимизации системы здравоохранения, направленный на повышение доступности, качества и персонализации медицинской помощи (Шаньгина и др., 2022).

В рамках федерального проекта «Создание единого цифрового контура в здравоохранении» национального проекта «Здравоохранение» (Минздрав РФ, 2019–2024) формируется единая государственная информационная система (ЕГИСЗ), обеспечивающая интеграцию медицинских информационных систем на всех уровнях здравоохранения. Проект направлен на повышение эффективности медицинской помощи, создание механизмов межведомственного взаимодействия и внедрение цифровых технологий в клинические и административные процессы.

К 2024 году было предусмотрено подключение 100 % медицинских организаций государственной и муниципальной систем здравоохранения к ЕГИСЗ, обеспечение всех медицинских работников усиленной квалифицированной электронной подписью и внедрение электронных рецептов во всех субъектах РФ. В структуре цифрового контура создаются федеральные и региональные центры обработки данных, защищенные сети передачи информации, а также единые регистры пациентов, электронные медицинские карты и подсистемы телемедицинских консультаций (Минздрав России, 2019–2024).

Особое значение проект имеет для онкологической службы: предусмотрено создание вертикально интегрированных медицинских информационных систем по профилю «онкология», обеспечивающих обмен данными между первичным звеном, диспансерами, федеральными центрами и лабораториями. К 2023 году планировалось полное внедрение телемедицинских сервисов для консультаций между врачами разных уровней, электронного назначения лекарственных препаратов и мониторинга маршрутизации пациентов.

Реализация федерального проекта создает технологическую основу для перехода к персонифицированной медицине, а также для использования инструментов искусственного интеллекта, больших данных и цифровых двойников пациентов, что позво-

лит повысить точность диагностики, управляемость ресурсами и прозрачность процессов оказания помощи.

Для больных раком поджелудочной железы, заболевание которых характеризуется агрессивным течением и высоким риском запоздалой диагностики, цифровая интеграция имеет особое значение. Она позволяет сократить временные потери между этапами обследования, повысить точность диагностики и создать персонализированные траектории лечения (Груздев И.С., 2023).

Создание национального онкорегистра является ключевым элементом цифровой инфраструктуры. Он обеспечивает централизованный сбор данных о заболеваемости, стадиях, лечении и исходах, что позволяет проводить эпидемиологический и экономический анализ; выявлять региональные диспропорции в доступности помощи; оценивать результативность программ ранней диагностики.

Развитие цифровых инструментов в онкологической службе России сопровождается активным внедрением интегрированных информационных систем и межведомственного обмена данными. Примером успешной цифровой интеграции является опыт Нижегородской области, где реализовано взаимодействие между популяционным раковым регистром и территориальным фондом обязательного медицинского страхования. С 2021 года в регионе функционирует сетевая информационно-аналитическая система «Канцер-регистр 6S2», обеспечивающая автоматизированный обмен данными между онкодиспансером, лечебными учреждениями и ТФОМС через защищенный канал связи ViPNet (Шадрова и др., 2022).

Реализация проекта позволила впервые проводить регулярную сверку баз данных регистра и ТФОМС в полуавтоматическом режиме, что обеспечило повышение достоверности и актуальности сведений о пациентах, состоящих на диспансерном наблюдении. В результате актуализации в 2021–2022 годах с учета было снято более 9 тыс. пациентов, умерших ранее от неонкологических причин, что позволило уточнить статистику и повысить точность показателей федерального проекта «Борьба с онкологическими заболеваниями».

Благодаря цифровой интеграции стало возможным ежемесячное формирование списков пациентов, не прошедших диспансерное наблюдение, и оперативная передача этих данных в

медицинские организации. Такая система контроля обеспечила достижение целевого показателя доли больных, прошедших обследование и/или лечение в текущем году, который в Нижегородской области составил 67,8 % при запланированном уровне 66 %.

Опыт Нижегородской области продемонстрировал значимость цифровой синхронизации данных между медицинскими и страховыми структурами как инструмента управления качеством и полнотой онкологического наблюдения. Создание аналогичных интеграционных модулей в других субъектах РФ является перспективным направлением оптимизации цифрового контура онкологической помощи и ключевым условием достоверного функционирования популяционных раковых регистров (Gheorghe et al., 2020).

Для пациентов с РПЖ создание и поддержка регистров дает возможность прослеживать маршрут от первичного обращения до реабилитации, включая сведения о стадировании, проведенной терапии, инвалидизации и качестве жизни. В перспективе такие регистры будут интегрированы с базами данных ФОМС, Росздравнадзора, Пенсионного фонда и МСЭ, что позволит проводить сквозной анализ медицинских и социальных исходов, включая длительность ремиссии и социальную адаптацию.

В рамках цифровой оптимизации также рекомендуется дифференциация бригад скорой медицинской помощи на профильные и общие, с переподчинением профильных специализированным онкологическим учреждениям. Это обеспечивает быструю передачу данных, консилиум в режиме онлайн и оперативную маршрутизацию пациентов. Создание единой диспетчерской службы СМП на базе МЧС с цифровой системой коммуникаций («связь многие ко многим») позволяет улучшить координацию между уровнями помощи. Все медицинские работники, включая первичное звено, должны иметь равный доступ к электронным медицинским картам пациентов, что обеспечивает преемственность лечения и единую информационную базу для анализа и принятия решений (Zhang et al., 2018).

Искусственный интеллект и Big Data в диагностике и прогнозировании

Одним из наиболее перспективных направлений цифровизации является использование искусственного интеллекта (ИИ)

для анализа диагностических изображений, гистологических срезов и клинических данных.

В частности, современные достижения в области МР-томографии значительно расширили диагностические возможности при раке поджелудочной железы. В исследовании Guan с соавт. (2025) впервые продемонстрировано применение алгоритма глубокого обучения для реконструкции трехмерных гадолиний-усиленных изображений поджелудочной железы с высоким пространственным разрешением на 3,0-Т МР-томографах. Использование 3D-DLR (deep-learning reconstruction) позволило повысить соотношение сигнал/шум (SNR) и контраст/шум (CNR) по сравнению со стандартной реконструкцией (SNR — на 40–60 %, CNR — на 13 %, $p < 0,01$), а также улучшить визуализацию мелких очагов. Средняя субъективная оценка качества изображения выросла с 2,68 до 3,34 балла по шкале Лайкерта, а показатель четкости очагов — с 1,85 до 2,30 ($p < 0,01$).

Применение нейросетевой реконструкции не требует увеличения времени сканирования и существенно снижает уровень артефактов, особенно при визуализации артериальной фазы, что имеет значение для раннего выявления протоковой аденокарциномы. Данная технология открывает перспективы интеграции методов искусственного интеллекта в стандартные протоколы МР-визуализации поджелудочной железы, повышая точность диагностики и интерпретируемость изображений без увеличения лучевой нагрузки (Brychta et al., 2016).

В 2023 году в России запущены пилотные проекты по применению ИИ в анализе патоморфологических изображений при раке ПЖ, что позволило сократить время морфологической верификации с 10 до 3 дней и повысить точность заключений на 8–10 % (Шаньгина и др., 2022).

Использование Big Data также обеспечивает создание предиктивных моделей, которые анализируют факторы риска (возраст, диабет, ожирение, мутации BRCA2, TP53, TNF-α) и формируют индивидуальный риск-профиль пациента. Такой подход позволяет перейти к персонифицированной профилактике и наблюдению. Цифровая интеграция является стратегическим направлением оптимизации онкологической помощи при РПЖ. Создание единого цифрового контура, включающего электронные регистры, телемедицину, ИИ-диагностику и межведомственные платформы, позволит обеспечить непрерывность

маршрута пациента, повысить эффективность лечения и снизить социально-экономические потери (Zhang et al., 2018).

В ближайшей перспективе цифровая онкология станет ключевым инструментом в реализации концепции персонализированной и предиктивной медицины, где данные и технологии формируют основу управляемой системы здравоохранения.

ГЛАВА 2. ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ДИАГНОСТИКЕ, ЛЕЧЕНИИ И МОНИТОРИНГЕ ПАЦИЕНТОВ С РПЖ

Рост заболеваемости раком поджелудочной железы, высокая смертность и преобладание поздних стадий на момент диагностики подчеркивают необходимость внедрения технологий, способных повысить точность выявления и эффективность лечения. Ключевые проблемы онкологической помощи при РПЖ — низкая чувствительность традиционных диагностических методов, ограниченная резектабельность опухолей, высокая частота осложнений и дефицит ресурсов носят системный характер.

Современные технологии, включая методы визуализации, морфологической верификации, хирургического лечения и мониторинга, а также цифровые инструменты направлены на повышение эффективности диагностики и лечения. Особое внимание уделяется возможностям искусственного интеллекта, автоматизированного анализа данных, цифровых платформ маршрутизации и мониторинга, которые влияют на диагностику и ведение пациентов с РПЖ и позволяют компенсировать часть ранее выявленных дефицитов.

2.1. Современные методы диагностики и их цифровая оптимизация

2.1.1. Проблемы раннего выявления и роль инноваций

Ранняя диагностика рака поджелудочной железы остается ограниченной вследствие анатомических особенностей органа, отсутствия специфичной клинической симптоматики и низкой информативности базовых методов визуализации на ранних стадиях заболевания. По данным обзоров современных методов визуализации, трудности определения начальных очагов обусловлены глубокой ретроперитонеальной локализацией поджелудочной железы и сложным анатомическим окружением, что снижает эффективность первичных инструментальных исследований и требует применения более технологичных подходов (Bray F. et al., 2024; Huang J. et al., 2021).

Ультразвуковое исследование, несмотря на широкую доступность и отсутствие лучевой нагрузки, отличается значительной

вариабельностью диагностической точности, что связано как с зависимостью качества визуализации от оборудования и конституциональных факторов, так и с навыками оператора. Стандартное трансабдоминальное УЗИ часто оказывается недостаточным для дифференциации воспалительных и неопластических изменений, а также для оценки небольших структурных нарушений, что ограничивает его применение на ранних этапах заболевания (Yang J. et al., 2021).

Мультиспиральная компьютерная томография и магнитно-резонансная томография, являясь основой стадирования опухолевого процесса, обеспечивают высокую детализацию структуры поджелудочной железы, однако и они демонстрируют недостаточную чувствительность при опухолях менее 2 см. В то же время, даже современные режимы МДКТ и МРТ часто выявляют образование уже на этапах локального распространения, тогда как для малых очагов требуются более чувствительные методы, в частности эндоскопическая визуализация.

Эндоскопическое ультразвуковое исследование (EUS) остается наиболее чувствительным инструментом для обнаружения опухолей малых размеров. Точность метода колеблется от 82% до 93,7% при использовании контрастных усилителей и эластографии. Особенно это важно для очагов менее 20 мм (Simons-Linares C.R., 2020).

Отдельной проблемой остается дифференциация кистозных и солидных образований поджелудочной железы. Сходство визуальных признаков доброкачественных и злокачественных форм существенно затрудняет интерпретацию результатов. Даже расширенный набор визуализирующих технологий не исключает диагностической неопределенности, что делает необходимым использование комплексной тактики, включающей морфологическую верификацию и оценку динамических характеристик тканей, таких как их механические свойства при эластографии.

Можно утверждать, что ключевые ограничения раннего выявления связаны не только с биологией опухоли и особенностями анатомии, но и с функциональными пределами традиционных диагностических инструментов. Инновационные методики — контраст-усиленные методики, эластография, количественные параметры тканевой жесткости, комбинированные протоколы EUS-FNA, а в перспективе и методы автоматизированного анализа изображений — позволяют преодолеть часть этих огра-

ничений и формируют основу для повышения эффективности ранней диагностики рака поджелудочной железы.

2.1.2. Ультразвуковые методы

Трансабдоминальное ультразвуковое исследование остается наиболее доступным первичным инструментом визуализации поджелудочной железы, однако его диагностическая ценность при подозрении на опухолевый процесс ограничена. Прямое выявление панкреатических новообразований с использованием стандартного УЗИ затруднено из-за ретроперитонеального расположения органа, влияния кишечных газовых структур и вариабельности акустического окна, что приводит к существенным колебаниям чувствительности — от 50 до 90% в зависимости от стадии процесса и опыта оператора. УЗИ остается полезным для первичной фиксации патологического образования, однако не обеспечивает достаточной специфичности для дифференциации воспалительных изменений, кистозных структур и солидных опухолей.

Использование допплеровских режимов повышает информативность ультразвукового исследования за счет оценки сосудистого рисунка. Увеличение васкуляризации в стенках или перегородках кистозных образований может указывать на неопластическую природу, однако сосудистые паттерны нередко пересекаются при воспалительных и опухолевых изменениях, что делает метод вспомогательным, но не определяющим в диагностике (Șolea S.F. et al., 2024).

Контраст-усиленное ультразвуковое исследование (CEUS) расширяет возможности традиционного УЗИ, обеспечивая оценку перфузионных характеристик в реальном времени. CEUS сопоставимо с контрастной КТ и МРТ при характеристике солидных образований, позволяет уточнять границы очага, определять наличие и структуру васкуляризации, а также повышает точность дифференциации псевдокист от кистозных неоплазий. CEUS особенно полезно при оценке протоковой аденокарциномы и нейроэндокринных опухолях, демонстрирующих различные паттерны контрастного накопления, а его безопасность и отсутствие лучевой нагрузки позволяют выполнять повторные исследования.

При этом, CEUS имеет важное преимущество перед КТ и МРТ — возможность непрерывной регистрации изменения контрастирования, тогда как традиционные методы фиксируют изображение лишь в отдельных фазах. Это повышает чувствительность CEUS к выявлению мелких гиповаскулярных участков. Несмотря на это, CEUS остается зависимым от квалификации исследователя и доступности оборудования, а также не всегда позволяет провести полноценную оценку распространенности опухоли ввиду ограниченности сектора сканирования.

Таким образом, УЗИ и CEUS играют роль начального и уточняющего этапов визуализации, обеспечивая функциональную информацию о перфузии и структуре образования, но требуют последующей корреляции с данными КТ, МРТ или эндоскопических методик для окончательной диагностики и стадирования заболевания. Современные работы подтверждают, что наибольшая диагностическая ценность достигается при включении CEUS в комплексный алгоритм обследования, особенно в случаях небольших очагов и сложных для интерпретации кистозных структур.

2.1.3. Эндоскопическое ультразвуковое исследование (EUS)

Эндоскопическое ультразвуковое исследование заняло ключевое место в диагностике заболеваний поджелудочной железы за счет высокой пространственной разрешающей способности и возможности получения изображений в непосредственной близости от паренхимы органа. В отличие от трансабдоминального УЗИ, EUS не зависит от акустических окон брюшной стенки и позволяет обнаруживать патологические изменения минимального размера. Благодаря этому, метод считается одним из наиболее чувствительных инструментов для выявления опухолей диаметром 2–3 см и меньше, что принципиально для ранней диагностики.

В последних протоколах EUS используется как уточняющий метод при неоднозначных данных КТ и МРТ, а также при подозрении на опухоли малых размеров, не визуализируемых традиционными методами. Высокая чувствительность EUS обеспечивается возможностью линейного сканирования через стенку желудка и двенадцатиперстной кишки с получением де-

тальной визуализации протоковой системы, сосудистых структур и перифокальных изменений.

Ключевым преимуществом EUS является интеграция визуализации с возможностью выполнения пункционной биопсии. Тонкоигольная аспирация (FNA/FNB), проводимая под прямым ультразвуковым контролем, позволяет получать материал для цитологической и гистологической верификации. Эта комбинация значительно повышает диагностическую точность при солидных образованиях и кистозных структурах, включая муцинозные кисты.

EUS сохраняет высокую диагностическую ценность и в ситуациях, когда хронические воспалительные изменения затрудняют интерпретацию данных других методов. В условиях хронического панкреатита визуальные признаки опухоли могут нивелироваться за счет фиброзных изменений, и в этих случаях EUS остается методом выбора для дифференциации рубцовых изменений и неоплазии. Дополнительным инструментом служит эластография, оценивающая механические свойства ткани и позволяющая отличать жесткие опухолевые структуры от участков воспаления.

Метод обеспечивает также выявление причин острого и рецидивирующего панкреатита, включая микролитиаз, варианты анатомии протоков, мелкие опухоли и признаки аутоиммунного поражения. Высокая чувствительность к обнаружению конкрементов в общем желчном протоке позволяет применять EUS в качестве инструмента первичной стратификации перед инвазивными вмешательствами. При обнаружении конкремента возможно одномоментное проведение терапевтического вмешательства через эндоскоп, что сокращает количество процедур и снижает риск осложнений.

EUS играет важную роль в оценке кистозных образований поджелудочной железы. Визуализация внутренней структуры кисты, определение толщины стенок, наличия перегородок, солидных элементов и связи с протоковой системой дополняются забором кисточной жидкости для биохимического и цитологического анализа. Эта совокупность данных обеспечивает точное разграничение между серозными, муцинозными и предраковыми образованиями.

Диагностические возможности EUS распространяются и на другие патологические процессы — жидкостные скопления при

постнекротических изменениях, парапанкреатические образования, поражение регионарных лимфатических узлов.

Несмотря на широту возможностей, EUS требует высокой операторской квалификации и обладает ограничениями при выраженных стриктурах желудка или двенадцатиперстной кишки. Проходимость инструмента и углы визуализации могут ограничивать полноценное обследование, однако при адекватной подготовке и техническом оснащении эти ограничения преодолимы.

В целом, EUS является обязательным элементом современного диагностического алгоритма при подозрении на рак поджелудочной железы, обеспечивая наиболее точную морфологическую оценку структуры органа и позволяя проводить малоинвазивные вмешательства в рамках одного исследования.

2.1.4. Эластография

В рамках эндоскопического ультразвукового исследования применяют два основных варианта эластографии. Метод strain-эластографии (strain elastography) оценивает относительную деформацию ткани в ответ на легкую компрессию датчиком или пульсацию сосудов; результат отображается в виде цветовой карты и может быть количественно охарактеризован по отношению деформаций (strain ratio) и гистограмме распределения деформации (strain histogram) в заданных областях интереса (region of interest, ROI). Сдвиговолновая эластография (shear wave elastography, SWE) основана на регистрации скорости распространения сдвиговых волн (Vs, нормализованный показатель VsN) в ROI, что позволяет получать абсолютные значения жесткости ткани в килопаскалях и сопоставлять их между различными участками поджелудочной железы и между пациентами (Iglesias-Garcia J. et al, 2023).

Сдвиговолновая эластография признается более воспроизводимым инструментом по сравнению со strain-технологиями. В отличие от качественных цветовых карт, SWE формирует количественные показатели жесткости, что уменьшает влияние субъективных факторов и позволяет сравнивать результаты между различными зонами органа и между пациентами (Abboud Y., 2024).

SWE демонстрирует малую зависимость от положения ROI и степени давления датчика, что говорит о воспроизводимости исследования. Изменение ориентации зоны оценки или различия в технике оператора не приводят к существенным колебаниям результатов.

Клиническая значимость SWE проявляется при хроническом панкреатите. Показатели скорости распространения сдвиговой волны возрастают по мере выраженности фиброзных изменений, а корреляция с морфологическими признаками заболевания фиксируется на основании независимых наблюдений. В ряде работ точность SWE превосходила strain-эластографию, а зависимость количественных данных от тяжести структурных изменений позволила рассматривать SWE как инструмент объективной стратификации хронического панкреатита.

Несмотря на очевидные преимущества, метод сохраняет технологические ограничения, связанные с дыхательными артефактами, глубиной расположения ROI и неоднородностью тканей при выраженном фиброзе. Тем не менее воспроизводимость SWE и подтвержденная безопасность позволяют включать метод в комплексный диагностический алгоритм, особенно в ситуациях, когда морфологическая визуализация ограничена или требует дополнительной функциональной характеристики.

2.1.5. Мультиспиральная компьютерная томография и магнитно-резонансная томография

Мультиспиральная компьютерная томография остается базовым методом визуализации поджелудочной железы и первым этапом инструментальной диагностики при подозрении на опухоль. Контраст-усиленные дуально-фазные протоколы позволяют выявлять типичный для аденокарциномы гиповаскулярный очаг, визуализируемый как участок пониженной плотности относительно неизмененной паренхимы. Диагностическая точность МСКТ достигает примерно 83%, что отражает ее достаточную чувствительность к опухолям более 2 см, но ограниченные возможности при небольших образованиях. Особая проблема связана с дифференциацией опухоли от воспалительных изменений у пациентов с хроническим панкреатитом, когда контуры опухолевого очага не всегда очевидны. Тем не менее МСКТ остается основным инструментом для выявления мета-

стазов в печени и брюшине, а также для оценки вовлеченности сосудистых структур, играющих ключевую роль при определении резектабельности опухоли (Costache M.I., 2017).

Магнитно-резонансная томография обеспечивает более высокую тканевую контрастность и позволяет выявлять опухоли, не визуализируемые на МСКТ, особенно при локализации в теле и хвосте поджелудочной железы. Для аденокарциномы характерны гипоинтенсивность на Т1-взвешенных и изо- или гиперинтенсивность на Т2-взвешенных изображениях, а также ослабленное контрастирование в ранние фазы с постепенным накоплением контрастного препарата. МРТ демонстрирует более высокую совокупную точность — около 89%, преимущественно за счет лучшего выявления небольших очагов и возможности проведения МР-холангиопанкреатографии. Это имеет значение для оценки протоковых изменений, включая дилатацию вирсунгового и общего желчного протока, что помогает обнаружить опухоли малых размеров и оценить степень обструкции.

Различия в эффективности методов наиболее заметны при анализе опухолей малых размеров — МСКТ обеспечивает точность порядка 69% при образованиях менее 20 мм, тогда как МРТ значительно превосходит этот показатель. В то же время в оценке локорегионального распространения оба метода демонстрируют сопоставимые результаты, особенно при определении инвазии сосудов, распространенности опухолевого процесса в окружающие структуры и выявлении регионарных лимфоузлов. Преимущество МСКТ заключается в лучшей визуализации легочных метастазов, недоступной как МРТ, так и эндоскопическим методам, что подчеркивается наличием клинических случаев, где такие поражения выявлялись только на КТ.

МСКТ и МРТ остаются взаимодополняющими методами диагностики. МСКТ определяет общую картину заболевания, выявляет отдаленные метастазы и быстро обеспечивает ориентировочную оценку резектабельности. МРТ уточняет структуру очага, выявляет неочевидные образования и дополняет информацию о протоковой системе. Оптимальный диагностический алгоритм предполагает использование обоих методов в едином протоколе обследования, особенно в ситуациях, когда требуется точная локализация опухоли, оценка ее распространенности и определение операбельности.

2.1.6. ПЭТ-КТ в диагностике рака поджелудочной железы

ПЭТ-КТ занимает особое место среди методов визуализации благодаря способности выявлять опухоли по изменениям метаболической активности. В отличие от структурных методов, регистрирующих морфологические изменения, ПЭТ-КТ фиксирует интенсивность глюкозного метаболизма, что позволяет обнаруживать даже небольшие или рентгенонегативные очаги, если они обладают выраженной метаболической активностью (Hüser N. et al., 2023).

Диагностическая чувствительность ПЭТ-КТ с ^{18}F-ФДГ для выявления рака поджелудочной железы в большинстве исследований достигает 90–95%, однако специфичность варьирует более широко — от 70 до 100%. Это объясняется тем, что ряд воспалительных процессов, включая хронический и аутоиммунный панкреатит, также сопровождается повышенным накоплением ^{18}F-ФДГ (Pu Y. et al., 2021).

В отношении опухолей малых размеров возможности ПЭТ-КТ ограничены: чувствительность заметно снижается при очагах менее 1 см, что связано с эффектом небольшого объема. В этой группе ПЭТ-КТ существенно уступает эндоскопическому УЗИ. Вместе с тем ПЭТ-КТ превосходит КТ и МРТ в способности выявлять отдаленные метастазы, включая метастатические поражения печени, костей и легких. Это подтверждается данными исследований, где выполнение ПЭТ-КТ приводило к изменению стадии заболевания у значительной части пациентов и позволяло избежать необоснованных хирургических вмешательств (Hüser N. et al., 2023).

Ограничения пространственного разрешения частично компенсируются применением реконструкции с учетом времени пролета γ-квантов (time-of-flight, TOF) в сочетании с алгоритмами, учитывающими функцию рассеяния точки (point spread function, PSF; реализация TrueX), либо байесовским алгоритмом правдоподобия с дополнительной функцией (penalized likelihood, программная реализация Q.Clear). В проспективном исследовании у пациентов с подозрением на рак поджелудочной железы использование TOF в комбинации с TrueX/Q.Clear улучшало интегральную оценку качества изображений (медиана 1,8 против 2,2 при стандартной реконструкции) и демаркацию панкреатического очага (2,2 против 2,6 по шестибалльной шкале), одновременно повышая максимальный стандартизованный

коэффициент накопления (standardized uptake value, SUVmax) и уменьшая расчетный объем очага, что отражает снижение эффекта «размытия» сигнала при визуализации небольших панкреатических и метастатических поражений (Stanzel S. et al., 2025).

Дополнительное значение ПЭТ-КТ приобретает при оценке распространенности процесса, особенно при подозрении на внепанкреатическую диссеминацию. Метод обладает высокой точностью в выявлении отдаленных метастазов и может корректировать тактику лечения, изменяя стадирование и исключая пациентов из группы оперативного вмешательства. Отмечено, что включение ПЭТ-КТ в стандартный предоперационный алгоритм уменьшает долю эксплоративных лапаротомий за счет раннего выявления скрытой диссеминации.

ПЭТ-КТ применяется и для оценки эффективности лечения. Динамическое снижение показателей метаболической активности опухоли после неоадъювантной терапии коррелирует с вероятностью выполнения R0-резекции и улучшением прогноза. Параметры метаболической нагрузки, такие как метаболический объем опухоли и общая гликолитическая активность, продемонстрировали прогностическую ценность в отношении общей и безрецидивной выживаемости.

Еще одной областью применения ПЭТ-КТ является диагностика рецидива после хирургического лечения. Постоперационные фиброзные изменения затрудняют интерпретацию данных КТ и МРТ, тогда как ПЭТ-КТ более уверенно дифференцирует рубцовые изменения от метаболически активного рецидива. Методы демонстрируют чувствительность и специфичность порядка 90% в выявлении рецидива, а ПЭТ-КТ превосходит КТ в определении отдаленных повторных метастазов (Pu Y. et al., 2021).

Несмотря на высокую информативность, ПЭТ-КТ имеет важные ограничения. Наиболее значимые — ложные данные метаболических признаков при опухолях и воспалении, низкая чувствительность при небольших очагах и возможные ложноположительные результаты при панкреатите.

В целом ПЭТ-КТ занимает важное место в диагностике и стадировании рака поджелудочной железы, дополняя структурные методы визуализации и обеспечивая уникальные данные о метаболическом состоянии опухоли. Его применение повышает

точность стадирования, позволяет выявлять скрытые метастазы, оценивать ответ на терапию и выявлять рецидивы заболевания. Оптимальная диагностическая стратегия предполагает использование ПЭТ-КТ в составе комплексного алгоритма обследования, особенно в случаях с сомнительными данными традиционной визуализации или при необходимости уточнить распространенность опухолевого процесса.

2.1.7. Биомаркеры

По мере накопления клинических данных становится очевидно, что проблема ранней диагностики рака поджелудочной железы упирается не только в качество визуализации, но и в отсутствие надежного биологического индикатора опухолевого процесса. Ни один из доступных маркеров не обладает достаточной чувствительностью и специфичностью, чтобы претендовать на роль самостоятельного диагностического инструмента. Тем не менее, именно биомаркеры формируют сегодня наиболее быстро развивающееся направление поиска ранних признаков карциномы. Их эволюция хорошо отражает общий сдвиг в онкологии — от единичных сывороточных показателей к сложным мультипанельным системам, построенным на анализе молекулярных следов опухоли в различных средах организма

Традиционно первым рубежом оставался CA19-9, однако он демонстрирует умеренную чувствительность и уязвим к влиянию воспаления, желчной обструкции и фенотипа Lewis. Даже в лучших условиях его диагностические возможности оказываются недостаточными. Поэтому на протяжении последних лет исследования сместились к поиску более тонких маркеров опухолевой биологии — гликопротеинов, факторов ремоделирования матрикса, цитокинов, белков регенерации, а также к принципиально новому классу — циркулирующим нуклеиновым кислотам (O'Neill R.S., et al. 2021).

Особое внимание привлекают микроРНК, стабильно присутствующие в сыворотке, моче, слюне и панкреатическом секрете. Их профили меняются уже на ранних этапах опухолевой трансформации, а комбинация нескольких микроРНК позволяет значительно повысить точность различения рака и хронического панкреатита. В экспериментах панели микроРНК демонстрируют чувствительность и специфичность, сопоставимые или пре-

восходящие CA19-9, особенно при ранних стадиях болезни, что делает их наиболее перспективным направлением для будущего скрининга. Подобная же тенденция наблюдается для длинных некодирующих РНК, в частности ассоциированных с внеклеточными везикулами — определенные сигнатуры позволяют уверенно интерпретировать изменения даже при минимальном объеме опухоли

Параллельно развивается концепция «жидкой биопсии», объединяющая анализ циркулирующей опухолевой ДНК, опухолевых клеток и экзосом. Согласно приведенным данным, именно экзосомы демонстрируют наиболее высокую диагностическую эффективность среди всех жидко-биопсийных форматов. Особенность экзосом заключается в том, что они передают не отдельные молекулы, а целые функциональные комплексы, отражающие метаболическое состояние опухолевой ткани. Это повышает их стабильность и диагностическую значимость. Циркулирующая опухолевая ДНК, напротив, чувствительна к общей массе опухоли и чаще ограничена в выявлении ранних форм, хотя мутации KRAS и GNAS продолжают рассматриваться как важные компоненты панелей раннего выявления (Романова Т.И. 2017).

Несмотря на обилие вариантов — более трех сотен молекул, исследованных в различных биосредах, практическую ценность на сегодняшний день имеют лишь комбинации нескольких маркеров. Почти все успешные работы подчеркивают — одиночные биологические показатели слишком вариабельны и неспецифичны, тогда как объединенные панели позволяют улавливать минимальные отклонения, типичные для ранних стадий аденокарциномы. Такая тактика особенно важна в контексте низкой распространенности заболевания в общей популяции и высокой доли бессимптомных форм.

В итоге формируется представление, что внедрение биомаркеров в алгоритм ранней диагностики возможно лишь в мультипараметрическом формате — с привлечением сывороточных белков, микроРНК, продуктов секреции поджелудочной железы и жидкой биопсии. Эти методы пока не заменяют визуализацию, но способны существенно повысить чувствительность комбинированных диагностических стратегий и дать основу будущим скрининговым программам для групп риска (Kawai M. et al., 2024).

В последние годы уже появились биомаркеры, прошедшие проверку в преддиагностических образцах и демонстрирующие способность выявлять рак поджелудочной железы за месяцы и даже годы до появления клинических симптомов. Наиболее изученными являются протеиновые панели. Показано, что уровни IL-1Ra и адипонектина позволяют дифференцировать панкреатогенный диабет от диабета 2-го типа, достигая AUC 0,90–0,91. При этом повышение IL-1Ra фиксируется уже за 12 месяцев до постановки диагноза, что делает этот показатель потенциальным маркером субклинического течения опухоли. Другой подход — уринарный индекс PancRISK, включающий LYVE1, REG1B, TFF1, возраст пациента и концентрацию креатинина в моче — достигает AUC 0,892 в течение года до диагностически подтвержденного PDAC, причем его диагностическая точность возрастает при добавлении CA19-9 (Oldfield L. et al., 2022; Debernardi S. et al., 2020).

Развитие методов машинного обучения позволило сформировать более комплексные панели. В частности, ансамблевые модели с использованием 20 клинических и биомолекулярных признаков демонстрируют AUC до 0,91 за год до выявления заболевания. Метаболические маркеры также подтверждают способность отражать ранние изменения, ассоциированные с опухолью: повышение уровней разветвленных аминокислот (BCAA) фиксируется за 2–5 лет до клинической манифестации. Наряду с этим значительный потенциал для ранней диагностики демонстрируют эпигенетические сигнатуры cfDNA. Классификаторы, основанные на профиле 5-гидроксиметилцитозина циркулирующей ДНК, достигают чувствительности 68 % для стадий I–II при специфичности 96,9 % (Murray K. et al., 2025).

Анализ микроРНК, внеклеточных везикул и тромбоцитов, модифицированных опухолью формирует основу для мультиплатформенных панелей, объединяющих данные разных биологических уровней. Эффективная ранняя диагностика аденокарциномы поджелудочной железы PDAC требует интеграции многокомпонентных биомаркерных профилей и алгоритмов искусственного интеллекта для повышения чувствительности и стабильности моделей (Murray K. et al., 2025).

Несмотря на доминирование сывороточных маркеров в клинической диагностике, развитие цифровых аналитических технологий актуализировало использование полностью неинва-

зивных биоматериалов. В частности, в моче, в которой, вследствие ультрафильтрации плазмы, накапливаются молекулярные показатели опухолевого процесса, можно получить биологически насыщенные данные без инвазии и с возможностью многократного серийного контроля.

Цифровые методы машинного обучения способны извлекать диагностически значимые паттерны из комбинаций уринальных биомаркеров, включая LYVE1, REG1A/1B и TFF1. Более того, применение интерпретируемых моделей (например, SHAP-анализ) позволяет количественно оценивать вклад каждого признака в итоговое решение и тем самым формировать воспроизводимую структуру параметров, релевантных для ранней диагностики опухолевых процессов (Almisned F.A. et al., 2025).

В совокупности это расширяет доступность скрининговых технологий и снижает зависимость результатов от ограничений традиционных методов визуализации.

2.1.8. Искусственный интеллект и машинное обучение в распознавании опухолей поджелудочной железы

Позднее выявление остается ключевой причиной неблагоприятного прогноза при раке поджелудочной железы — более 80–90 % пациентов диагностируются уже на распространенных стадиях. По данным многоцентровых наблюдений, при скрининговом выявлении медиана общей выживаемости достигает почти 10 лет, тогда как при обычном, несвоевременном выявлении — около 1,5 года. Такое расхождение демонстрирует критическую зависимость прогноза от момента постановки диагноза и подчеркивает, что существующие методы раннего обнаружения не обеспечивают достаточной чувствительности для популяций риска (Siegel R. L. et al., 2022). В этих условиях цифровые технологии и алгоритмы искусственного интеллекта рассматриваются как инструмент, способный компенсировать ограничения традиционных подходов и обеспечить переход к действительно раннему выявлению.

Цифровые методы, применяемые в диагностике рака поджелудочной железы, опираются на несколько принципиально различных классов алгоритмов, каждый из которых решает свои клинические задачи. Алгоритмы контролируемого обучения используются тогда, когда доступны размеченные данные —

например, при классификации КТ- и МРТ-изображений или дифференциации опухолевых и воспалительных изменений. Неконтролируемое обучение позволяет выявлять скрытые структуры в больших массивах изображений или транскриптомных профилей, что важно при поиске новых фенотипических или молекулярных подтипов опухоли. Полуконтролируемые методы уменьшают зависимость от объема размеченных данных, что ценно в условиях высокой стоимости экспертной аннотации медицинских изображений. Алгоритмы обучения с подкреплением применяются для оптимизации последовательных клинических решений, включая персонализацию терапевтических стратегий. Ансамблевые методы объединяют результаты нескольких моделей, что повышает устойчивость и точность диагностики при гетерогенности данных. Такое функциональное разделение определяет выбор алгоритмического инструмента под конкретную клиническую задачу (Huang B. et al., 2022).

Применение алгоритмов искусственного интеллекта в визуализации поджелудочной железы сформировало новое диагностическое направление, ориентированное не на замещение традиционных методов, а на извлечение информации, недоступной человеческому восприятию. Основной потенциал ИИ связан со способностью обнаруживать малые и минимально выраженные опухолевые изменения, повышать точность сегментации органа и очагов, а также выполнять классификацию поражений на основе больших массивов визуальных данных.

Одним из ключевых направлений стало распознавание опухолей на компьютерных томограммах. Глубокие нейронные сети обучаются на десятках тысяч изображений и способны фиксировать структурные признаки, не различимые визуально. Исследования, включающие преддиагностические КТ-изображения, показали, что алгоритмы могут выявлять признаки аденокарциномы за несколько месяцев и даже лет до постановки клинического диагноза. Это достигается благодаря анализу текстурных характеристик и радиомических признаков, отражающих ранние изменения структуры паренхимы еще до появления четко очерченного очага. В ряде моделей фиксировалась возможность обнаружения «скрытых» опухолей, не выявляемых рентгенологом при стандартном просмотре (Podină N., 2025).

Искусственный интеллект также продемонстрировал значительный прогресс в автоматизированной сегментации поджелу-

дочной железы и опухолей. Структура органа, вариабельная по форме и плохо отделимая от окружающих тканей, долгое время считалась трудной для алгоритмизации. Тем не менее современные архитектуры на базе U-Net и каскадных сетей обеспечивают высокие значения коэффициента совпадения контуров, что делает сегментацию пригодной для клинических задач — от планирования хирургического вмешательства до оценки динамики лечения. Современные модели способны формировать контуры опухоли, сопоставимые по точности с экспертной разметкой, но значительно быстрее и стабильнее в условиях вариабельности изображений (Moglia A. et al., 2025).

Вместе с тем автоматизированная сегментация поджелудочной железы на КТ остается одной из наиболее сложных задач медицинского компьютерного зрения. Орган занимает небольшой объем на фоне брюшной полости, имеет выраженную вариабельность формы и положения, а его плотность во многих случаях мало отличается от окружающих мягкотканных структур. При опухолевом поражении или сопутствующем панкреатите границы железы и очага дополнительно размываются, что усиливает проблему дисбаланса классов при обучении моделей и делает даже небольшие ошибки сегментации клинически значимыми, особенно в контексте предоперационного планирования и лучевой терапии. Для преодоления этих ограничений используется широкий спектр методов — от полуавтоматических методов с участием эксперта до полностью автоматических глубоких архитектур, работающих с 2D-, 2,5D- и 3D-изображениями. Вводятся каскадные схемы «обнаружение органа — уточняющая сегментация», а также различные варианты контролируемого, полу- и самоконтролируемого обучения. При этом фокус постепенно смещается от изолированной сегментации паренхимы к одновременной разметке опухоли, кистозных и воспалительных изменений, что лучше отражает реальные клинические сценарии и требования хирургов и радиологов (Moglia A., 2025).

Ключевым условием клинического применения подобных решений является не столько достижение максимальных значений метрик на экспериментальных датасетах, сколько воспроизводимость результатов и возможность интеграции алгоритмов в стандартный рабочий процесс. Для этого необходимы крупные мультицентровые наборы данных с унифицированными протоколами сканирования и качественной аннотацией, внешняя

валидация на независимых выборках, а также использование метрик, чувствительных к ошибкам по границе органа и опухоли, поскольку избыточная сегментация в практическом применении может приводить к неоправданному увеличению объема резекции здоровых тканей.

Применение ИИ в МРТ также оказалось перспективным, прежде всего благодаря высокой контрастности метода. Радиомические модели извлекают несколько сотен параметров, отражающих гетерогенность ткани, распределение сигнала и особенности диффузии. Эти признаки позволяют моделям проводить дифференциальную диагностику между аденокарциномой, нейроэндокринными опухолями и рядом доброкачественных поражений. Дополнительным преимуществом является возможность прогнозирования биологического поведения опухоли — агрессивности, вероятности лимфогенного метастазирования и риска рецидива. Для некоторых моделей демонстрируется способность оценивать выживаемость и вероятность выполнения R0-резекции еще до начала лечения.

Значимым направлением является применение ИИ при эндоскопическом ультразвуковом исследовании. Высокая информативность EUS ограничена выраженной операторской зависимостью и сложностью интерпретации изображений при хроническом панкреатите. Алгоритмы глубокого обучения устраняют часть этих ограничений, автоматически классифицируя патологические структуры, выделяя контуры образования и предлагая вероятностную оценку злокачественности. Некоторые модели улучшают качество сегментации сосудистых структур и более точно выделяют границы опухоли, что особенно важно для определения резектабельности. Кроме того, ИИ-технологии используются для направления зоны пункции при EUS-FNA, повышая вероятность получения репрезентативного материала и снижая число неудачных биопсий (Podină N. et al., 2025).

Отдельного внимания заслуживают методы, основанные на радиомике и мультипараметрическом анализе данных. Алгоритмы, обученные на совокупности признаков из КТ, МРТ и EUS, демонстрируют возможность одновременной классификации опухоли, оценки ее микросреды и прогнозирования ответа на лечение. В некоторых моделях достигаются высокие значения точности в определении стадии, вероятности метастазирования и различиях между морфологическими типами опухоли. Такой

подход формирует основу персонализированной диагностики, когда решение опирается не на отдельный визуальный признак, а на комплексное описание опухоли.

Дополнительный вклад этих моделей заключается в том, что они фиксируют не изолированные показатели, а их динамические траектории, что недоступно большинству традиционных алгоритмов. Так, изменение концентрации гликированного гемоглобина (HbA1c), холестатических ферментов или липидного профиля рассматривается не как разовое отклонение, а как последовательность сдвигов, формирующая индивидуальный «метаболический контур» пациента с впервые выявленным сахарным диабетом (new-onset diabetes, NOD). Подобная реконструкция временных паттернов позволяет алгоритмам отделять метаболические сдвиги, характерные для сахарного диабета 2-го типа (T2DM), от тех, что формируются под влиянием раннего опухолевого процесса (Mejza M. et al., 2025).

Примечательно, что валидация моделей на различных популяционных когортах показывает устойчивое сохранение диагностической информативности даже при использовании минимального набора параметров. В ряде случаев достаточно данных о возрасте, темпе гликемических изменений и маркерах печеночного метаболизма для того, чтобы алгоритм корректно выделял подгруппу пациентов с многократно возросшей вероятностью аденокарциномы ПЖЖ. Это говорит о том, что значимыми оказываются не столько абсолютные значения лабораторных показателей, сколько их взаимное расположение и направление изменений, на что ИИ реагирует существенно чувствительнее, чем классические статистические модели.

Важным последствием подобной стратегии становится возможность раннего выявления «нетипичных» фенотипов NOD, которые клинически не вызывают подозрений, но несут характерный цифровой след, связанный с панкреатогенным происхождением нарушений углеводного обмена. Именно эта способность обрабатывать разнотипные данные — биохимические, клинические и временные — позволяет ИИ формировать более узкие и точные группы наблюдения, что критично для повышения рентабельности скрининга.

Одним из ключевых препятствий для применения методов искусственного интеллекта в диагностике рака поджелудочной железы остается низкое качество и неоднородность исходных

данных. В опубликованных исследованиях отмечается, что значительная часть доступных КТ- и МРТ-изображений содержит технические артефакты, различия в протоколах сканирования и вариативность параметров реконструкции, что делает наборы данных несопоставимыми между собой и снижает устойчивость обученных моделей. Дополнительным источником систематических ошибок является смещение выборок — пациенты разных возрастных, этнических и клинических групп представлены неравномерно, вследствие чего алгоритмы демонстрируют высокую точность на исходной выборке, но теряют воспроизводимость при переносе на новые популяции. Эти ограничения подчеркивают, что эффективность ИИ-систем напрямую зависит от стандартизации процедур получения изображений, качества аннотации и репрезентативности данных, без чего невозможно обеспечить реальную клиническую применимость таких моделей (Huang B. et al., 2022).

Кроме того, использование ИИ в диагностике сдерживается и другими факторами. Основные проблемы связаны с необходимостью больших стандартизированных наборов данных, вариабельностью методов визуализации между центрами и недостатком внешней валидации. Тем не менее уже сейчас ИИ-технологии позволяют повысить согласованность интерпретации изображений, улучшить раннее выявление опухолей и создать новые инструменты для объективной оценки прогноза.

Нужно отметить, что искусственный интеллект постепенно становится не вспомогательным, а системообразующим компонентом современной визуализации поджелудочной железы. Его применение усиливает возможности традиционных методов, расширяет границы раннего выявления и формирует основу для интегрированной диагностики, ориентированной на выявление тонких структурных и функциональных изменений опухоли.

2.1.9. Разработка предиктивных моделей на основе Big Data

Использование больших массивов продольных медицинских данных привело к появлению моделей, способных прогнозировать риск рака поджелудочной железы задолго до появления клинических признаков. В отличие от классических подходов, основанных на отдельных факторах риска или лабораторных показателях, современные модели анализируют последова-

тельности состояний здоровья, отраженные в электронных медицинских записях, и выявляют закономерности, остающиеся неочевидными при традиционной клинической оценке (Zheng C. et al., 2025).

Одним из ключевых направлений стало применение архитектур, способных работать с временными рядами медицинских событий. Такие модели рассматривают весь набор диагнозов и обращений пациента как последовательность наблюдений, позволяющую фиксировать постепенные изменения, предшествующие манифестации опухоли. Модели могут превращать историю болезни в структурированную временную траекторию, отражающую переход от доклинического состояния к ранним проявлениям заболевания

Вторым важным направлением является использование встраиваемых представлений медицинских понятий, позволяющих искусственным нейронным сетям улавливать семантические связи между различными состояниями здоровья. Такие представления — эмбеддинги — преобразуют диагнозы, симптомы и другие элементы электронных медицинских записей в числовые векторы, в которых сохраняются их клинические взаимосвязи. В отличие от обычного категориального кодирования, где каждое состояние рассматривается как независимое, эмбеддинги группируют сходные по смыслу клинические понятия в близкие области многомерного пространства. Это позволяет модели учитывать контекст, в котором встречаются те или иные состояния, и выявлять характерные сочетания признаков, предшествующие развитию заболевания. Применение эмбеддингов, сформированных крупными языковыми моделями, улучшает способность алгоритмов распознавать сложные паттерны риска, увеличивая точность прогнозирования за 6–12 месяцев до постановки диагноза (Гусев А.В. и соавт., 2022).

Особую значимость имеют результаты, демонстрирующие снижение эффекта «утечки данных». Исключение из анализа записей, сделанных в непосредственной близости к моменту постановки диагноза, позволило моделям сохранять высокую точность прогнозов при более длительных горизонтах — 12–36 месяцев, что указывает на способность систем выявлять ранние изменения задолго до появления симптомов. Это отличает модели, построенные на последовательных данных, от традиционных алгоритмов классификации, эффективность которых резко

падает при увеличении временного интервала между прогнозом и диагнозом.

Предиктивные модели последовательно выделяют два типа сигналов — хорошо известные факторы риска (панкреатит, нарушения углеводного обмена) и менее очевидные состояния, которые могут отражать системные последствия раннего опухолевого процесса. В некоторых случаях модели идентифицируют признаки, не входящие в классические группы риска, что подчеркивает значение больших данных для выявления скрытых закономерностей заболевания, неформализованных в существующих клинических руководствах.

Использование Big Data существенно расширяет возможности ранней стратификации риска и обеспечивает доступ к информации, не содержащейся в результатах визуальных или лабораторных исследований. Модели, построенные на EHR-данных, демонстрируют способность выявлять пациентов, которые не имели ни одного из традиционных факторов риска, включая наследственные предрасположенности, что делает подход особенно важным для популяционно ориентированных стратегий раннего выявления.

Важной особенностью современных моделей является интеграция не только диагностических кодов, но и сведений о назначаемых лекарственных препаратах. Совместный анализ траекторий диагнозов и медикаментозных назначений заметно повышает точность стратификации риска по сравнению с моделями, использующими лишь диагнозы или только медикаменты. Это отчасти компенсирует «зашумленность» кодов ICD, обусловленную особенностями биллинга, поскольку лекарственные назначения в большей степени отражают реальную клиническую необходимость и скрытые метаболические и воспалительные состояния пациента. Для оценки практической ценности таких алгоритмов используется не только стандартная AUROC, но и стандартизированное отношение заболеваемости (standardized incidence ratio, SIR), позволяющее сопоставлять наблюдаемую частоту рака в выделенной высокорисковой группе с ожидаемой популяционной заболеваемостью с учетом возраста и пола. Показано, что в верхних квантилях риска (тысячи пациентов на миллион обследуемых) SIR увеличивается на порядки по сравнению с простыми моделями, основанными лишь на демографических данных. Это дает почву для экономически

оправданных программ селективного наблюдения, когда дорогостоящие методы раннего выявления (ЭУЗИ, МРТ, жидкостная биопсия) применяются только в ограниченных, но максимально информативных когортах высокого риска (Zheng C. et al., 2025).

Отдельно подчеркивается, что качество предсказаний не является одинаковым для всех демографических групп — при валидации выявлены различия в показателях AUROC и SIR между расовыми и гендерными подгруппами, что связывают с неравномерным представлением пациентов в обучающих выборках и социально-экономическими факторами. Это задает направления для следующих этапов развития моделей риска — учета структурных перекосов данных, разработки корректирующих процедур и отдельной оценки точности алгоритмов в различных популяциях (Zheng C. et al., 2025).

Таким образом, развитие предиктивных моделей на основе Big Data формирует новый уровень диагностики, основанный на анализе многолетних цифровых следов пациентов. Эти технологии позволяют выявлять ранние индикаторы заболевания, неуловимые традиционными методами, и служат перспективной основой для создания систем персонализированного скрининга и динамического наблюдения в группах неопределенного риска.

2.2. Оптимизация хирургической тактики

2.2.1. Сравнительный анализ эффективности различных хирургических подходов при панкреатодуоденальной резекции

Хирургическая тактика при опухолях головки поджелудочной железы остается краеугольным элементом комплексного лечения, и выбор между открытой панкреатодуоденальной резекцией и минимально инвазивными технологиями определяет как непосредственные результаты вмешательства, так и последующее течение реабилитации. На сегодняшний день обе методики обладают доказанной безопасностью при условии выполнения в специализированных центрах, однако различия в профиле осложнений и в операционной нагрузке требуют отдельного анализа.

Открытая панкреатодуоденальная резекция остается наиболее предсказуемой в техническом отношении. Ее выполнение

обеспечивает надежный контроль над анатомическими структурами и позволяет минимизировать вероятность конверсии, что особенно важно при подозрении на сосудистую инвазию или при расширенных резекциях. Средняя длительность вмешательства при открытой технике ниже, чем при минимально инвазивной, что подтверждается крупными клиническими выборками: большинство операций укладывается в интервал до шести часов, тогда как при малоинвазивном доступе доля вмешательств, выходящих за восьмичасовой порог, существенно выше. Сокращение времени операции способствует снижению риска венозных тромбоэмболий и ряда других осложнений, чувствительных к длительности анестезии (Valukas C. 2025).

Минимально инвазивная панкреатодуоденальная резекция, напротив, демонстрирует преимущества в отношении послеоперационного восстановления.

Пониженная травматичность доступа и более деликатная работа с тканями позволяют добиться меньшей частоты кровопотерь и инфекционных осложнений, в том числе инфекций области хирургического вмешательства. Особенно выражены эти различия при робот-ассистированных вмешательствах, где улучшенная визуализация и высокая точность движений инструментов минимизируют повреждение мягких тканей. Тем не менее цена этих преимуществ — увеличенная длительность операции и высокая частота конверсий. Последние оказывают прямое влияние на результаты — переход на открытую технику, как правило, удлиняет вмешательство и нивелирует эффекты минимально инвазивного подхода.

При сопоставлении прямых исходов обе методики дают схожие результаты в отношении частоты панкреатических свищей и нарушений эвакуации желудка. Эти показатели, как правило, отражают качество реконструктивного этапа, в меньшей степени зависящего от доступа. Однако ряд других параметров демонстрируют значимые различия. Более высокая частота повторных вмешательств и релапаротомий после малоинвазивных операций объясняется как длительностью операции, так и сложностью технологии, требующей длительного периода освоения. В свою очередь, более высокая частота инфекционных осложнений и кровотечений после открытой резекции связана с характером доступа, требующего большего объема интраоперационных манипуляций.

Обобщенные данные представлены в таблице 2.1.

Ключевым выводом сравнительного анализа является высокая зависимость эффективности минимально инвазивного доступа от длительности вмешательства и квалификации хирурга. При операциях, выходящих за восьмичасовой порог, преимущества малоинвазивного подхода практически исчезают — возрастает риск тромбоэмболических осложнений, повторных вмешательств, инфекций и кровотечений. Это обстоятельство подчеркивает значение строгого отбора пациентов и выполнения МИПД исключительно в высокообъемных центрах, способных обеспечить стабильные результаты.

Таким образом, выбор хирургического доступа должен основываться не только на характеристиках опухоли, но и на прогнозируемой длительности операции, наличии опыта у хирурга, технических возможностях клиники и ожидаемом профиле осложнений. Открытая панкреатодуоденальная резекция остается эталоном при сложных опухолях и анатомических вариантах, тогда как минимально инвазивные технологии могут быть безопасно использованы у тщательно отобранных пациентов,



Рисунок 1. Роботизированная система для малоинвазивной хирургии — аппарат da Vinci

обеспечивая им более быстрое восстановление и лучшие показатели раневых осложнений.

Систематические обзоры и индивидуальные мета-анализы, включающие рандомизированные и крупные когортные исследования, в целом подтверждают онкологическую сопоставимость минимально инвазивной и открытой панкреатодуоденэктомии при раке поджелудочной железы: различий в радикальности резекции и выживаемости, как правило, не выявляется, если операции выполняются в высокообъемных центрах при строгом отборе пациентов. На этом фоне преимущества малоинвазивного доступа носят, по большей части, характер более комфортного послеоперационного течения и выражены чаще при доброкачественных и предраковых поражениях, а также при ограниченных опухолях периампулярной зоны, тогда как при протоковой аденокарциноме речь идет скорее о не меньшей эффективности по сравнению с открытой операцией, чем о превосходстве метода (Olvera Morales M. et al., 2025).

Важным ограничением накопленных данных остается неоднородность включенных популяций и влияние кривой обучения. Наихудшие результаты ассоциированы с начальной фазой освоения лапароскопической техники и с конверсией, которая сочетает травматичность открытого доступа с увеличенной длительностью вмешательства и рассматривается как маркер субоптимального отбора пациентов. Это указывает на необходимость централизации минимально инвазивной панкреатической хирургии, стандартизированных программ обучения и осторожного расширения показаний, особенно у больных с высоким риском панкреатической фистулы и выраженными сопутствующими заболеваниями.

2.2.2. Применение VR- и AR-комплексов в обучении хирургов и планировании операций

Хирургия поджелудочной железы из-за своей технической сложности и высокой вариабельности анатомических условий давно стала одной из наиболее восприимчивых к внедрению цифровых технологий. Накопленный опыт показывает, что VR- и AR-системы способны трансформировать как этап обучения хирургов, так и предоперационное планирование, соз-

Таблица 2.1

Основные различия между открытой и минимально инвазивной панкреатодуоденальной резекцией

Показатель	Открытая панкреатодуоденэктомия	Минимально инвазивная панкреатодуоденэктомия
Средняя длительность операции	короче (преимущественно <6 ч)	значительно дольше (+70–80 мин в среднем)
Инфекции области хирургического вмешательства	выше	ниже (особенно при роботической технике)
Кровотечение	выше	ниже (выраженное преимущество роботического доступа)
Панкреатическая фистула	сопоставимо	сопоставимо
Нарушение эвакуации желудка (DGE)	сопоставимо	сопоставимо
Венозные тромбоэмболии	ниже	выше при длительности >8 ч
Повторные операции / релапаротомии	ниже	выше (влияние длительности и конверсий)
Частота конверсий	отсутствует	высокая (более 60% в крупных выборках)
Оптимальные условия применения	сложная анатомия, подозрение на сосудистую инвазию, длительные резекции	ограниченные опухоли без сосудистой инвазии, опытный центр, ожидаемая длительность <8 ч

давая принципиально новые условия для повышения точности вмешательств.

Одним из ключевых преимуществ виртуальной реальности является возможность формировать полностью управляемую и многократно воспроизводимую среду для отработки операций, включая панкреатодуоденальную резекцию. Такие симуляторы создают реалистичные трехмерные модели органов, воспроизводят их механические свойства и позволяют хирургу в безопасных условиях многократно пройти все этапы вмешательства. В отличие от традиционного обучения, основанного на интерпретации двумерных изображений, VR формирует объемное представление о топографии тканей, улучшает пространственное мышление и позволяет заранее выявить критические зоны будущей операции (Laga Boul-Atarass I., 2025).

Особую роль VR играет в минимально инвазивной хирургии, где отсутствует полноценная тактильная обратная связь. Виртуальные лапароскопические тренажеры помогают формировать «визуальную тактильность» — способность оценивать сопротивление тканей и динамику их деформации исключительно по визуальным признакам. Это значительно сокращает кривую обучения и повышает уверенность хирургов в выполнении деликатных этапов операции, особенно требующих точной диссекции в ограниченном пространстве.

Технологии дополненной реальности решают другую задачу — интеграцию цифровой модели непосредственно в операционное поле. AR-навигация позволяет накладывать реконструкцию анатомии пациента на изображение хирургической зоны в режиме реального времени, обеспечивая точное определение сосудистых структур, границ резекции и областей потенциального риска. В панкреатической хирургии это особенно ценно из-за плотного прилегания опухоли к жизненно важным сосудам и ограниченной подвижности органа. Последнее обстоятельство способствует точному совмещению виртуальных структур с реальными и делает AR-навигацию более надежной, чем при манипуляциях на подвижных органах (Панченков Д.Н. и соавт., 2023).



Рисунок 2 Учебные VR-симуляторы в медицинском образовании

Появление таких систем позволяет изменять представление о предоперационном планировании, хирург получает возможность еще до вмешательства выяснить оптимальные траектории, оценить потенциальные трудности, отработать объем резекции или реконструкции сосудов. AR-технологии также способствуют стандартизации техники операций, создавая визуальные ориентиры, которые можно использовать как основу для контроля качества и обучения молодых хирургов.

Одним из важных направлений стало объединение VR/AR-среды с алгоритмами автоматической оценки навыков. Такие системы способны регистрировать движения хирурга, выявлять ошибки, оценивать темп и последовательность действий, что делает обучение объектным и воспроизводимым. Благодаря этому уменьшается зависимость подготовительного процесса от наличия опытного наставника и увеличивается доступность высокотехнологичного обучения.

Возможности VR и AR постепенно выходят за рамки тренировочной функции. Формируется тенденция к созданию «цифровых двойников» пациентов — динамических виртуальных моделей, которые синхронизируются с реальными данными и позволяют моделировать ответ тканей на вмешательство, прогнозировать возможные осложнения и оптимизировать хирургическую стратегию. Хотя эта технология все еще требует совершенствования, особенно в части точного воспроизведения деформации тканей и высокоскоростной обработки информации, ее потенциал в панкреатической хирургии оценивается как значительный.

В недавно опубликованном проспективном исследовании представлена первая клиническая оценка специализированной AR-платформы ARAS, разработанной именно для панкреатических вмешательств. Система реализует двухфазную структуру работы — на этапе предоперационной подготовки она визуализирует реконструированные по КТ индивидуальные трехмерные модели сосудов и опухоли, позволяя уточнять хирургическую стратегию, а в ходе операции обеспечивает точную анатомическую навигацию в режиме реального времени. ARAS функционирует на основе головного дисплея HoloLens 2, который проецирует 3D-анатомию непосредственно в операционное поле, устраняя необходимость переключения внимания на внешние экраны. Высокая точность регистрации достигается за

счет двух маркерных точек фиксации — на уровне мечевидного отростка и в зоне впадения левой почечной вены в нижнюю полую вену, что позволяет корректно совмещать виртуальную модель с реальной анатомией даже при изменении положения операционного поля. Такие технологические решения делают ARAS прообразом следующего поколения хирургических ассистивных систем (Javaheri H. et al., 2025).

Дополнительным решением в развитии обучающих технологий стало создание специализированных AR-тренажеров для минимально инвазивной панкреатической хирургии. В одном из таких проектов параллельный робот ATHENA с удаленным центром вращения моделирует третий инструмент или камеру, управляемые через haptic-интерфейс Omega 7 с силовой обратной связью, тогда как визуализация операционного поля и виртуального органа осуществляется в очках HoloLens 2. Алгоритм на основе сверточной нейронной сети по видеоряду оценивает прилагаемое усилие без физических датчиков, а рассчитанная сила немедленно транслируется в тактильный канал, что позволяет отрабатывать безопасный диапазон давления на ткань поджелудочной железы. По результатам пользовательского тестирования с применением UEQ-опросника, включавшего 15 участников (хирурги и инженеры), комплекс получил высокие оценки по шкалам новизны, понятности и привлекательности, несколько ниже — по эффективности и надежности, что говорит о необходимости дальнейшей технической доработки, но подтверждает востребованность AR- и haptic-платформ именно в сегменте обучения сложным панкреатическим вмешательствам (Pisla D. et al., 2025).

Таким образом, VR- и AR-комплексы формируют новую парадигму хирургической подготовки и планирования, объединяя индивидуализированное моделирование анатомии, интерактивные обучающие среды и инструменты навигации. Их внедрение способствует сокращению кривой обучения, снижению риска интраоперационных ошибок и повышению точности выполнения наиболее сложных этапов вмешательства. По мере развития технологий ожидается дальнейшее углубление интеграции виртуальных систем в клиническую практику, включая создание цифровых двойников и использование элементов искусственного интеллекта для поддержки принятия решений.

2.2.3. ERAS-протоколы и цифровой контроль послеоперационного периода

Современная хирургия поджелудочной железы характеризуется высоким уровнем послеоперационных осложнений и именно поэтому формирование стандартизированных периоперационных стратегий стало одним из ключевых направлений оптимизации исходов. Концепция Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) предусматривает последовательное снижение хирургического стресса, поддержку функциональных резервов пациента и раннюю активизацию, что особенно важно при резекциях поджелудочной железы, требующих интенсивного лечения в раннем послеоперационном периоде.

Первые программы ERAS были разработаны для колоректальной хирургии, однако накопленный клинический опыт показал применимость тех же принципов и в панкреатической хирургии. Несмотря на изначальные опасения, связанные с ранним началом питания, активной мобилизацией и агрессивными подходами к обезболиванию, современные наблюдения демонстрируют, что при корректной адаптации протоколов возможно существенное снижение частоты осложнений и средней длительности госпитализации. Как подчеркивается в обобщенных данных исследований, применение ERAS при панкреатодуоденэктомии и дистальной панкреатэктомии приводит к сокращению сроков функционального восстановления, уменьшению риска инфекционных осложнений, улучшению переносимости операции и ускорению начала адъювантной терапии.

Положительный эффект ERAS объясняется сочетанием нескольких ключевых моментов. Предоперационная подготовка включает коррекцию нутритивного статуса, отказ от длительного голодания и устранение модифицируемых факторов риска. Внутриоперационная часть протокола направлена на поддержание физиологического равновесия — оптимизацию инфузионной терапии, применение мультимодальной анальгезии, предотвращение гипотермии. Послеоперационный период строится вокруг ранней мобилизации, раннего восстановления питания, минимизации дренирования и постепенного отказа от инвазивных устройств. На фоне слаженной работы мультидисциплинарной команды подобная стратегия обеспечивает более мягкое течение послеоперационного периода, уменьшает

выраженность системного воспалительного ответа и повышает устойчивость к осложнениям (Vardhan Reddy G., 2025).

Однако даже наиболее тщательно разработанный протокол не может быть эффективным без высокой приверженности персонала и пациентов. Наблюдаемая в клинической практике вариабельность результатов связана главным образом с неоднородностью внедрения ERAS-программ. Высокие показатели эффективности фиксируются в тех учреждениях, где достигнут уровень соблюдения протокола не менее 70%, обеспечены непрерывное обучение персонала, регулярный аудит, четкое распределение ответственности и контроль ключевых этапов терапии. Отсутствие координации, недостаточные ресурсы и ограниченная подготовка специалистов могут существенно снизить эффект от применения ERAS, что подчеркивает важность организационных аспектов при его интеграции (Sun Y. et al., 2020).

В крупных когортах подчеркивается, что ключевым параметром эффективности протокола ускоренного восстановления после операции является не сам факт его формального внедрения, а уровень исполнения отдельных мероприятий. Комплаентность обычно оказывается неравномерной — предоперационный и интраоперационный блоки выполняются в большинстве случаев, тогда как послеоперационные элементы (ранняя мобилизация, раннее начало питания, ограничение парентеральной инфузии, своевременное удаление катетеров и дренажей) реализуются существенно хуже. Именно дефицит соблюдения послеоперационного периода рассматривается как основная причина расхождения между результатами контролируемых исследований и повседневной практикой (Ritter A. et. al., 2024)

Анализ структуры протоколов ERAS при панкреатической хирургии показывает, что наибольшее влияние на частоту тяжелых осложнений и длительность госпитализации вносят ограничительная инфузионная терапия во время операции, ранняя мобилизация в первые сутки и раннее удаление мочевого катетера при отсутствии противопоказаний. Эти элементы последовательно ассоциируются с меньшей частотой тяжелых послеоперационных событий, снижением летальности в раннем послеоперационном периоде и сокращением сроков пребывания в стационаре, тогда как вклад других пунктов протокола в исходы менее выражен. Это позволяет выделять их как прио-

ритетные цели при адаптации ERAS-программ к условиям конкретного учреждения (Ritter A. et. al., 2024).

С точки зрения хирурга, ключевая задача ERAS-протокола при панкреатических резекциях заключается в управлении осложнениями, которые определяют структуру послеоперационного течения — панкреатическими свищами, задержкой эвакуации желудка, инфекциями и выраженной нутритивной недостаточностью. Современные рекомендации смещают акцент от рутинного применения инвазивных вмешательств к селективным стратегиям — предоперационное билиарное дренирование обосновано лишь при выраженной гипербилирубинемии, холангите или необходимости отсрочить операцию; интраабдоминальные дренажи и назогастральный зонд рассматриваются как инструменты прицельного, а не обязательного использования с ориентиром на их раннее удаление при низком риске осложнений; профилактическое применение аналогов соматостатина и выбор конкретной реконструктивной техники остаются опциональными и требуют дальнейшей валидации в рандомизированных исследованиях (Longo F. et al., 2024).

Отдельный блок ERAS-протокола формируют нутритивная поддержка и послеоперационная анальгезия. Подчеркивается значение ранней идентификации пациентов с саркопенией и кахексией, использования элементов нутритивной преабилитации и иммунопитания при высоком риске, а также предпочтение регионарной анестезии и регулярного применения неопиоидных анальгетиков. В таком контексте ERAS рассматривается не только как организационная модель ведения пациента, но и как инструмент целенаправленной профилактики наиболее тяжелых функциональных нарушений после резекций поджелудочной железы (Longo F. et al., 2024).

В последние годы важную роль в обеспечении устойчивого соблюдения протокола стали играть цифровые технологии. Электронные «дорожные карты» послеоперационного периода, мобильные приложения для самоконтроля, системы удаленного мониторинга и автоматизированные шкалы оценки риска формируют цифровой контур послеоперационного сопровождения. Такие системы позволяют фиксировать параметры ранней реабилитации — активность, динамику боли, переносимость питания, соблюдение дыхательных упражнений — и автоматически сигнализируют медицинской команде о возможных

отклонениях. Это особенно актуально при ERAS, где своевременное выявление нарушений протокола напрямую связано с предотвращением осложнений. Цифровой контроль нивелирует человеческий фактор, повышает прозрачность процесса и делает возможным персонифицированный подход в режиме реального времени (Vardhan Reddy G., et al., 2025).

Перспективным направлением является интеграция цифровых инструментов с аналитическими платформами, использующими искусственный интеллект. Алгоритмы анализа ранней динамики состояния пациента позволяют прогнозировать вероятность панкреатических свищей, задержки желудочного опорожнения или инфекционных осложнений еще до появления клинических проявлений. В совокупности с традиционными элементами ERAS такие технологии открывают возможность для адаптивного ведения пациента, когда протокол гибко модифицируется под индивидуальный риск-профиль.

ERAS-протоколы становятся не только клиническим стандартом, но и платформой для интеграции цифровых систем наблюдения. Оптимизация послеоперационного периода при резекциях поджелудочной железы все более опирается на сочетание методик ускоренного восстановления и инструментов цифровой медицины, обеспечивающих постоянную обратную связь и высокую степень контроля. Это делает процесс лечения более предсказуемым, сокращает число предотвратимых осложнений и повышает качество жизни пациентов в ранний и поздний послеоперационные периоды.

2.3. Цифровые решения в системе онкопомощи

Современная организация онкологической помощи в России трансформируется под воздействием цифровизации, которая становится не дополнительным инструментом, а структурным компонентом всей клинической и организационной деятельности. Цифровые технологии формируют условия для более раннего выявления заболеваний, ускоряют доступ к специализированной помощи и обеспечивают непрерывность наблюдения. При этом практика последних лет показала, что именно онкология оказалась одной из наиболее уязвимых областей в условиях ограниченности ресурсов и роста нагрузки на систему здравоохранения. И в этих условиях цифровые решения начи-

нают выполнять компенсаторную функцию, уменьшая влияние системных разрывов и повышая устойчивость маршрутов пациентов (Пузин С.Н. и др., 2022).

Одним из ключевых изменений последнего десятилетия стало широкое внедрение телемедицины. Первоначально дистанционные консультации рассматривались как вспомогательный формат взаимодействия, однако рост числа пациентов, нуждающихся в своевременной оценке состояния без посещения медицинской организации, придал этим технологиям иной статус. Телемедицина стала инструментом обеспечения доступности помощи, особенно для жителей регионов и пациентов с ограниченной мобильностью. Она используется не только в первичном звене, где позволяет ускорить направление на обследование и консультацию онколога, но и на этапе специализированной помощи. Распространенной практикой стали дистанционные мультидисциплинарные консилиумы, которые позволяют оперативно согласовать тактику лечения, не задерживая ключевые клинические решения. Значение телемедицины сохраняется и в сегменте скорой помощи: цифровые системы связи обеспечивают координацию между профильными бригадами, диспетчерскими службами и онкологическими стационарами, что важно при оказании помощи пациентам с осложнениями опухолевого процесса или на фоне проводимой терапии (Сертакова О.В., и др., 2021)

Важную роль играет цифровизация статистики и формирование онкорегистров. Для онкологии критична полнота и своевременность данных, однако по данным исследований сбор медицинской информации в России долгое время сохранял фрагментарность, зависимость от бумажного документооборота и отсутствие единой системы, позволяющей сопоставлять показатели заболеваемости, смертности и качество оказанной помощи в разных регионах. Это приводило к задержкам в выявлении негативных тенденций и ограничивало возможности клинического аудита. Переход к цифровому контуру позволил частично устранить эти проблемы: онкорегистры стали интегрироваться с лабораторными и инструментальными системами, электронными картами и модулями маршрутизации. Постепенно формируется единая среда данных, обеспечивающая контроль маршрутов пациентов, оценку времени от обращения до постановки диагноза, своевременность начала лечения и результатив-

ность различных вмешательств. Несмотря на сохраняющиеся различия в инфраструктуре регионов, базовая архитектура цифрового мониторинга уже существует и используется для оценки ситуации в реальном времени

Электронные маршруты пациентов стали одним из наиболее функциональных инструментов оптимизации онкопомощи. В отличие от традиционного маршрута, включавшего множество разобщенных этапов, электронный маршрут формирует связку между первичным звеном, диагностическими службами и специализированными онкологическими учреждениями. В едином пространстве фиксируются направления, результаты обследований, решения врачебных комиссий и назначенные виды лечения. Такой метод позволяет сократить дублирование исследований, уменьшить временные потери и обеспечить преемственность медицинской документации. В условиях высокой загруженности системы электронные маршруты стали средством снижения числа упущенных клинически значимых случаев и повышения прозрачности организации помощи. При этом сохраняется системная проблема: маршруты работают неравномерно, и их эффективность зависит от цифровой зрелости конкретного региона и степени интеграции медицинских организаций в единый контур.

Существенные изменения произошли и в сфере наблюдения и реабилитации. Для пациентов, перенесших хирургическое вмешательство или проходящих лекарственную терапию, цифровые платформы стали удобным инструментом непрерывного контроля состояния. Электронные дневники самонаблюдения, регулярные дистанционные контакты с врачом, контроль симптомов и параметров самочувствия позволяют выявлять осложнения на ранних стадиях и повышают приверженность лечению. Использование таких платформ стало особенно актуальным, когда мобильность пациентов снижена, а доступность очных консультаций ограничена. Одновременно цифровые решения в реабилитации расширяют возможности взаимодействия между физиотерапевтами, психологами и онкологами, создавая единое поле для управления восстановительным процессом. Реабилитационные программы фиксируются в электронных картах, корректируются на основе динамики состояния, а пациент получает своевременные рекомендации через цифровые каналы связи.

Цифровизация также затронула медико-социальную экспертизу. Электронный документооборот позволил сократить время подготовки материалов, повысить точность оценки утраты трудоспособности и интегрировать данные о проведенном лечении, осложнениях и функциональном статусе пациента. Сейчас МСЭ использует стандартизированные электронные протоколы, которые опираются на данные, поступающие из медицинских информационных систем. Это обеспечило более объективный характер решений и уменьшило зависимость процедуры от полноты документов, предоставляемых пациентом. Доступность статистической информации и возможность анализа больших массивов данных позволяют формировать более точные оценки влияния перенесенного онкологического заболевания на качество жизни и работоспособность, а также выявлять факторы, определяющие скорость восстановления.

В основу цифровизации онкопомощи положена интеграция первичной, скорой и специализированной медицинской помощи с использованием единой информационной среды. Электронные медицинские карты позволяют врачам разных уровней получать доступ к актуальным данным о пациенте, а цифровая связь — координировать действия в сложных клинических ситуациях. Такой контур постепенно снижает фрагментарность системы, которая, как показывают исследования, является одной из главных причин задержек в диагностике и повышенной смертности при онкологических заболеваниях. На практике цифровизация обеспечивает более устойчивое функционирование маршрута пациента и позволяет медицинским организациям использовать накопленные данные для улучшения клинической тактики и повышения организационной эффективности (Вошев Д.В. и соавт., 2023).

Таким образом, цифровые решения в онкопомощи уже сформировали основу для более точного, структурированного и непрерывного ведения пациентов. Телемедицина, электронные регистры, цифровые маршруты, системы дистанционного наблюдения и электронные протоколы экспертизы стали частью повседневной практики и доказали свою значимость в условиях высокой нагрузки на здравоохранение. Многое из перечисленного пока требует дальнейшей стандартизации и полной интеграции в национальную инфраструктуру, однако даже в существующем виде цифровые инструменты заметно изменили

качество организации онкологической помощи, сократив временные задержки, улучшив доступность данных и усилив междисциплинарное взаимодействие.

Несмотря на очевидный прогресс, внедрение высокотехнологичных протоколов ИИ происходит крайне неравномерно, как уже было отмечено. Существенная часть барьеров связана не столько с точностью алгоритмов, сколько с требованиями к прозрачности и юридической верифицируемости решений. Непрозрачные DL-модели трудно согласовать с нормами защиты данных и прав пациента (GDPR, AI Act), а также с принципами Good Machine Learning Practice, предполагающими возможность объяснить, на каких именно признаках было основано решение системы поддержки принятия клинических решений. Это делает разработчиков и врачей уязвимыми с точки зрения распределения ответственности за возможные диагностические ошибки (Mejza M. et al., 2025).

Дополнительные ограничения связаны с необходимостью работы с крупными массивами чувствительной информации. Чем больше датасет, тем выше риск утечки данных и алгоритмической предвзятости, обусловленной особенностями исходной выборки. Одновременно большинство опубликованных моделей обучены на одной национальной или институциональной когорте, не имеют внешней валидации и оценки клинико-экономической эффективности, а потому пока не могут рассматриваться как инструмент массового скрининга.

Отдельной проблемой является инсталляция моделей в условиях реальной клиники. Даже при сопоставимой архитектуре алгоритмов качество предсказаний заметно падает при переносе из одной лечебной организации в другую из-за гетерогенности данных — различий в типе и настройках КТ-и МРТ-сканеров, протоколах контрастирования, методах лабораторного измерения биомаркеров и субъективности разметки изображений. В результате модель фактически «подстраивается» под локальные особенности потока данных и теряет устойчивость при выходе за пределы исходного домена (Mejza M. et al., 2025).

Часть барьеров связана уже не с техникой, а с регуляторной рамкой. В европейском контексте клинические ML-системы для диагностики и скрининга относятся к категории высокорисковых по AI Act и одновременно должны соответствовать требованиям GDPR и Регламента по медицинским изделиям (MDR).

Это предполагает прослеживаемость исходных данных и версий модели, документированную клиническую оценку, механизм пострыночного мониторинга и возможность человеческого пересмотра решений системы. Показательно, что даже для специализированных решений, таких как CE-маркированный комплекс qCT-Liver & Pancreas для автоматизированного анализа КТ печени и поджелудочной железы, ключевым условием внедрения становится не только диагностическая точность, но и формальное соответствие этим требованиям (Večurkovská I. et al., 2025).

Практическая интеграция ML-моделей упирается в организационные детали: необходимость встраивания алгоритмов в существующие PACS- и ЕМИАС-системы, минимизации дополнительных действий для врача и одновременного обеспечения прозрачности решений. Без инструментов пояснения (Grad-CAM, SHAP и др.), журналирования работы модели и постоянного мониторинга ее производительности в условиях «дрейфа» данных даже хорошо обученный алгоритм остается экспериментальным, а не рутинным клиническим инструментом.

ГЛАВА 3. МОДЕЛЬ ОПТИМИЗИРОВАННОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ ПРИ РПЖ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

Наличие отдельных технологий само по себе не меняет качество помощи — устойчивый эффект возникает тогда, когда технологии встроены в единый маршрут пациента — с понятными точками принятия решений, распределенной ответственностью, требованиями к данным и с измеряемыми результатами. Необходима модель организации помощи, связывающая клиническую практику и цифровой контур в один управляемый процесс.

Цель — представить модель оптимизированной медицинской помощи пациентам с РПЖ в условиях цифровой трансформации здравоохранения и описать, как она может быть реализована в практике без потери клинического смысла и юридической определенности. В центре модели — цифровая маршрутизация пациента (от первичного обращения до специализированного этапа и последующего наблюдения), риск-стратификация и сквозное ведение данных, а также механизм непрерывного мониторинга состояния пациента.

Отдельное внимание уделяется условиям, без которых цифровая модель остается несостоятельной; качеству и прослеживаемости данных, интеграции с действующими информационными системами и требованиям к прозрачности алгоритмов. Для решений на основе ИИ принципиальны воспроизводимость, контроль дрейфа данных и возможность клинического пересмотра результата; без этого невозможно корректно распределить ответственность и обеспечить безопасность пациента.

Рассмотрены факторы, задающие требования к организации помощи и критерии эффективности; затем формируется цифровой маршрут и описываются особенности внедрения; далее — контур непрерывного мониторинга и обратной связи. Кроме этого, необходимо проанализировать перспективы цифровой онкологии в этико-правовых рамках, которые определяют дальнейшую масштабируемость решений.

3.1. Комплексный анализ медицинских, социальных и экономических факторов

3.1.1. Связь распространенности, инвалидизации и факторов риска

Рост распространенности РПЖ в популяции тесно связан со структурой факторов риска и темпом, с которым заболевание приводит к стойким функциональным ограничениям. По данным глобального анализа бремени РПЖ, существенная доля показателей потери здоровья (включая DALY) статистически связана с модифицируемыми детерминантами — табакокурением, повышенной глюкозой натощак и избыточной массой тела, что подчеркивает их роль как «поставщиков» потока новых случаев (Yu W., 2025). В клиническом и организационном плане это означает, что распространенность метаболических нарушений и поведенческих рисков влияет не только на частоту заболевания, но и на тяжесть соматического фона у пациентов, который далее определяет переносимость лечения и скорость утраты самостоятельности (Khalaf N., 2021).

Переход от диагноза к инвалидизации при РПЖ происходит быстро: у большинства пациентов уже в первый год после постановки диагноза формируются выраженные ограничения жизнедеятельности, и значительная часть получает I–II группу инвалидности (Боброва О.П., 2021; Моисеенко В.Е., 2021). Характерна крайне низкая «продолжительность жизни с инвалидностью»: до 70–80% пациентов умирают в течение первого года после ее установления, а средний срок жизни с момента признания инвалидности не превышает 10–12 месяцев (Моисеенко В.Е., 2021; Vincent A., 2011). На этом фоне даже умеренное увеличение заболеваемости закономерно отражается ростом числа впервые признанных инвалидами: в отечественной статистике 2019–2024 гг. описана тенденция к увеличению абсолютного числа случаев первичной инвалидности при РПЖ и росту стандартизированных показателей, что коррелирует с динамикой смертности (Моисеенко В.Е., 2021; Шаньгина О.В., 2022).

Факторы риска формируют не только вероятность развития опухоли, но и профиль инвалидизации. Наиболее значимые модифицируемые детерминанты (курение, ожирение, сахарный диабет, хронический панкреатит) связаны с хроническим вос-

палением и метаболическими нарушениями; они повышают вероятность развития РПЖ и одновременно ухудшают исходные резервы организма, что ускоряет функциональное снижение и ограничивает реабилитационный потенциал (Аметов А.С., 2023; Khalaf N., 2021; Vincent A., 2011). Социально-экономически чувствительной остается группа трудоспособного возраста: инвалидность встречается реже, чем у лиц старше 60 лет, но именно здесь потери максимальны из-за преждевременной утраты трудоспособности (Моисеенко В.Е., 2021; Шаньгина О.В., 2022). Дополнительно нагрузку усиливает ранняя потеря работоспособности в течение первых месяцев после диагностики, связанная с быстрым прогрессированием, болевым и астеническим синдромом и осложнениями лечения (Yang J., 2021).

Итоговая связь выглядит как единая причинно-следственная цепочка: распространенность модифицируемых факторов риска поддерживает рост числа случаев РПЖ, а клиническая агрессивность заболевания и тяжесть соматического фона обеспечивают высокую первичную инвалидизацию и краткий период жизни с выраженными ограничениями. Именно поэтому в модели оптимизации помощи ключевым становится управление риском и ранним ухудшением функционального статуса — через выделение групп высокого риска и сокращение времени до диагностики и начала лечения.

3.1.2. Социальная цена РПЖ для системы здравоохранения и общества

Социальная цена РПЖ складывается из трех взаимосвязанных компонентов: прямых медицинских затрат, немедицинских затрат и косвенных потерь, связанных с выпадением человека из труда и преждевременной смертностью. Для РПЖ эта структура особенно напряженная — лечение часто требует дорогостоящей диагностики и многоэтапной терапии, а клиническое течение быстро приводит к выраженным ограничениям жизнедеятельности, что переводит значительную часть нагрузки из клиники в систему социальной поддержки.

Прямые медицинские затраты формируются не только стоимостью противоопухолевого лечения, но и ценой организационной сложности ведения пациента — повторные госпитализации, осложнения, необходимость симптоматической терапии, ну-

тритивной поддержки, обезболивания, паллиативной помощи. Вариабельность прямых расходов задается не только набором процедур, но и четырьмя параметрами, которые можно получать в цифровом контуре: (1) исходный функциональный резерв и коморбидность пациента; (2) выбранный план лечения — общий или персонализированный, а также состав модальностей (обычная, высокотехнологичная хирургия, лучевая терапия, системное лечение, включая таргетную и иммунотерапию); (3) организация ухода, паллиативного сопровождения и реабилитации; (4) тип медорганизации и механизм возмещения затрат. Такая декомпозиция важна для аналитического контура — она переводит обсуждение «дорого-дешево» в набор факторов, по которым можно сравнивать маршруты и управлять ресурсами (Юрова Е.Н. и соавт., 2021).

В российских исследованиях стоимости болезни показано, что в структуре расходов доминирует стационарный этап, где сосредоточены основные ресурсоемкие вмешательства и лекарственная терапия; при этом суммарные затраты на одного пациента существенно варьируют по стадиям, что отражает зависимость расходов от маршрута и доступности специализированной помощи (Моисеенко В.Е. и соавт., 2021). Одновременно на уровне системы здравоохранения высокая цена лечения усиливается неравномерностью доступности высокотехнологичных методов: концентрация сложной хирургии и современной лекарственной терапии в крупных центрах повышает нагрузку на межрегиональные потоки пациентов и увеличивает вероятность обращения в коммерческий сектор (Юрова Е.Н. и соавт., 2021).

Однако для РПЖ принципиально важно, что значительная доля совокупных затрат лежит вне медицинской области. К прямым немедицинским расходам относятся выплаты по инвалидности, пособия по временной нетрудоспособности, затраты семьи на уход, транспорт и сопровождение. В отечественной оценке социально-экономического бремени доля прямых немедицинских затрат достигала примерно половины совокупных расходов, то есть финансовая нагрузка формируется не столько лечением, сколько последствиями болезни для социальной сферы (Моисеенко В.Е. и соавт., 2021). Такая картина типична для заболеваний с быстрым функциональным снижением — медицинская помощь становится лишь одной частью «стоимости», а

остальные расходы возникают из-за утраты самостоятельности и потребности в постоянной поддержке.

Косвенные потери при РПЖ обусловлены преждевременной смертностью и утратой трудоспособности. Они проявляются как снижение производительности труда, потери налоговой базы и рост нагрузки на систему социального страхования. На макроуровне связь здоровья и экономического развития описывается через сокращение числа «здоровых лет жизни», что влияет на рынок труда и динамику регионального развития (Дудин М.Н., Голышко П.В., 2022).

Для РПЖ этот механизм выражен особенно резко — заболевание быстро ограничивает трудовую активность и часто приводит к ранней инвалидизации, поэтому даже относительно небольшие изменения заболеваемости дают заметный вклад в экономические потери. В глобальных оценках бремени болезни динамика РПЖ отражается ростом потерь, выраженных в DALY, а вклад модифицируемых факторов риска интерпретируется не только как медицинская, но и как экономическая проблема, поскольку эти детерминанты поддерживают поток новых случаев и, следовательно, объем потерь трудоспособности (Yu W. et al., 2025).

Отдельную часть социальной цены составляют нематериальные потери, связанные со снижением качества жизни пациента и семьи — хроническая боль, выраженная слабость, нутритивные нарушения, тревожно-депрессивные реакции, потребность в постоянном уходе. Для РПЖ это не вторичный эффект, а центральная характеристика течения, которая влияет на приверженность лечению, частоту обращений за неотложной помощью и длительность госпитализаций. В исследованиях качества жизни при метастатическом панкреатическом раке показана высокая симптомная нагрузка и необходимость системной оценки состояния пациента валидированными инструментами (Cella D. et al., 2012).

Клинически значимым «переводчиком» этих потерь в социальную плоскость выступает болевой синдром, который ускоряет утрату автономности и повышает потребность в медико-социальной поддержке, что подчеркивается работами, посвященными персонализированной фармакотерапии боли при РПЖ (Боброва О.П., 2021).

Таким образом, социальная цена РПЖ — это не только сумма расходов на лечение, а совокупное бремя, где медицинские ресурсы, социальные выплаты, потери производительности и ухудшение качества жизни взаимно усиливают друг друга. В рамках построения модели оптимизированной помощи это означает — эффективность следует оценивать не одним клиническим исходом, а набором показателей, которые отражают и медицинский результат, и скорость функционального снижения, и масштабы социальных потерь — именно так появляется основание для управляемой маршрутизации и цифрового мониторинга пациента (Моисеенко В.Е. и соавт., 2021; Yu W. et al., 2025).

3.2. Цифровая модель маршрутизации пациента, особенности внедрения

3.2.1. Алгоритм раннего выявления с использованием ИИ и биомаркеров

Раннее выявление РПЖ целесообразно строить не как «массовый скрининг», а как каскадную диагностическую стратегию, где ИИ-инструменты и биомаркеры работают на этапах отбора, сортировки и приоритетности углубленных исследований. Это снижает нагрузку на визуализацию и повышает прогностическую ценность результатов в группах повышенного риска (Yang J., 2021; Murray K., 2025).

1) Формирование целевой когорты: риск-стратификация по данным ЭМК

Первый уровень алгоритма — поиск лиц с повышенной априорной вероятностью РПЖ на основе электронных медицинских данных. Критически важна идентификация «окна возможностей», когда опухоль еще мала, но уже проявляется косвенными клиническими и метаболическими сигналами. Наиболее практичная точка входа — нововозникший диабет (new-onset diabetes) у пациентов старшего возраста, а также сочетания диабета с потерей массы тела, анемией, эпизодами необъяснимой боли, холестазом, повторяющимися обращениями по поводу диспепсии и т. п. (Mejza M., 2025; Oldfield L., 2022).

ИИ-модуль на этом этапе решает задачу сигнализации: из ЭМК извлекаются временные ряды (диагнозы, назначения, лабораторные тренды, обращения, стационарные эпизоды), после

чего модель оценивает индивидуальный риск и формирует список пациентов для выбора на основе биомаркеров. В литературе подчеркивается, что именно продольные данные и их последовательности дают модели преимущество перед «однофакторными» правилами (Večurkovská I., 2025; Mejza M., 2025).

Практическая реализация — стратификация риска обновляется регулярно (например, еженедельно, ежемесячно), а пациенту присваивается категория (низкий, умеренный, высокий риск). Для высокой категории автоматически инициируется следующий уровень — панель биомаркеров.

2) Биомаркерная стратификация — от одиночных маркеров к панелям

Единичный маркер (например, CA19-9) не обеспечивает достаточной чувствительности и специфичности для самостоятельного раннего выявления, особенно на фоне воспалительных и холестатических состояний; поэтому диагностический поиск смещается к мультибиомаркерным панелям, где итоговое решение формируется алгоритмом (Wu H., 2022; Janga L.S.N., 2023).

На практике биомаркерный блок удобно организовать как две панели:

(А) Быстрая сортировка — доступные и относительно недорогие тесты (включая CA19-9 как компонент, но не как единственный критерий) + метаболические, воспалительные маркеры и клинические признаки. Такой набор повышает чувствительность первичного «фильтра» и помогает выбрать пациентов для углубленной молекулярной диагностики (Wu H., 2022; Yang J., 2021).

(Б) «Углубленная панель» — молекулярные признаки опухолевой биологии:

циркулирующая опухолевая ДНК и мутации KRAS (в т. ч. цифровая ПЦР на ранних стадиях), что позволяет фиксировать опухолевый сигнал до появления выраженной визуализационной картины (Brychta N., 2016).

микроРНК-профили — показано, что комплексное секвенирование сывороточных miRNA с автоматизированным машинным обучением может давать диагностически значимые модели для раннего выявления (Kawai M., 2024).

неинвазивные уринальные панели (например, сочетания LYVE1, REG1A/1B, TFF1) в комбинации с риск-скорингом

(PancRISK), которые подходят для серийного контроля и снижают барьер для повторных измерений (Debernardi S., 2020).

маркеры для стратификации диабета/панкреатогенного фенотипа (например, adiponectin и IL-1Ra) как способ выделять подгруппы, у которых онкологический риск выше в контексте выявленного диабета (Oldfield L., 2022).

Ключевой момент — ИИ не «заменяет» биомаркеры, а комбинирует их — строит интегральную вероятность риска, учитывая корреляции между маркерами, их нелинейные взаимодействия и контекст (возраст, динамика массы тела, лабораторные тренды). Такая стратегия рассматривается как базовая для современного раннего выявления РПЖ (Murray K., 2025).

3) Интеграция ИИ и биомаркеров с визуализацией: «триггер — метод — подтверждение»

После биомаркерной выборки пациент направляется на визуализацию не «по факту жалоб», а по доказанному росту вероятности заболевания. Выбор метода зависит от уровня риска и доступности оборудования:

при высоком интегральном риске — приоритет методам высокой чувствительности для малых очагов (ЭУЗИ, МРТ по показаниям), затем верификация (Yang J., 2021; Elbanna K.Y., 2020).

при промежуточном риске — этапность: повторный серийный биомаркерный контроль и визуализация по пороговым изменениям.

ИИ-модуль может использоваться и внутри визуализационного этапа — например, алгоритмы анализа КТ, МРТ повышают вероятность распознавания ранних структурных изменений и уменьшают вариабельность интерпретации; при этом отмечается зависимость качества моделей от стандартизации протоколов, разметки и внешней валидации (Huang B., 2022; Hameed B.S., 2022).

4) Правила принятия решения — пороги, интерпретация, объяснимость

Чтобы алгоритм работал клинически, нужны формализованные пороги:

- порог риска для назначения углубленной панели;
- порог риска для срочной визуализации;
- критерии динамики (рост/падение маркеров, изменение риска во времени).

Отдельная задача — интерпретируемость. При мультифакторных моделях важно, чтобы врач понимал, какие признаки являются для пациента высокорисковыми. Для этого применяют методы понятного (объяснимого) ИИ (например, SHAP-подходы в ансамблевых моделях), позволяющие фиксировать вклад каждого признака (Almisned F.A., 2025).

5) Контроль качества и внедрение — что критично для устойчивости результата

Для внедрения алгоритма раннего выявления на уровне медицинской организации/региона важны три технических условия:

Стандартизация преаналитики для биомаркеров (время забора, хранение, лабораторные платформы), иначе модель не совместима при переносе между центрами.

Внешняя валидация на данных другого учреждения или региона и мониторинг дрейфа данных (Večurkovská I., 2025).

Серийность наблюдения — для части пациентов информативнее не одиночное значение, а траектория маркеров и риска во времени (Mejza M., 2025; Oldfield L., 2022).

3.2.2. Единая база данных пациентов и интеграция межведомственных систем

Цифровая маршрутизация при РПЖ перестает быть управляемым процессом, если клинические события существуют в разных информационных контурах и не связываются в единое продольное наблюдение. Для заболевания с быстрым изменением клинического статуса критичны не отдельные документы, а непрерывная траектория — первичное обращение, результаты лабораторных тестов и визуализации, морфологическая верификация, решения консилиума, этапы лечения, осложнения и последующее наблюдение. Поэтому единая база данных пациентов в онкологии должна рассматриваться как инфраструктура, которая обеспечивает связность маршрута и воспроизводимость решений — от направления на обследование до оценки исходов лечения (Сертакова О.В. и соавт., 2021; Пузин С.Н. и соавт., 2022).

Ключевая методологическая задача такой базы — надежная идентификация пациента и корректное сопоставление данных, поступающих из разных источников. На практике это означает наличие устойчивого идентификатора и механизмов устранения

дублей, поскольку даже небольшая доля ошибочных совпадений приводит к искажению показателей выживаемости, охвата диспансерным наблюдением и сроков маршрута. В онкологии проблема особенно заметна, потому что качество управленческих решений напрямую зависит от полноты и актуальности регистровых данных, а не только от клинической информации в конкретной медицинской организации (Шадрова О.М. и соавт., 2022).

Содержательно единая база должна быть построена по событийной логике: не в виде архива файлов, а в виде структуры, где каждый значимый шаг фиксируется как событие с датой, источником и результатом. Для РПЖ это позволяет формировать измеримые интервалы (например, от первого обращения до визуализации, от визуализации до морфологии, от верификации до начала лечения), выявлять точки задержек и связывать их с организационными причинами. В такой архитектуре особенно важны данные диагностического этапа (протоколы КТ, МРТ, ЭУЗИ, заключения, изображения или ссылки на них), морфологические результаты и сведения о назначенной тактике, поскольку именно они определяют дальнейшую маршрутизацию и возможность включения пациента в специализированное лечение.

Интеграция межведомственных систем нужна не «для масштаба», а для закрытия типовых провалов качества данных, которые невозможно исправить внутри одной медицинской организации. Даже хорошо организованное учреждение не имеет полного контроля над тем, проходил ли пациент обследование в другой организации, получал ли он препараты по льготе, был ли он госпитализирован по поводу осложнений, сменил ли место жительства и, наконец, жив ли он. Эти пробелы приводят к ложной «потере» пациента на маршруте и к переоценке числа людей, состоящих на диспансерном наблюдении. Показательный пример практической пользы межведомственной синхронизации — взаимодействие популяционного ракового регистра и территориального фонда ОМС в Нижегородской области: регулярная сверка баз позволила актуализировать сведения о наблюдаемых пациентах и повысить достоверность управленческих показателей, включая контроль охвата диспансерным наблюдением (Шадрова О.М. и соавт., 2022).

Отдельный уровень интеграции связан с системами, которые отражают социальные последствия заболевания. Для РПЖ это

особенно важно из-за высокой симптомной нагрузки и быстрого снижения функционального статуса. Электронный обмен данными между медицинскими информационными системами и контурами медико-социальной экспертизы позволяет связывать сведения о лечении и осложнениях с оценкой ограничений жизнедеятельности и потребности в реабилитации. Такая связка дает возможность анализировать, какие этапы маршрута и какие клинические события чаще приводят к ранней утрате трудоспособности, и корректировать маршрут не постфактум, а профилактически — например, за счет более раннего подключения нутритивной поддержки, обезболивания, паллиативной службы и реабилитационных мероприятий (Пузин С.Н. и соавт., 2022).

Технологически интеграция не сводится к «подключению» систем; она требует согласования словарей, единых правил кодирования диагнозов, процедур и лекарственной терапии, а также регламента качества данных. Практика цифровой трансформации первичного звена показывает, что именно стандартизация данных и организационная готовность определяют устойчивость цифровых решений, тогда как наличие программного продукта само по себе не гарантирует результата (Вошев Д.В. и соавт., 2023). В контуре раннего выявления это приобретает прямое значение: алгоритмы риск-стратификации и ИИ-выборки чувствительны к дрейфу данных и к неполным временным рядам, поэтому единая база должна не только собирать сведения, но и обеспечивать их сопоставимость во времени и между организациями.

С практической точки зрения, межведомственная интеграция должна поддерживать два режима работы. Первый — клинический, когда данные нужны для принятия решений «здесь и сейчас» (направление на дообследование, выбор учреждения, организация телемедицинского консилиума, контроль выполнения назначений). Второй — аналитический, когда данные используются для оценки качества маршрута, выявления узких мест и расчета показателей эффективности программ раннего выявления и лечения. Телемедицинские консультации как элемент маршрута особенно зависят от доступности полной и актуальной информации: без единого профиля пациента дистанционное решение неизбежно становится менее точным и более осторожным, что удлиняет маршрут (Ефремов С.А. и соавт., 2024).

Для клинического режима одной «единой базы» недостаточно: нужны две связанные платформы — обмена данными и телемедицинских коммуникаций. Платформа обмена данными отвечает за доставку и актуализацию структурированной информации между первичным звеном, СМП и специализированным центром: единый профиль пациента, анамнез, текущая противоопухолевая терапия и сопутствующие препараты, аллергии и ключевые риски осложнений, результаты лабораторных и инструментальных исследований, ссылки на изображения, решения консилиума и план ближайших действий. Платформа телемедицинских коммуникаций решает другую задачу — быстрый контакт «врач–врач» и «бригада–стационар» с передачей клинических параметров (в т.ч. витальные показатели/ЭКГ при необходимости) и контекстом случая из ЭМК, чтобы консультация не превращалась в пересказ по телефону и не требовала параллельного ручного поиска данных. В таком контуре принципиален равный доступ к электронной карте для всех участников маршрута (первичный прием, СМП, специализированная помощь) — это уменьшает повтор обследований и снижает вероятность ошибочных решений на стыках уровней (Сертакова О.В. и соавт., 2021). Отдельным компонентом должна быть связка с оперативным монитором ресурсов (наличие мест, возможностей госпитализации, доступность диагностических «окон», профильных коек и др.), чтобы направление пациента и телемедицинская консультация сразу опирались на реальную доступность мощностей, а не на формальные маршруты.

Наконец, единая база данных требует прозрачной модели доступа и защиты информации. Для клинического контура принципиальны разграничение прав, аудит действий пользователей и воспроизводимость изменений; для аналитического контура — использование обезличивания или псевдонимизации, чтобы снижать риски утечек при работе с большими массивами данных. В национальных программах цифрового контура здравоохранения подчеркивается необходимость защищенной передачи данных и интеграции медицинских информационных систем на разных уровнях, что формирует организационную рамку для такой архитектуры.

3.2.3. Интеграция цифровых инструментов в общественное здравоохранение

Цифровая маршрутизация пациента с РПЖ дает максимальный эффект тогда, когда данные начинают работать не только на уровне отдельного случая, но и на уровне популяции — как инструмент общественного здравоохранения. Здесь целью является не просто «провести» пациента по маршруту, а видеть, как устроен поток пациентов, где возникают задержки, какие группы риска формируют основной вклад в позднее выявление, и какие организационные решения реально меняют исходы. На практике это возможно только при связке клинических данных (ЭМК, диагностические и лечебные события) с регистрами и административными источниками, позволяющими получать устойчивые показатели заболеваемости, стадийности, смертности и охвата лечением (Каприн А.Д. и соавт., 2023; Bray F. et al., 2024).

Функциональным ядром такого механизма должен быть онкологический регистр, который фиксирует случаи заболевания, стадию, лечение и исходы, а затем превращает эти сведения в управленческие индикаторы. При РПЖ это особенно важно, поскольку болезнь быстро прогрессирует, а небольшое «смещение» сроков диагностики приводит к заметным изменениям доли операбельных случаев и, следовательно, к принципиально разным траекториям лечения и затрат. Встроенные цифровые механизмы позволяют перейти от отчетности «постфактум» к регулярной оценке — например, отслеживать интервалы маршрута (первое обращение — визуализация — морфология — начало лечения) и связывать их с исходами и осложнениями, то есть анализировать систему как процесс, а не как набор разрозненных посещений (Сертакова О.В. и соавт., 2021).

Интеграция в общественное здравоохранение требует, чтобы регистр и аналитический контур не были изолированы от источников, которые вуалируют типовые провалы данных. Так, сопоставление регистра с данными ОМС позволяет уточнять статус наблюдения, корректировать списки пациентов, снижать долю неясных случаев и повышать достоверность расчета охватов и результатов. Практический эффект такой связки показан на опыте взаимодействия популяционного ракового регистра и территориального фонда ОМС в части актуализации сведений о состоящих на учете пациентах (Шадрова О.М. и соавт., 2022).

Следующий уровень — использование единого цифрового контура как инфраструктуры, которая делает эти данные сопоставимыми между организациями и регионами. Когда медицинские информационные системы интегрированы в государственную платформу и поддерживают единые принципы обмена данными, появляется техническая возможность для «вертикальной» онкологической информационной системы: первичное звено, диспансер, федеральный центр, лаборатории и телемедицина начинают работать в единой логике и с единым набором событий. В этом случае общественное здравоохранение получает не только итоговые числа по заболеваемости, но и информацию о том, как именно формируются задержки и где упускается время.

Когда данные становятся сквозными, цифровые инструменты начинают решать задачи, которые традиционно считались трудновыполнимыми для РПЖ из-за отсутствия массового скрининга. Речь идет о таргетированном выявлении групп риска и управлении этими группами на уровне популяции. В глобальных оценках бремени РПЖ рост потерь здоровья тесно связан с модифицируемыми факторами. Если эти детерминанты фиксируются в ЭМК и доступны для анализа (в том числе в виде динамики лабораторных показателей), здравоохранение получает возможность не «искать всех», а системно выделять группы повышенного риска и направлять их на дополнительную диагностику. В качестве технического решения здесь применимы модели машинного обучения, работающие с результатами лабораторной диагностики и продольными рядами данных, поскольку именно они позволяют обнаруживать комбинации признаков, которые врач в обычном потоке может не связать в единый сигнал риска (Гусев А.В. и соавт., 2022).

Отдельная задача здравоохранения — контроль качества и доступности помощи. РПЖ предъявляет к системе особенно жесткие требования — время становится критическим ресурсом, а организационные разрывы быстро превращаются в клинические потери. В этой логике цифровые инструменты используются как «сенсоры» качества — они позволяют измерять не только конечные исходы, но и промежуточные точки, где система дает сбой — повторные направления, дубли обследований, задержки морфологии, поздние обращения в специализированные центры. Подобный подход важен еще и потому, что он переводит

управление качеством из режима экспертной оценки в режим регулярной, воспроизводимой аналитики, сопоставимой между учреждениями. На уровне практики этому способствует и телемедицина: дистанционные консультации для первичных пациентов уменьшают число лишних визитов, снижают долю дефектов обследования и ускоряют согласование диагностических маршрутов между уровнями помощи (Ефремов С.А. и соавт., 2024).

Интеграция цифровых инструментов в здравоохранение также меняет принципы планирования ресурсов. Для РПЖ важно не только наличие «точек» высокотехнологичной помощи, но и их доступность во времени и пространстве. Когда система располагает точными данными о потоках пациентов, стадийности, объемах хирургии и лекарственной терапии, она может обоснованно планировать потребности в диагностике, хирургических койках, химиотерапевтических мощностях и паллиативной поддержке. Такой управленческий контур особенно значим в условиях, когда здоровье населения влияет на параметры рынка труда и социально-экономическую динамику регионов, а ранняя утрата трудоспособности создает дополнительную социальную нагрузку (Дудин М.Н., Голышко П.В., 2022).

Наконец, здравоохранение нуждается в замкнутом цикле оценки. Цифровые решения должны позволять не только внедрять новые маршруты, но и проверять их эффект — на уровне времени до диагностики, структуры стадий, осложнений, выживаемости, инвалидизации и экономических потерь. Для этого важны сопоставимость данных, единые правила кодирования и культура качества данных, иначе даже сильные аналитические инструменты будут воспроизводить ошибки исходной информации (Вошев Д.В. и соавт., 2023).

Таким образом, интеграция цифровых инструментов в здравоохранение при РПЖ — это переход от эпизодической цифровизации к системе, где данные поддерживают три уровня решений одновременно — клинический (тактика для конкретного пациента), организационный (управление маршрутом и сроками) и популяционный (управление риском, ресурсами и результатами на уровне региона/страны). Инфраструктурной основой такой конструкции выступают единый цифровой контур и вертикально интегрированные онкологические системы, обеспечивающие прослеживаемость пациента и сопоставимость показателей.

Контур управления качеством (KPI и триггеры)

Цифровая модель маршрутизации пациента приобретает практическую ценность только при наличии управленческого контура, который переводит данные в регулярные решения. Цифровизация не должна сводиться только к накоплению информации — ключевым становится формализованный цикл управления качеством, в котором заранее определенные индикаторы (KPI) и пороговые события (триггеры) запускают конкретные управленческие действия с последующей проверкой исполнения и оценкой эффекта.

Управленческий цикл целесообразно описывать как последовательность: выявление триггера — управленческое действие — контроль исполнения — оценка результата и обратная связь (корректировка мер и порогов). Такой подход позволяет перейти от отчетности постфактум к управлению процессом маршрута и его результатами.

KPI должны быть показателями, доступными для регулярного измерения и сопоставимыми по территориям и периодам; управляемыми, то есть зависеть от организационных решений, а не только от фоновых эпидемиологических факторов. Также KPI должны интерпретироваться через действия — каждый показатель должен иметь понятное управленческое следствие, позволяющее назначить ответственных и выбрать меры (маршрутизация, доступность стадирующих исследований, обеспечение верифицирующих процедур, стандартизация документации и т.д.). Опорой для базовых KPI выступают данные онкологических регистров и сводной онкостатистики, которые обеспечивают стабильность расчетов и сопоставимость показателей (Каприн А.Д. и др., 2023; Моисеенко В.Е. и др., 2021).

Пороговые триггеры задаются не как абстрактные нормы, а как правила реагирования на события, свидетельствующие о риске организационных сбоев маршрута. Практически целесообразно использовать сочетание трех типов триггеров. Во-первых, ранговые (территориальные) триггеры — попадание территории или медицинской организации в зоны неблагополучия по квартильному ранжированию по ключевым индикаторам (Q1–Q4: от лучших 25% до худших 25%; зона неблагополучия обычно соответствует Q3–Q4). Для показателей, где неблагополучие проявляется снижением (например, доля морфологической верификации), ранжирование проводится в обратном

направлении, чтобы «зона неблагополучия» оставалась сопоставимой. Во-вторых, триггеры динамики — ухудшение показателя относительно собственного базового уровня территории или предыдущего периода, даже если значение еще не попало в самый неблагополучный квартиль. В-третьих, композитные триггеры — устойчивые неблагоприятные комбинации нескольких KPI, формирующие профиль риска и требующие не точечного вмешательства, а согласованного организационного пакета мер.

Для РПЖ управленчески наиболее чувствительными являются показатели, отражающие качество диагностического этапа и ближайшие исходы, поскольку именно они быстро реагируют на организационные изменения и определяют тяжесть контингента. В качестве приоритетных KPI целесообразно использовать индикаторы позднего выявления (доля IV стадии), полноты стадирования (доля случаев со стадией не установлена), морфологической верификации и интегральный показатель ближайших исходов (одногодичная летальность). Эти индикаторы широко применяются в популяционных оценках и позволяют сопоставлять территории и периоды как на национальном, так и на международном уровне (Каприн А.Д. и др., 2023; Bray F. et al., 2024).

Для каждого KPI в цифровом контуре должны быть определены источник данных, правило расчета и управленческое действие при срабатывании триггера. Так, рост доли неустановленной стадии чаще всего указывает на дефициты в маршруте стадирования и требует аудита доступности и своевременности визуализации и иных стадирующих исследований; при этом клиническая значимость корректного стадирования и роль визуализации в PDAC подробно описаны в современных обзорах (Elbanna K.Y. et al., 2020). Снижение морфологической верификации требует проверки доступности биопсии и корректности оформления направлений и заключений.

Для практической реализации контура управления качеством целесообразно закрепить двухуровневую схему принятия решений. На уровне медицинской организации формируется оперативный контур: контроль полноты стадирования и верификации, качество выписок и направлений, внутренний аудит проблемных случаев и корректность кодирования/заполнения ключевых полей. На региональном уровне действует контур приоритетности и маршрутизации: ранжирование территорий и медицинских организаций, включение в программы адресных

мер, организационное обеспечение доступности стадирующих процедур и консилиумов, настройка направления в референс-центры, а также согласование маршрута лекарственного лечения в соответствии с действующими клиническими рекомендациями (Моисеенко В.Е. и др., 2022; Покатаев И.А. и др., 2022).

Наглядно, источники триггеров и их решение представлены в таблице 3.1.

Периодичность управленческого цикла целесообразно дифференцировать по типу показателей. Процессные KPI (полнота стадирования, верификация, качество документации) рационально контролировать ежеквартально, поскольку они отражают организационные сбои здесь и сейчас и допускают быстрые корректировки. KPI ближайших исходов целесообразно оценивать ежегодно с обязательным анализом динамики и подтверждением/снятием триггеров (Каприн А.Д. и др., 2023).

При наличии композитного профиля риска требуется механизм эскалации, предполагающий матричный принцип выбора мер: при доминировании признаков позднего выявления приоритетом становится аудит маршрута первичное звено — онкослужба и сокращение задержек до стадирующих исследований; при доминировании неполноты стадирования — стандартизация стадирования и документации с внутренним контролем качества данных; при смешанном профиле — комбинированный пакет мер с участием регионального уровня и закреплением ответственности и сроков. В управленческий пакет для пациентов с распространенными стадиями должна включаться координация паллиативной и поддерживающей помощи как обязательной части маршрута (Mazur R., Trna J., 2023). Таким образом, система KPI и триггеров задает не только мониторинг, но и технологию управленческого реагирования, которая делает цифровую маршрутизацию измеримой, сопоставимой и воспроизводимой в разных организационных условиях.

3.3. Система непрерывного мониторинга состояния пациента

3.3.1. Использование мобильных приложений и носимых устройств

Непрерывный мониторинг при РПЖ нужен не «для контроля ради контроля», а как способ сократить интервал между началом ухудшения и клинической реакцией. Для этой нозологии характерны быстрые изменения состояния — на фоне лекарственной терапии и после хирургического этапа симптомы и осложнения могут нарастать в течение суток, а промедление ведет к незапланированным обращениям, госпитализациям и срыву последующих этапов лечения. В такой ситуации цифровой мониторинг целесообразно строить как сочетание двух потоков данных — самооценки пациента в мобильном приложении и объективных измерений с помощью носимых устройств, которые дополняют друг друга и снижают риск пропуска клинически значимого ухудшения.

Мобильное приложение в модели непрерывного наблюдения выполняет роль «цифрового дневника» и канала структурированного сбора patient-reported outcomes (PRO). Его преимущество в том, что оно позволяет фиксировать симптомы, которые не всегда отражаются в стандартных физиологических показателях — боль, тошноту, изменения аппетита, слабость, тревогу, нарушения сна, переносимость питания и прием препаратов. Чтобы эти данные имели клиническую ценность, их стоит собирать не в виде свободного текста, а через короткие стандартизированные шкалы и опросники. Для пациентов с РПЖ доказана валидность инструментов оценки качества жизни и симптомной нагрузки (FACT-Hep и производные индексы), чувствительных к изменениям состояния на фоне прогрессирования и терапии (Cella D. et al., 2012). Для эмоционального состояния уместны HADS и онкологические опросники общего профиля (QLQ-C30), поскольку тревожно-депрессивные расстройства у этих пациентов распространены и влияют на комплаентность и социальную адаптацию (Каприн А.Д. и соавт., 2023).

В прикладной логике приложение должно работать как «короткий цикл обратной связи»: пациент ежедневно (или с иной заданной частотой) вводит параметры самочувствия и отвечает

Таблица 3.1

KPI и пороговые триггеры цифрового мониторинга маршрута пациента с РПЖ

Блок KPI	Индикатор	Источник данных	Пороговый «триггер» (правило реагирования)	Управленческое действие (пример)
Диагностика и стадирование	Доля выявления РПЖ в IV стадии	Онкорегистр	Зона неблагополучия по ранжированию (Q3–Q4); и/или рост показателя относительно собственного базового уровня/предыдущего периода.	Аудит маршрута (первичное звено — онкослужба), сокращение сроков до КТ/МРТ/ЭУЗИ, усиление маршрутизации в референс-центры
Качество учета/полнота стадирования	Доля «стадия не установлена» (включая нестадируемые)	Онкорегистр	Зона неблагополучия по ранжированию (Q3–Q4); и/или рост доли относительно собственного базового уровня/предыдущего периода.	Стандартизация стадирования и оформления документации, внутренний аудит кодирования, повышение доступности стадирующих исследований
Верификация	Морфологическая верификация при РПЖ	Онкорегистр; выписки/патология	Устойчиво низкий уровень/снижение; «сигнал» по документам: отсутствие гистологии без указанной причины	Обеспечение доступности биопсии/патологии; регламент: при отсутствии гистологии обязательное обоснование и фиксация причины; стандартизация требований к выписке
Ближайшие исходы	Одногодичная летальность при РПЖ	Онкостатистика/регистр смертности	Уровень не снижается / ухудшается по сравнению с прошлым периодом; композитно: одновременно высокая IV стадия + высокая 1-годичная летальность	Приоритетность мер ускорения маршрута (диагностика–консилиум–лечение), раннее подключение паллиативной помощи и симптом-контроля при неблагоприятном прогнозе

Таблица 3.1 (Окончание)

Блок KPI	Индикатор	Источник данных	Пороговый «триггер» (правило реагирования)	Управленческое действие (пример)
Медико-социальные последствия	Уровень первичной инвалидности вследствие РПЖ (на 100 тыс.)	ЕАВИИАС МСЭ, формы ФСН	Рост уровня/устойчиво высокий уровень; композитно: рост на фоне высокой IV стадии/низкой верификации	Усиление преемственности «онкология — МСЭ»: стандартизация направления, контроль полноты клинического блока (локализация C25, TNM, метастазы, лечение, осложнения)
Медико-социальная тяжесть	Удельный вес I группы среди первично признанных инвалидами	ЕАВИИАС МСЭ, формы ФСН	Рост доли I группы / смещение структуры к более тяжелым группам	Ранний симптом-контроль и паллиатив, маршрутизация «тяжелых» профилей; контроль качества клинико-функционального описания (МКФ-профиль)
Преемственность и качество документов (процессный KPI)	Доля направлений на МСЭ без ключевых клинических атрибутов (TNM/метастазы/гистология/объем лечения)	Медицинская документация направления (088/у и др.)	Любая систематическая неполнота (как управляемая причина расхождений экспертных решений)	Регламент «клинического ядра случая»: обязательные поля в выписке/направлении; обучение и внутренний аудит качества направления

на несколько вопросов, а система автоматически сопоставляет ответы с индивидуальными порогами риска. Важный момент — пороги должны быть клинически интерпретируемыми и привязанными к контексту лечения (послеоперационный период, химиотерапия, паллиативная помощь). Тогда цифровой дневник становится не формой отчетности, а инструментом раннего предупреждения: при нарастании боли, появлении лихорадки, резком снижении потребления пищи или жидкости, ухудшении функционального статуса система формирует сигнал для медицинской команды и предлагает пациенту понятный план действий. Эта логика согласуется с общим направлением цифровизации онкопомощи, где электронные каналы связи и дистанционные контакты используются для поддержания непрерывности наблюдения и раннего выявления проблем без обязательного очного визита (Сертакова О.В. и соавт., 2021; Пузин С.Н. и соавт., 2022).

Носимые устройства добавляют второй, независимый слой контроля — пассивную регистрацию объективных показателей. В клинической практике наиболее применимы параметры, которые меняются раньше, чем пациент формулирует жалобу — снижение двигательной активности, изменение частоты сердечных сокращений в покое, нарушения сна, колебания температуры кожи или сатурации (в зависимости от класса устройства). Для РПЖ эти маркеры важны потому, что функциональное ухудшение нередко предшествует явным симптомам и связано как с осложнениями лечения, так и с прогрессированием заболевания. Встроенные алгоритмы могут использовать динамику показателей у конкретного пациента, что повышает чувствительность к индивидуально значимым изменениям.

Особенно перспективны такие возможности в послеоперационном периоде. Хирургия поджелудочной железы ассоциирована с высоким риском осложнений, поэтому программы ускоренного восстановления (ERAS) нацелены на раннюю активизацию, адекватное обезболивание, нутритивную поддержку и стандартизированное ведение, позволяющее быстрее восстановить функциональный статус и уменьшить длительность госпитализации (Sun Y.M. et al., 2020; Longo F. et al., 2024). При этом соблюдение протоколов и контроль ключевых параметров напрямую связаны с результатами лечения (Ritter A.S. et al., 2024). В таких условиях носимые устройства и приложение становятся

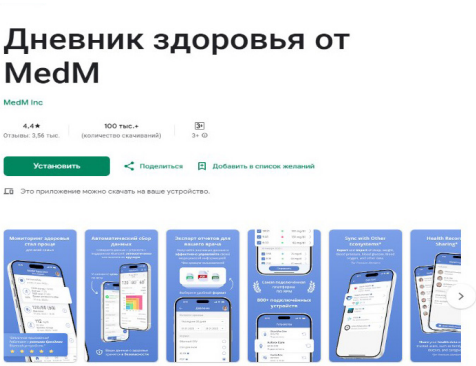


Рисунок 3. Цифровой личный дневник здоровья

техническим продолжением ERAS вне стационара — они позволяют объективно оценивать восстановление активности и своевременно замечать отклонения от ожидаемой траектории, когда пациент уже выписан и временное окно для профилактики осложнений особенно невелико.

Чтобы мобильные и носимые решения работали как часть системы, а не как разрозненные гаджеты, данные должны автоматически попадать в клинический контур — в профиль пациента в медицинской информационной системе, с возможностью просмотра динамики, фиксации клинических действий и последующей оценки результатов. Практически это означает, что мониторинг не может быть полностью делегирован в отдельное приложение без интеграции; иначе врач получает параллельный поток сообщений, который трудно интерпретировать и невозможно использовать для аудита качества. Для цифровой трансформации здравоохранения в целом именно интеграция и стандартизация данных рассматриваются как условие устойчивости цифровых решений, а не как второстепенная IT-задача (Вошев Д.В. и соавт., 2023; Минздрав РФ, 2019–2024).

Наконец, при внедрении важно учитывать человеческий фактор. У пациентов с РПЖ часто снижена толерантность к нагрузкам, выражена астения и тревога, поэтому интерфейс должен быть коротким, а частота опросов — клинически оправданной. Оптимальным считается способ, при котором приложение собирает минимально необходимый набор данных ежедневно, а расширенные анкеты качества жизни применяются реже, но

регулярно, чтобы фиксировать устойчивые изменения и эффект поддержки (Cella D. et al., 2012). Такая настройка позволяет удержать приверженность и одновременно получить данные, подходящие для клинических решений и последующего анализа качества маршрута.

3.3.2. Отслеживание побочных эффектов терапии и осложнений

Непрерывный мониторинг при РПЖ должен быть ориентирован на две группы событий — токсичность системной терапии и послеоперационные осложнения, поскольку именно они чаще всего нарушают план лечения, ускоряют функциональное снижение и становятся причиной внеплановых госпитализаций. Для системной терапии характерно ухудшение качества жизни за счет гематологических, гастроинтестинальных и нейротоксических осложнений, причем выраженность этих эффектов нарастает у уязвимых групп (пожилой возраст, исходная нутри-



Рисунок 4. Профиль пациента в медицинской информационной системе

тивная недостаточность, коморбидность) (Валиев Р.К., 2015; Манукян М.Ш. и соавт., 2024).

С практической точки зрения, цифровое отслеживание побочных эффектов опирается на структурированный сбор симптомов и их клиническую интерпретацию. Пациент фиксирует интенсивность боли, тошноты, расстройства стула, слабости, нарушения сна, снижение аппетита и переносимость питания, а также эпизоды лихорадки или нарастающей одышки; эти данные сопоставляются с индивидуальными порогами риска и с контекстом лечения. Преимущества такой тактики в том, что симптомная динамика становится количественной, сопоставимой во времени и пригодной для раннего вмешательства — коррекции терапии, подключения нутритивной поддержки, оптимизации обезболивания или смены режима наблюдения (Cella D. et al., 2012; Mazur R., Trna J., 2023).

Чтобы мониторинг был клинически управляемым, важна не частота опросов, а логика выборки. В цифровой модели обычно выделяются три уровня сигналов — состояния, требующие немедленного контакта с медицинской организацией (например, лихорадка на фоне терапии, быстро прогрессирующая слабость, нарастающая боль, признаки обезвоживания); ситуации, требующие плановой дистанционной оценки в ближайшие дни (стойкая тошнота, ухудшение переносимости пищи, выраженная диарея); и изменения, которые фиксируются для последующего решения на очном приеме. Такая сортировка снижает риск пропуска опасных осложнений и одновременно предотвращает перегрузку врача малозначимыми уведомлениями, что особенно важно при массовом внедрении дистанционных технологий (Ефремов С.А. и соавт., 2024; Сертакова О.В. и соавт., 2021).

Послеоперационный сегмент мониторинга имеет свою специфику — клинически значимыми становятся осложнения, определяющие структуру раннего послеоперационного периода после резекций поджелудочной железы — панкреатические свищи, задержка эвакуации желудка, инфекционные осложнения, выраженная нутритивная недостаточность. Современные методики ERAS рассматривают профилактику и раннее выявление этих состояний как ключевой элемент улучшения исходов, а уровень соблюдения протокола прямо связан с частотой тяжелых осложнений и длительностью госпитализации (Longo F. et al., 2024; Ritter A.S. et al., 2024; Sun Y.M. et al., 2020). В этом кон-

тексте цифровое наблюдение полезно не только после выписки, электронная «дорожная карта» может фиксировать динамику боли, переносимость питания, частоту рвоты, температуру, характер стула, а также выполнение дыхательных и двигательных упражнений; отклонения от ожидаемой траектории восстановления становятся поводом для оперативного контакта с командой и корректировки ведения.

Носимые устройства усиливают безопасность мониторинга, потому что фиксируют ранние признаки ухудшения, которые пациент может недооценить — снижение повседневной активности, ухудшение сна, изменения частоты сердечных сокращений в покое. В послеоперационном периоде такие данные дополняют симптомные отчеты и позволяют выявлять нарушения восстановления еще до развернутой клинической картины, что согласуется с идеей цифрового сопровождения ERAS и снижением послеоперационной заболеваемости при более строгом контроле выполнения протокола (Vardhan Reddy G. et al., 2025; Ritter A.S. et al., 2024).

Отдельного внимания требуют осложнения, которые критичны по последствиям и требуют высокой настороженности — сосудистые события и тяжелые послеоперационные осложнения после панкреатодуоденальной резекции. Их профилактика и лечение подробно обсуждаются в клинических работах, и именно по этим причинам цифровой мониторинг должен быть встроен в систему, где при появлении тревожных признаков обеспечивается быстрая маршрутизация пациента в профильный стационар, а не только обмен сообщениями (Загайнов В.Е. и соавт., 2024; Кабанов М.Ю. и соавт., 2023).

Наконец, устойчивость такого мониторинга определяется интеграцией с медицинской информационной системой — симптомы и объективные параметры должны автоматически попадать в единый профиль пациента, формируя непрерывную клиническую историю и позволяя оценивать результативность вмешательств на уровне учреждения и региона. Это соответствует общим принципам цифровой трансформации здравоохранения, где ценность создает не отдельное приложение, а связанный контур данных, коммуникаций и управляемых решений (Вошев Д.В. и соавт., 2023).

3.4. Перспективы цифровой онкологии

3.4.1. Персонализированная медицина и геномное профилирование

Персонализированная медицина в онкологии опирается на простую идею — клиническое решение должно учитывать не только стадию и функциональный статус пациента, но и молекулярные особенности опухоли, которые определяют чувствительность к терапии и риск раннего прогрессирования. Для РПЖ это направление особенно важно, потому что стандартные схемы лечения дают ограниченный результат, а биология опухоли и ее микросреды заметно варьируют между пациентами (Vincent A. et al., 2011; Bugazia D. et al., 2024).

Молекулярная стратификация в клинической логике ведет не только к выбору «препарата», но и к выбору класса системного воздействия. Таргетная терапия ориентирована на подавление конкретных молекулярных мишеней (по данным профилирования), тогда как иммунотерапия использует модифицированные антитела и воздействует через иммунный ответ пациента. Для цифровой модели это означает, что в едином профиле пациента должны храниться не просто названия назначений, а их класс, линия терапии и ключевые ограничения, риски — иначе невозможно корректно строить аналитику эффективности и безопасности по подгруппам (Юрова Е.Н. и соавт., 2021).

Геномное профилирование в клинической практике решает две задачи. Первая — поиск предиктивных маркеров, которые позволяют обоснованно выбирать терапию, например, варианты нарушений репарации ДНК, особенности сигнальных путей или редкие, но потенциально «таргетируемые» перестройки. Вторая — уточнение прогноза и стратификация риска, когда молекулярные данные помогают объяснить различия в клиническом течении у пациентов с внешне похожей стадией и объемом опухоли (Bugazia D. et al., 2024; Fiore M. et al., 2023).

В перспективной модели цифровой онкологии геномное тестирование перестает быть разовой «дорогой опцией» и превращается в стандартный слой данных, который подключается в правильной точке маршрута. На этапе первичной верификации это обычно означает, что биопсийный материал сразу готовится с учетом требований молекулярного анализа, а результаты

секвенирования возвращаются не отдельным PDF-файлом, а структурированным набором признаков (вариант, уровень доказательности, клиническая интерпретация, потенциальные опции терапии и клинические исследования). Такой формат снижает риск «потери» данных и позволяет использовать их для автоматизированной поддержки принятия решений и подбора терапии (Martin-Perez E. et al., 2020; Bugazia D. et al., 2024).

Отдельное направление персонализации связано с разграничением соматических и герминальных вариантов. Для практики это принципиально: выявление наследственных мутаций влияет не только на выбор лечения, но и на обследование родственников и профилактические стратегии. В популяционных данных и обзорах подчеркивается клиническая значимость нарушений генов репарации ДНК (в частности BRCA2) для подгруппы пациентов с РПЖ, что формирует основу для более адресного выбора схем и наблюдения (Khalaf N., 2021; Vincent A. et al., 2011).

Технически геномное профилирование требует клинически надежного контура интерпретации. Даже при наличии NGS-данных ключевым остается вопрос применимости в клинике — один и тот же вариант может иметь разный смысл в зависимости от контекста (тип образца, опухолевая клеточность, предшествующая терапия, сопутствующие мутации). Поэтому устойчивой практикой считается клинико-молекулярное обсуждение результатов, где заключение строится не вокруг «списка мутаций», а на основе терапевтических гипотез с уровнем доказательности и ограничениями (Bugazia D. et al., 2024).

Дополнительная возможность персонализации связана с жидкой биопсией и динамическим мониторингом молекулярного сигнала. Для РПЖ это направление интересно тем, что позволяет переходить от статического снимка опухоли к наблюдению во времени — оценивать молекулярный ответ, отслеживать появление резистентных клонов и потенциально фиксировать минимальную остаточную болезнь. Практическим примером служит обнаружение мутаций KRAS в циркулирующей опухолевой ДНК, где цифровые методы выявления дают возможность регистрировать опухолевый сигнал даже при небольшой опухолевой массе (Brychta N. et al., 2016). При этом важно подчеркивать, что клинические сценарии использования таких данных требуют стандартизации и валидации, иначе мониторинг превращается в источник второстепенных сигналов (O'Neill R.S., Stoita A., 2021).

Встраивание персонализированной медицины в цифровую модель помощи означает, что геномные результаты становятся частью единого профиля пациента и используются как для клинических решений, так и для выработки тактики — оценки доли пациентов, которым доступно молекулярное тестирование, времени ожидания результата, частоты выявления клинически значимых вариантов и доли случаев, где молекулярные данные реально изменили лечение. Такая методика позволяет оценивать не «наличие технологии», а ее влияние на маршрут и исходы, что и отличает перспективные модели цифровой онкологии от точечного внедрения отдельных тестов (Bugazia D. et al., 2024; Martin-Perez E. et al., 2020).

3.4.2. Искусственный интеллект в управлении качеством онкопомощи

Управление качеством в онкологии все меньше сводится к ретроспективной отчетности и все больше опирается на непрерывный контроль того, как именно устроен процесс помощи, насколько полно выполнен диагностический минимум, сколько времени занимает каждый этап маршрута, где возникают дефекты обследования и почему пациент выпадает из наблюдения.



Рисунок 5. Обнаружение мутаций KRAS в циркулирующей опухолевойц ДНК

Цифровая среда делает эти параметры измеряемыми, а ИИ — инструментом, который позволяет работать с ними в режиме близком к реальному времени, выявляя «слабые места» не по отдельным жалобам, а по данным о потоке пациентов (Вошев Д.В., 2023; Пузин С.Н., 2022).

Практическая ценность ИИ в управлении качеством связана прежде всего с аналитикой процессов. В клинике и на уровне региональной службы можно автоматизировать расчет ключевых интервалов (обращение — визуализация — морфология — начало лечения), а затем применять модели машинного обучения для выявления нетипичных траекторий — повторяющихся направлений без результата, затянувшейся диагностики, несогласованности данных между источниками, резкого роста госпитализаций по осложнениям на фоне терапии. Такие модели работают тем лучше, чем богаче продольные ряды данных. Сочетание диагнозов, назначений и факта обращения позволяет строить прогнозы риска и одновременно подсвечивать организационные причины задержек (Zheng C., 2025; Гусев А.В., 2022).

Вторая линия применения — снижение вариабельности и контроль качества диагностики. Для РПЖ особенно значима устойчивость радиологического и морфологического этапов, даже небольшая разница в интерпретации изображений или в полноте протокола может изменить тактику. Алгоритмы глубокого обучения повышают воспроизводимость рутинных операций (сегментации поджелудочной железы на КТ как части стандартизированного анализа), что создает базу для более унифицированных диагностических выводов и сопоставимости результатов между учреждениями (Moglia A., 2025). При этом ИИ в управлении качеством важен не как «замена специалиста», а как механизм снижения разброса решений и автоматической фиксации параметров качества исследования, которые затем можно контролировать на уровне службы.

Отдельный эффект дает связка ИИ с телемедицинскими и маршрутизационными платформами. В реальной практике дефекты обследования и лишние визиты часто возникают из-за неполноты направлений и несогласованности действий между уровнями помощи. Когда консультации и маршрутизация ведутся в цифровом пространстве, появляется возможность автоматической проверки комплектности данных (есть ли нужные исследования, корректен ли протокол, приложены ли изобра-

жения), а также приоритетности пациентов по риску. Показано, что внедрение телемедицинских консультаций для первичных пациентов снижает долю дефектов обследования и сокращает путь до начала лечения; ИИ-компонент в такой системе может усиливать этот эффект за счет более точной сортировки и раннего выявления проблемных мест в подготовке пациента (Ефремов С.А., 2024).

Важно, что ИИ-инструменты полезны и для контроля качества хирургического и послеоперационного этапов, где критично соблюдение протоколов ведения и раннее распознавание осложнений. В исследованиях по ERAS показана связь между соответствием протоколу и исходами после операций на поджелудочной железе. Цифровые системы позволяют фиксировать соблюдение ключевых элементов и сопоставлять его с осложнениями и длительностью госпитализации. Предиктивные модели могут выделять пациентов с повышенным риском неблагоприятного течения еще до клинической манифестации (Ritter A.S., 2024; Vardhan Reddy G., 2025).

При внедрении ИИ в контур качества главный риск связан не столько с точностью модели, сколько с доказуемостью и контролируемостью ее решений. Для клиники принципиальны внешняя валидация, мониторинг деградации качества на новых данных, протоколирование версий модели и наличие механизмов объяснения результата — иначе алгоритм невозможно использовать как доказательный элемент и тем более как часть клинической поддержки (Mejza M., 2025; Večurkovská I., 2025). Эти требования становятся особенно жесткими для высокорисковых применений, где затрагиваются права пациента и безопасность медицинских решений (Mejza M., 2025).

Наконец, зрелость ИИ-управления качеством зависит от человеческого фактора. Цифровые инструменты дают эффект только тогда, когда врачи и администраторы умеют ими пользоваться, доверяют метрикам и готовы менять процессы по результатам анализа. Поэтому развитие цифровых компетенций медицинских работников следует рассматривать как необходимое условие устойчивого внедрения ИИ в онкологическую службу (Дудин М.Н., 2022).

3.4.3. Этические и правовые аспекты цифровизации

Цифровая онкология расширяет клинические возможности за счет данных — электронная медицинская документация, регистры, телемедицинские консультации, дистанционный мониторинг, молекулярные профили. Но чем выше степень цифровой связанности, тем выше цена ошибки — как клинической, так и правовой. Для РПЖ это особенно заметно из-за высокой чувствительности данных (онкологический диагноз, геномные сведения, динамика состояния) и из-за того, что цифровые инструменты часто применяются в ситуациях с ограниченным временем для решения.

Вопросы вызывают конфиденциальность и безопасность данных. Онкологическая информация относится к чувствительной, а генетические данные имеют дополнительный риск повторной идентификации даже при обезличивании. Поэтому практическая этика здесь начинается с инженерных решений: минимизация собираемых данных, псевдонимизация для аналитических задач, разграничение прав доступа по ролям, аудит обращений к данным, защита каналов передачи и понятный план реагирования на инциденты. В государственных программах цифрового контура отдельно подчеркивается необходимость защищенных сетей и инфраструктуры для обмена данными между различными уровнями системы здравоохранения (Минздрав РФ, 2019–2024).

Вторая часть вопросов связана с информированным согласием и прозрачностью цифрового отслеживания пациента. При дистанционном наблюдении и использовании мобильных решений пациент фактически делится не только медицинскими фактами, но и поведенческими данными (активность, сон, частота контактов с системой). Эти данные могут влиять на клинические решения и маршрутизацию, поэтому пациенту должно быть ясно, какие сведения собираются, кто их видит, что обрабатывается автоматически, а что оценивает врач. В телемедицинском формате проблема усугубляется тем, что часть решений принимается без очного контакта; следовательно, особое значение имеют стандартизированные правила дистанционной оценки и фиксация ответственности участников (Ефремов С.А. и соавт., 2024; Сертакова О.В. и соавт., 2021).

Третья часть — юридическая верифицируемость решений, если в контуре появляется ИИ. Для клиники важно, чтобы ре-

зультат работы алгоритма можно было объяснить и воспроизвести. Какие данные использовались, какая версия модели работала, какие признаки повлияли на вывод, кто и как пересмотрел рекомендацию. На практике именно непрозрачность моделей глубокого обучения часто становится препятствием для внедрения. Система может демонстрировать хорошую точность, но быть трудно совместимой с требованиями к правам пациента и доказуемости клинического решения (Mejza M. et al., 2025).

Отдельную трудность представляет алгоритмическая справедливость и переносимость моделей. Чем больше набор данных, тем выше риск смещений: алгоритм может работать лучше в одной когорте и хуже в другой из-за отличий в протоколах обследований, составе пациентов, лабораторных методиках. Для онкологических задач это означает прямой риск неравенства доступа к качественной диагностике и триажу. Поэтому этическая приемлемость ИИ-инструментов фактически требует технических процедур — внешней валидации на независимых данных, мониторинга дрейфа, регулярной переоценки метрик после обновлений и контроля качества исходных данных (Mejza M. et al., 2025; Večurkovská I. et al., 2025).

Большой проблемой является распределение ответственности. Когда решение складывается из результатов визуализации, лабораторных панелей и рекомендаций ИИ, возрастает неопределенность. Ошибка может быть связана с данными, с моделью, с интерпретацией врача или с организационным разрывом маршрута. В европейском контексте это отражено в подходе к ML-системам как к высокорисковым — требуются прослеживаемость данных и версий, документированная клиническая оценка, пострыночный мониторинг и возможность человеческого пересмотра (Večurkovská I. et al., 2025). По сути, эти требования переводят вопрос «кто виноват?» в управляемую плоскость. Заранее должно быть решено, какие документы и процедуры позволяют установить причину ошибки и предотвратить повторение.

Кроме того, не решены вопросы межведомственной интеграции и границ допустимого обмена данными. Связка регистров, клинических систем, страховых и социальных контуров резко повышает аналитические возможности, но одновременно требует аккуратного определения целей обработки и набора передаваемых данных. Этический риск здесь двоякий — во-первых,

«расползание цели» (использование данных шире, чем предполагалось клинической задачей), во-вторых, снижение доверия пациента к системе. Поэтому устойчивые модели цифровизации опираются на разделение клинического и аналитического контуров и на организационную модель управления данными, где понятны владельцы наборов данных, правила доступа и основания для межведомственного обмена (Пузин С.Н. и соавт., 2022; Шадрова О.М. и соавт., 2022).

Наконец, цифровизация неизбежно поднимает вопрос цифрового неравенства. Пациенты с тяжелым течением, низкой цифровой грамотностью или ограниченным доступом к устройствам не должны терять качество помощи из-за того, что модель опирается на приложения и дистанционные каналы. Это означает, что у цифровых траекторий должны быть клинически равнозначные альтернативы, а медицинский персонал должен владеть цифровыми компетенциями, чтобы технологии не превращались в дополнительный барьер (Дудин М.Н. и соавт., 2022).

В сумме этические и правовые аспекты цифровизации в онкологии — не «надстройка» над технологиями, а часть их клинической эффективности. Если данные защищены, правила прозрачны, ответственность определена, а ИИ контролируем и переносим, цифровые инструменты усиливают качество маршрута; если нет — они увеличивают риски и снижают доверие, без которого масштабирование цифровой онкопомощи невозможно (Mejza M. et al., 2025).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рак поджелудочной железы сохраняет статус одной из наиболее агрессивных опухолей с крайне неблагоприятным прогнозом, что определяется сочетанием биологических особенностей заболевания и поздней диагностики. В глобальном и российском контексте РПЖ сопровождается высокой одногодичной летальностью, значимой инвалидизацией и выраженным социально-экономическим бременем, что делает задачу оптимизации медицинской помощи не только клинической, но и управленческой, относящейся к сфере общественного здравоохранения.

Проведенный анализ показал, что ключевые потери эффективности маршрута пациента формируются на ранних этапах — низкая «онконастороженность» на первичном уровне, диагностические задержки, фрагментарность данных, несогласованность межуровневых переходов, а также дефицит инструментов, позволяющих управлять качеством не постфактум, а в режиме регулярной обратной связи. Одновременно доказано, что современный арсенал диагностических и лечебных технологий (включая продвинутую визуализацию, эндоскопические методы, биомаркерные панели, минимально инвазивную хирургию, ERAS-подходы и телемедицинские компоненты) способен улучшать результаты, но устойчивый эффект возникает лишь при их включении в единый процесс — с формализованными точками принятия решений, понятной ответственностью и измеряемыми исходами.

В рамках поставленной цели — представить модель оптимизированной медицинской помощи пациентам с РПЖ в условиях цифровой трансформации здравоохранения, в работе обоснована и описана интегративная цифровая модель маршрута пациента, объединяющая клинические решения и цифровой контур в непрерывный управляемый процесс: от раннего выявления до специализированного лечения. Важным выводом является то, что цифровизация должна рассматриваться не как внедрение отдельных ИТ-решений, а как перестройка логики маршрута на основе данных — интероперабельных, прослеживаемых и при-

годных для клинической интерпретации, с соблюдением требований безопасности и защиты персональных данных.

Содержательно предложенная модель включает

- риск-стратификацию на основе продольных данных ЭМК и алгоритмов ИИ как механизм «сигнализации» и отбора контингентов для углубленной диагностики;
- биомаркерную стратификацию с переходом от одиночных маркеров к панелям и алгоритмизируемым порогам;
- встроенный контур визуализации и морфологической верификации, где цифровые инструменты снижают вариабельность интерпретации и поддерживают стандартизацию протоколов;
- единый профиль пациента и связку регистров, информационных систем как основу сквозного ведения случая и управляемости маршрута на уровне территории;
- непрерывный мониторинг состояния пациента (включая дистанционное наблюдение за осложнениями и токсичностью терапии) как инструмент раннего выявления ухудшений и повышения преемственности.

Отдельное место занимает управленческий контур качества — показано, что для РПЖ наибольшую чувствительность к организационным изменениям демонстрируют показатели диагностического этапа и ближайших исходов. Поэтому предложено опираться на систему KPI и «триггеров» (в том числе ранговых и динамических), связывая их с управленческим циклом «сигнал — действие — контроль исполнения — оценка эффекта», что переводит мониторинг из формата статистической отчетности в формат управления по событиям и рискам.

Наконец, обосновано, что этико-правовые и организационные аспекты (границы межведомственного обмена, управление данными, доверие пациента, риски цифрового неравенства, требования к прозрачности алгоритмов и контролю решений ИИ) являются не внешним ограничением, а частью клинической эффективности цифровой модели — при их игнорировании масштабирование цифровых решений увеличивает риски и снижает качество помощи.

Практические рекомендации для клинической практики

1) Для клинической практики.

Целесообразно внедрять этапный маршрут раннего выявления и ускоренной диагностики, где первичный уровень не «направляет по жалобам», а регулярно формирует группы повышенного риска на основе данных ЭМК и клинических факторов; дальнейшие шаги (биомаркеры, визуализация, морфология) инициируются по формализованным порогам и динамике показателей. Это снижает зависимость маршрута от субъективных решений и уменьшает диагностические задержки.

2) Для хирургического и стационарного этапа.

Рекомендуется использовать цифровые инструменты для планирования вмешательств и обучения (VR/AR-компоненты), а также для поддержания ERAS-тактики с цифровым контролем послеоперационного периода и ранним выявлением осложнений. Такой контур особенно важен при высокой частоте осложнений и вариабельности результатов в зависимости от опыта центра.

3) Для амбулаторного наблюдения и мониторинга токсичности или осложнений.

Непрерывный мониторинг (мобильные приложения, дистанционные опросники, носимые устройства или альтернативные каналы наблюдения) должен быть встроен в клинические регламенты — важно заранее определить, какие показатели являются клинически значимыми сигналами, кто отвечает за реакцию и как фиксируется исполнение. При этом необходимо предусматривать нецифровые эквиваленты для пациентов с низкой цифровой доступностью.

4) Для администрации медицинской организации и региона.

Необходимо закрепить минимальный набор управленчески чувствительных KPI — доля позднего выявления (включая долю IV стадии), полнота стадирования (доля случаев со стадией «не установлена»), морфологическая верификация, одногодичная летальность, интервалы маршрута (первое обращение — визуализация — морфология — начало лечения). Для каждого по-

казателя должны быть определены источник данных, единое правило расчета, частота обновления, а также триггеры и действия при их срабатывании — с обязательной обратной связью по эффекту принятых мер.

5) Для контура данных и межуровневого взаимодействия.

Рекомендуется формировать «клиническое ядро случая» РПЖ (обязательные поля и атрибуты), обеспечивать прослеживаемость данных и версий алгоритмов, а также разделять клинический и аналитический контуры обработки данных, чтобы снижать риски размывания цели и поддерживать доверие пациента.

Перспективы внедрения цифровых решений в онкологическую службу РФ

Перспективной стратегией является поэтапное внедрение цифровой модели — от пилотирования в специализированных центрах и управленческих решений — к региональному масштабированию (сквозной регистр, межведомственные контуры данных, телемедицинские маршруты, интеграция с действующими информационными системами).

Критическим условием масштабирования остается создание устойчивой организационной модели управления данными — определение владельцев наборов данных, правил доступа, оснований для межведомственного обмена и механизмов аудита качества данных. Без этого цифровые инструменты будут воспроизводить фрагментацию маршрута в «электронном виде», а не устранять ее.

В части решений на основе ИИ ключевыми направлениями развития являются — клинически валидированные модели риск-стратификации и поддержки диагностики, механизмы прозрачности, мониторинг дрейфа данных и регламентированный человеческий пересмотр результата. Именно эти элементы позволяют не только повысить точность, но и обеспечить юридическую определенность и безопасность пациента в рутинной практике.

Отдельно следует подчеркнуть, что цифровая трансформация онкопомощи при РПЖ должна снижать, а не усиливать неравен-

ство. Необходимо проектировать альтернативные траектории для пациентов с ограниченным доступом к устройствам или низкой цифровой грамотностью, а также обеспечивать подготовку медицинского персонала, чтобы технологии не становились очередным барьером на пути к помощи.

В целом в работе подтверждено, что оптимизация медицинской помощи пациентам с РПЖ в условиях цифровизации общественного здравоохранения достижима при переходе от внедрения отдельных технологий к построению управляемой цифровой модели маршрута пациента, основанной на данных, измеряемых результатах и непрерывной обратной связи. Такая модель создает практический каркас для повышения раннего выявления, сокращения диагностических задержек, улучшения преемственности лечения и наблюдения, а также для усиления управляемости онкологической службы на уровне медицинской организации и региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Abboud Y., Gaddam S. The Role of Endoscopic Ultrasound-Guided Shear Wave Elastography in Pancreatic Diseases // Diagnostics. – 2024. – Vol. 14, No. 20. – Art. 2329. – DOI: 10.3390/diagnostics14202329.
2. Almisned F. A., Usanase N., Uzun Ozsahin D., Ozsahin I. Incorporation of explainable artificial intelligence in ensemble machine learning-driven pancreatic cancer diagnosis // Scientific Reports. 2025. Vol. 15. Article No. 14038. DOI: 10.1038/s41598-025-98298-0.
3. American Cancer Society, Inc. Cancer Facts & Figures 2023. Atlanta : American Cancer Society, Inc., 2022. – 82 p.
4. Bray F., Laversanne M., Sung H., Ferlay J., Siegel R. L., Soerjomataram I., Jemal A. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries // CA: A Cancer Journal for Clinicians. – 2024. – Vol. 74, no. 3. – P. 229–263. – DOI: 10.3322/caac.21834.
5. Brychta N., Krahn T., von Ahsen O. Detection of KRAS mutations in circulating tumor DNA by digital PCR in early stages of pancreatic cancer // Clinical Chemistry. – 2016. – Vol. 62, no. 11. – P. 1482–1491. – DOI: 10.1373/clinchem.2016.257469.
6. Bugazia D., Al-Najjar E., Esmail A., Abdelrahim S., Abboud K., Abdelrahim A., Umoru G. et al. Pancreatic ductal adenocarcinoma: the latest on diagnosis, molecular profiling, and systemic treatments // Frontiers in Oncology. – 2024. – Vol. 14. – Article 1386699. – DOI: 10.3389/fonc.2024.1386699.
7. Carioli G., Malvezzi M., Bertuccio P., Levi F., Boffetta P., Negri E., La Vecchia C. Cancer mortality and predictions for 2018 in selected Australasian countries and Russia // Annals of Oncology. – 2019. – Vol. 30, no. 1. – P. 132–142. – DOI: 10.1093/annonc/mdy489.
8. Cella D., Butt Z., Kindler H. L., Fuchs C. S., Bray S., Barlev A., Oglesby A. Validity of the FACT-Hepatobiliary (FACT-Hep) questionnaire for assessing disease-related symptoms and health-related quality of life in patients with metastatic pancreatic cancer // Quality of Life Research. – 2012. – Vol. 22, no. 6. – P. 1105–1112. – DOI: 10.1007/s11136-012-0217-4.
9. Costache M.I., Costache C.A., Dumitrescu C.I., Tica A.A., Popescu M., Baluta E.A., Anghel A.C., Saftoiu A., Dumitrescu D. Which is the Best Imaging Method in Pancreatic Adenocarcinoma Diagnosis and Staging: CT, MRI or EUS? // Current Health Sciences Journal. – 2017. – Vol. 43, No. 2. – P. 132–136. – DOI: 10.12865/CHSJ.43.02.05.
10. de Jesus V. H. F., Riechelmann R. P. Current treatment of potentially resectable pancreatic ductal adenocarcinoma: a medical oncologist's perspective // Cancer Control. – 2023. – Vol. 30. – Article 10732748231173212. – DOI: 10.1177/10732748231173212.
11. Debernardi S., O'Brien H., Algahmdi A. S., Malats N., Stewart G. D., Plješa-Ercegovac M., Costello E., Greenhalf W., Saad A., Roberts R., Ney A., Pereira S. P., Kocher H. M., Duffy S., Blyuss O., Crnogorac-Jurcevic T. A combination of urinary biomarker panel and PancRISK score for earlier detection of

pancreatic cancer: a case-control study // PLoS Medicine. 2020. Vol. 17, No. 12. P. e1003489. DOI: 10.1371/journal.pmed.1003489.

12. Elbanna K. Y., Jang H. J., Kim T. K. Imaging diagnosis and staging of pancreatic ductal adenocarcinoma: a comprehensive review // Insights into Imaging. – 2020. – Vol. 11, no. 1. – Article 58. – DOI: 10.1186/s13244-020-00861-y.
13. Fiore M., Coppola A., Petrianni G. M., Trecca P., D'Ercole G., Cimini P., Ippolito E. et al. Advances in pre-treatment evaluation of pancreatic ductal adenocarcinoma: a narrative review // Journal of Gastrointestinal Oncology. – 2023. – Vol. 14, no. 2. – P. 1114–1130. – DOI: 10.21037/jgo-22-1034.
14. Gheorghe G., Bungau S., Ilie M., Behl T., Vesa C. M., Brisc C., Bacalbasa N. et al. Early diagnosis of pancreatic cancer: the key for survival // Diagnostics. – 2020. – Vol. 10, no. 11. – Article 869. – DOI: 10.3390/diagnostics10110869.
15. Gu X., Minko T. Targeted nanoparticle-based diagnostic and treatment options for pancreatic cancer // Cancers. – 2024. – Vol. 16, no. 8. – Article 1589. – DOI: 10.3390/cancers16081589.
16. Guan S., Poujol J., Gouhier E., Touloupas C., Delpla A., Boulay-Coletta I., Zins M. 3D gadolinium-enhanced high-resolution near-isotropic pancreatic imaging at 3.0-T MR using deep-learning reconstruction // Insights into Imaging. – 2025. – Vol. 16. – Article 204. – DOI: 10.1186/s13244-025-02066-7.
17. Halle-Smith J. M., Powell-Brett S. F., Hall L. A., Duggan S. N., Griffin O., Phillips M. E., Roberts K. J. Recent advances in pancreatic ductal adenocarcinoma: strategies to optimise the perioperative nutritional status in pancreatoduodenectomy patients // Cancers. – 2023. – Vol. 15, no. 9. – Article 2466. – DOI: 10.3390/cancers15092466.
18. Hameed B. S., Krishnan U. M. Artificial intelligence-driven diagnosis of pancreatic cancer // Cancers. – 2022. – Vol. 14, no. 21. – Article 5382. – DOI: 10.3390/cancers14215382.
19. Huang B., Huang H., Zhang S., Zhang D., Shi Q., Liu J., Guo J. Artificial intelligence in pancreatic cancer // Theranostics. 2022. Vol. 12, No. 16. P. 6931–6954. DOI: 10.7150/thno.77949.
20. Huang J., Lok V., Ngai C. H., Zhang L., Yuan J., Lao X. Q., Ng K. et al. Worldwide burden of, risk factors for, and trends in pancreatic cancer // Gastroenterology. – 2021. – Vol. 160, no. 3. – P. 744–754. – DOI: 10.1053/j.gastro.2020.10.007.
21. Hüser N., Aßfalg V., Rauscher I., Friess H. The Role of PET in Diagnosis of Pancreatic Cancer and Cancer Recurrence // In: Beger H.G., Büchler M.W., Hruban R.H., Mayerle J., Neoptolemos J.P., Shimosegawa T., Warshaw A.L., Whitcomb D.C., Zhao Y., Groß C. (eds.). The Pancreas. – 2023. – Chapter 131. – DOI: 10.1002/9781119876007.ch131.
22. Iglesias-Garcia J., Domínguez-Muñoz J. E., Castiñeira-Alvariño M., Luaces-Regueira M., Lariño-Noia J. Endoscopic Ultrasound Elastography in the Evaluation of Pancreatic Disease // Diagnostics. – 2023. – Vol. 13, № 10. – Art. 1686. – DOI: 10.3390/diagnostics13101686.
23. Janga L. S. N., Sambe H. G., Yasir M., Man R. K., Gogikar A., Nanda A., Mohammed L. Holistic understanding of the role of carbohydrate antigen 19-9

in pancreatic cancer screening, early diagnosis, and prognosis: a systematic review // Cureus. – 2023. – Vol. 15, no. 8. – Article e44382. – DOI: 10.7759/cureus.44382.

24. Javaheri H., Ghamarnejad O., Bade R., Lukowicz P., Karolus J., Stavrou G. A. Beyond the visible: preliminary evaluation of the first wearable augmented reality assistance system for pancreatic surgery // International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery. 2025. Vol. 20. P. 117–129. DOI: 10.1007/s11548-024-03131-0.
25. Kang H., Kim S. S., Sung M. J., Jo J. H., Lee H. S., Chung M. J., Park J. Y. et al. Evaluation of the 8th edition AJCC staging system for the clinical staging of pancreatic cancer // Cancers. – 2022. – Vol. 14, no. 19. – P. 4672. – DOI: 10.3390/cancers14194672.
26. Kawai M., Fukuda A., Otomo R., et al. Early detection of pancreatic cancer by comprehensive serum miRNA sequencing with automated machine learning // British Journal of Cancer. 2024. Vol. 131. P. 1158–1168. DOI: 10.1038/s41416-024-02794-5.
27. Khalaf N., El-Serag H. B., Abrams H. R., Thrift A. P. Burden of pancreatic cancer: from epidemiology to practice // Clinical Gastroenterology and Hepatology. – 2021. – Vol. 19, no. 5. – P. 876–884. – DOI: 10.1016/j.cgh.2020.02.054.
28. Laga Boul-Atarass I., Cepeda Franco C., Sanmartín Sierra J. D., Castell Monsalve J., Padillo Ruiz J. Virtual 3D Models, Augmented Reality Systems and Virtual Laparoscopic Simulations in Complicated Pancreatic Surgeries: State of Art, Future Perspectives, and Challenges // International Journal of Surgery. – 2025. – Vol. 111. – P. 2613–2623. – DOI: 10.1097/JS9.0000000000002231.
29. Larsson S. C., Permert J., Håkansson N., Näslund I., Bergkvist L., Wolk A. Overall obesity, abdominal adiposity, diabetes and cigarette smoking in relation to the risk of pancreatic cancer in two Swedish population-based cohorts // British Journal of Cancer. – 2005. – Vol. 93, no. 11. – P. 1310–1315. – DOI: 10.1038/sj.bjc.6602868.
30. Li H., Liu D., Li K., Wang Y., Zhang G., Qi L., Xie K. Pancreatic stellate cells and the interleukin family: linking fibrosis and immunity to pancreatic ductal adenocarcinoma (review) // Molecular Medicine Reports. – 2024. – Vol. 30, no. 3. – Article 159. – DOI: 10.3892/mmr.2024.13283.
31. Li X., Lian Y., Ping W., Wang K., Jiang L., Li S. Abdominal obesity and digestive system cancer: a systematic review and meta-analysis of prospective studies // BMC Public Health. – 2023. – Vol. 23, no. 1. – Article 2343. – DOI: 10.1186/s12889-023-17275-2.
32. Lockie E. B., Sylivris A., Pandanaboyana S., Zalcberg J., Skandarajah A., Loveday B. P. Relationship between pancreatic cancer resection rate and survival at population level: systematic review // BJS Open. – 2025. – Vol. 9, no. 2. – Article zraf007. – DOI: 10.1093/bjsopen/zraf007.
33. Longo F., Panza E., Rocca L., Biffони B., Lucinato C., Cintoni M., Mele M.C., Papa V., Fiorillo C., Quero G., De Sio D., Menghi R., Alfieri S., Langellotti L. Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) in Pancreatic Surgery: The

Surgeon's Point of View // J. Clin. Med. – 2024. – Vol. 13, № 20. – 6205. – DOI: 10.3390/jcm13206205.

34. Lynch S. M., Vrieling A., Lubin J. H., Kraft P., Mendelsohn J. B., Hartge P., Canzian F. et al. Cigarette smoking and pancreatic cancer: a pooled analysis from the Pancreatic Cancer Cohort Consortium // American Journal of Epidemiology. – 2009. – Vol. 170, no. 4. – P. 403–413. – DOI: 10.1093/aje/kwp134.
35. Martin-Perez E., Domínguez-Muñoz J. E., Botella-Romero F., Cerezo L., Matute Teresa F., Serrano T., Vera R. Multidisciplinary consensus statement on the clinical management of patients with pancreatic cancer // Clinical and Translational Oncology. – 2020. – Vol. 22, no. 11. – P. 1963–1975. – DOI: 10.1007/s12094-020-02350-6.
36. Mazur R., Trna J. Principles of palliative and supportive care in pancreatic cancer: a review // Biomedicines. – 2023. – Vol. 11, no. 10. – Article 2690. – DOI: 10.3390/biomedicines11102690.
37. Mejza M., Bajer A., Wanibuchi S., Małecka-Wojciesko E. Can AI Be Useful in the Early Detection of Pancreatic Cancer in Patients with New-Onset Diabetes? // Biomedicines. – 2025. – Vol. 13, № 4. – Art. 836. – DOI: 10.3390/biomedicines13040836.
38. Moglia A., Cavicchioli M., Mainardi L., et al. Deep learning for pancreas segmentation on computed tomography: a systematic review // Artificial Intelligence Review. – 2025. – Vol. 58. – Art. 220. – DOI: 10.1007/s10462-024-11050-4.
39. Murray K., Oldfield L., Stefanova I., Gentiluomo M., Aretini P., O'Sullivan R., Greenhalf W., Paiella S., Aoki M. N., Pastore A., Birch-Ford J., Rao B. H., Uysal-Onganer P., Walsh C. M., Hanna G. B., Narang J., Sharma P., Campa D., Rizzato C., Turtoi A., Sever E. A., Felici A., Sucularli C., Peduzzi G., Öz E., Sezerman O. U., Van der Meer R., Thompson N., Costello E. Biomarkers, omics and artificial intelligence for early detection of pancreatic cancer // Seminars in Cancer Biology. 2025. Vol. 111. P. 76–88. DOI: 10.1016/j.semcancer.2025.02.009.
40. O'Reilly D., Fou L., Hasler E., Hawkins J., O'Connell S., Pelone F., Callaway M. et al. Diagnosis and management of pancreatic cancer in adults: summary of guidelines from the UK National Institute for Health and Care Excellence // Pancreatology. – 2018. – Vol. 18, no. 8. – P. 962–970. – DOI: 10.1016/j.pan.2018.09.012.
41. Olajubutu O., Ogundipe O. D., Adebayo A., Adesina S. K. Drug delivery strategies for the treatment of pancreatic cancer // Pharmaceutics. – 2023. – Vol. 15, no. 5. – Article 1318. – DOI: 10.3390/pharmaceutics15051318.
42. Oldfield L., Evans A., Rao R. G., Jenkinson C., Purewal T., Psarelli E. E., Menon U., Timms J. F., Pereira S. P., Ghaneh P., Greenhalf W., Halloran C., Costello E. Blood levels of adiponectin and IL-1Ra distinguish type 3c from type 2 diabetes: implications for earlier pancreatic cancer detection in new-onset diabetes // EBioMedicine. 2022. Vol. 75. P. 103802. DOI: 10.1016/j.ebiom.2021.103802.
43. Olvera Morales M., Santillán Alcántar D., Marín Ramírez J., Romero Chávez J.A., Alvarez-Gutierrez J., Ventolero Carbajal J.R., Raya Moreno J., Jiménez Rosas J.L., Hernández González J.C., Paxtor Quetuc J.P., Andrade Váquiz G.G.,

Flores Valdés J.R. Minimally Invasive Pancreatoduodenectomy Compared to Open Pancreatoduodenectomy in Patients With Pancreatic Cancer: A Systematic Review // Cureus. – 2025. – Vol. 17, № 8. – e89264. – DOI: 10.7759/cureus.89264.

44. O'Neill R.S., Stoita A. Biomarkers in the diagnosis of pancreatic cancer: Are we closer to finding the golden ticket? // World Journal of Gastroenterology. – 2021. – Vol. 27, No. 26. – P. 4045–4087. – DOI: 10.3748/wjg.v27.i26.4045.
45. Pisla D., Hajjar N. A., Rus G., Gherman B., Ciocan A., Radu C., Vaida C., Chablat D. Development of an Augmented Reality Surgical Trainer for Minimally Invasive Pancreatic Surgery // Applied Sciences. – 2025. – Vol. 15, № 7. – Art. 3532. – DOI: 10.3390/app15073532.
46. Podină N., Gheorghe E.C., Constantin A., Cazacu I., Croitoru V., Gheorghe C., Balaban D.V., Jinga M., Țieranu C.G., Săftoiu A. Artificial Intelligence in Pancreatic Imaging: A Systematic Review // United European Gastroenterology Journal. – 2025. – Vol. 13, No. 1. – P. 55–77. – DOI: 10.1002/ueg2.12723.
47. Pu Y., Wang C., Zhao S., Xie R., Zhao L., Li K., Yang C., Zhang R., Tian Y., Tan L., Li J., Li S., Chen L., Sun H. The clinical application of 18F-FDG PET/CT in pancreatic cancer: a narrative review // Translational Cancer Research. – 2021. – Vol. 10, No. 7. – P. 3560–3575. – DOI: 10.21037/tcr-21-169.
48. Rahib L., Coffin T., Kenner B. Factors driving pancreatic cancer survival rates // Pancreas. – 2025. – Vol. 54, no. 6. – P. e530–e536. – DOI: 10.1097/MPA.0000000000002489.
49. Ritter A. S., Welsch T., Brodersen F., Auinger J., Moll-Khosrawi P., Goetz M. R., Bardenhagen J., Nitschke C., Schneider T., Wellge B., Suling A., Uzunoglu F. G., Heumann A., Nickel F., Hackert T., Izbicki J. R. Impact of Enhanced Recovery After Surgery Protocol Compliance on Outcome After Pancreatic Surgery // Annals of Surgery Open. – 2024. – Vol. 4. – e501. – DOI: 10.1097/AS9.0000000000000501.
50. Siegel R. L., Miller K. D., Fuchs H. E., Jemal A. Cancer statistics, 2022 // CA: A Cancer Journal for Clinicians. 2022. Vol. 72, No. 1. P. 7–33. DOI: 10.3322/caac.21708.
51. Simons-Linares C.R., Wander P., Vargo J., Chahal P. Endoscopic ultrasonography: An inside view // Cleveland Clinic Journal of Medicine. – 2020. – Vol. 87, № 3. – P. 175–183. – DOI: 10.3949/ccjm.87a.19003.
52. Șolea S.F., Brisc M.C., Orășeanu A., Venter F.C., Brisc C.M., Șolea R.M., Davidescu L., Venter A., Brisc C. Revolutionizing the Pancreatic Tumor Diagnosis: Emerging Trends in Imaging Technologies: A Systematic Review // Medicina (Kaunas). – 2024. – Vol. 60, No. 5. – Art. 695. – DOI: 10.3390/medicina60050695.
53. Stanzel S., Nazerani-Zemann T., Weitzer F., Weinke R., Plhak E., Aigner R. M. Diagnostic accuracy of dual-phase 18F-FDG PET/CT using time-of-flight reconstruction algorithm in conjunction with TrueX or Q.Clear in staging suspected pancreatic cancer // Scientific Reports. – 2025. – Vol. 15. – Art. 25433. – DOI: 10.1038/s41598-025-10740-5.
54. Stoop T. F., Rompen I. F., Ali M., Groot Koerkamp B., Bonsing B. A., de Groot J. W. B., Cirkel G. A. et al.; Dutch Pancreatic Cancer Group. Resectability stages of

pancreatic cancer: nationwide reference // British Journal of Surgery. – 2025. – Vol. 112, no. 7. – Article znaf120. – DOI: 10.1093/bjs/znaf120.

55. Sun Y. M., Wang Y., Mao Y. X., Wang W. The Safety and Feasibility of Enhanced Recovery after Surgery in Patients Undergoing Pancreaticoduodenectomy: An Updated Meta-Analysis // Biomed Research International. – 2020. – Vol. 2020. – Art. 7401276. – DOI: 10.1155/2020/7401276.
56. Toft J., Hadden W. J., Laurence J. M., Lam V., Yuen L., Janssen A., Pleass H. Imaging modalities in the diagnosis of pancreatic adenocarcinoma: a systematic review and meta-analysis of sensitivity, specificity and diagnostic accuracy // European Journal of Radiology. – 2017. – Vol. 92. – P. 17–23. – DOI: 10.1016/j.ejrad.2017.04.009.
57. Valukas C. S., Zaza N. M., Vitello D., Odell D. D., Merkow R., Bentrem D. J. A Comparative Analysis of Open Versus Minimally Invasive Pancreatoduodenectomies // Journal of Surgical Oncology. – 2025. – Vol. 131. – No. 5. – P. 816–826. – DOI: 10.1002/jso.27992.
58. Vardhan Reddy G., Pandya M., Ahirwar H., Saklani S., Bandyopadhyay S. Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) Protocols in Pancreatic Cancer Resections: Their Impact on Postoperative Morbidity // Cureus. – 2025. – Vol. 17, No. 11. – P. e97007. – DOI: 10.7759/cureus.97007.
59. Večurkovská I., Roškovičová V., Kaťuchová J. Challenges in the Clinical Application of Machine Learning for Pancreatic Cancer // Bratislava Medical Journal. – 2025. – Vol. 126, № 11. – P. 2437–2450. – DOI: 10.1007/s44411-025-00312-4.
60. Viale P. H. The American Cancer Society's Facts & Figures: 2020 edition // Journal of the Advanced Practitioner in Oncology. – 2020. – Vol. 11, no. 2. – P. 135–136. – DOI: 10.6004/jadpro.2020.11.2.1.
61. Vincent A., Herman J., Schulick R., Hruban R. H., Goggins M. Pancreatic cancer // The Lancet. – 2011. – Vol. 378, no. 9791. – P. 607–620. – DOI: 10.1016/S0140-6736(10)62307-0.
62. Wu H., Ou S., Zhang H., Huang R., Yu S., Zhao M., Tai S. Advances in biomarkers and techniques for pancreatic cancer diagnosis // Cancer Cell International. – 2022. – Vol. 22, no. 1. – Article 220. – DOI: 10.1186/s12935-022-02640-9.
63. Xie W. Q., Wang X. F. MiR-146a rs2910164 polymorphism increases the risk of digestive system cancer: a meta-analysis // Clinical Research in Hepatology and Gastroenterology. – 2017. – Vol. 41, no. 1. – P. 93–102. – DOI: 10.1016/j.clinre.2016.06.007.
64. Yang J., Xu R., Wang C., Qiu J., Ren B., You L. Early screening and diagnosis strategies of pancreatic cancer: a comprehensive review // Cancer Communications. – 2021. – Vol. 41, no. 12. – P. 1257–1274. – DOI: 10.1002/cac2.12204.
65. Yin H., Yang J., Zhang Q., Wang H., Xu J., Zheng J. iRGD as a tumor-penetrating peptide for cancer therapy (review) // Molecular Medicine Reports. – 2017. – Vol. 15. – P. 2925–2930. – DOI: 10.3892/mmr.2017.6419.

66. Yu W., Zhou D., Meng F., Wang J., Wang B., Qiang J., Shen L. et al. The global, regional burden of pancreatic cancer and its attributable risk factors from 1990 to 2021 // BMC Cancer. – 2025. – Vol. 25. – Article 186. – DOI: 10.1186/s12885-025-13471-y.
67. Zhang L., Sanagapalli S., Stoita A. Challenges in diagnosis of pancreatic cancer // World Journal of Gastroenterology. – 2018. – Vol. 24, no. 19. – P. 2047–2060. – DOI: 10.3748/wjg.v24.i19.2047.
68. Zheng C., Khan A., Ritter D., Marks D.S., Do N.V., Fillmore N.R., Sander C. Pancreatic cancer risk prediction using deep sequential modeling of longitudinal diagnostic and medication records // Cell Reports Medicine. – 2025. – Vol. 6. – Art. 102359. – DOI: 10.1016/j.xcrm.2025.102359.
69. Zhou L., Wang C. Diagnosis and prognosis prediction model for digestive system tumors based on immunologic gene sets // Frontiers in Oncology. – 2023. – Vol. 13. – Article 1107532. – DOI: 10.3389/fonc.2023.1107532.
70. Аметов А. С. Сахарный диабет и рак поджелудочной железы: обзор литературы / А. С. Аметов, Е. Ю. Пашкова, Д. М. Анциферова, В. Б. Румер // Эндокринология. Новости. Мнения. Обучение. – 2023. – № 4. – С. 55–62.
71. Боброва О. П. Персонализированный подход к фармакотерапии хронического болевого синдрома у пациентов с раком поджелудочной железы : специальность 14.03.06 «Фармакология, клиническая фармакология» : диссертация на соискание ученой степени доктора медицинских наук / О. П. Боброва. – 2021. – 224 с. – EDN LJQFCJ.
72. Валиев Р. К. Непосредственные и отдаленные результаты хирургического лечения больных опухолями органов билиопанкреатодуоденальной зоны : специальность 14.01.12 «Онкология» : диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Р. К. Валиев. – 2015. – 102 с.
73. Вошев Д. В. Факторы, оказывающие влияние на цифровую трансформацию в первичной медико-санитарной помощи (обзорная статья) / Д. В. Вошев, Н. А. Вошева, И. М. Сон, О. М. Драпкина // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. – 2023. – № 4. – С. 751–774.
74. Груздев И. С. Применение текстурного анализа в дифференциальном диагнозе и прогнозе при хирургическом лечении гиперваскулярных образований поджелудочной железы : диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / И. С. Груздев. – 2023. – 106 с.
75. Гусев А. В. Разработка модели машинного обучения для интерпретации результатов лабораторной диагностики с целью выявления подозрений на заболевания / А. В. Гусев, Г. Г. Гавриленко, Д. В. Гаврилов // Лабораторная служба. – 2022. – Т. 11, № 2. – С. 9–17.
76. Дудин М. Н. Влияние параметров здоровья и продолжительности жизни на динамику рынка труда и социально-экономическое развитие регионов России / М. Н. Дудин, П. В. Голышко // Экономика и социум: современные модели развития. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 115–128. – DOI: 10.18334/ecsoc.12.2.115166.
77. Дудин М. Н. Развитие цифровых компетенций медицинских работников в контексте всеобщей цифровизации российского здравоохранения / М. Н. Дудин, П. В. Голышко, Е. В. Вашаломидзе, Д. А.

Гурцкой, Л. Д. Гурцкой // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2022. – Т. 30, № 5. – С. 843–852. – DOI: 10.32687/0869-866X-2022-30-5-843-852.

78. Ефимова О. В. Клинико-генетическая характеристика и основные факторы риска у больных острым панкреатитом, хроническим панкреатитом и раком поджелудочной железы : диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / О. В. Ефимова. – 2021. – 161 с.

79. Ефремов С. А. Организация телемедицинских консультаций для первичных пациентов как этап маршрутизации в онкологической службе / С. А. Ефремов, О. В. Кавлашвили, В. В. Петкау, О. Ю. Александрова, Е. А. Киселев, Д. С. Попов, М. О. Вьюхин // Менеджер здравоохранения. – 2024. – № 9. – С. 67–77. – DOI: 10.21045/1811-0185-2024-9-67-77.

80. Загайнов В. Е. Сосудистые осложнения панкреатодуоденальной резекции, их профилактика и лечение / В. Е. Загайнов, Н. М. Киселев, Я. И. Колесник, Д. М. Кучин // Вопросы онкологии. – 2024. – № 2. – С. 360–367.

81. Кабанов М. Ю. Современные подходы к профилактике и лечению послеоперационных осложнений при раке головки поджелудочной железы / М. Ю. Кабанов, Н. И. Глушков, К. В. Семенцов, Т. Е. Кошелев, Д. К. Савченков, Н. А. Сизоненко, И. М. Голощапова // Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н. И. Пирогова. – 2023. – № 2.

82. Каприн А. Д. Злокачественные новообразования в России в 2022 году (заболеваемость и смертность) / А. Д. Каприн, В. В. Старинский, А. О. Шахзадова, И. В. Лисичникова. – Москва, 2023.

83. Каримова Д. Ю. Основные факторы риска рака поджелудочной железы / Д. Ю. Каримова, П. В. Голышко, А. А. Латышова // Ильинские чтения 2025 : материалы форума. – М. : ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А. И. Бурназяна, 2025. – С. 234–236.

84. Касаткина Е. А. Новые возможности томографических методов в диагностике рака поджелудочной железы : диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Е. А. Касаткина. – 2015. – 128 с.

85. Козлов А. В. Значение рентгеноэндоваскулярных вмешательств в диагностике и лечении нерезектабельного рака поджелудочной железы : диссертация на соискание ученой степени доктора медицинских наук / А. В. Козлов. – 2019. – 164 с.

86. Ломаков С. Ю. Проблемы организации онкологической службы крупного города в оценках врачей-онкологов / С. Ю. Ломаков, Н. И. Вишняков, Л. В. Кочорова, Е. А. Кириллова // Уральский медицинский журнал. – 2020. – № 6 (189). – С. 174–179. – DOI: 10.25694/URMJ.2020.06.33.

87. Манукян М. Ш. Эффективность и безопасность различных режимов химиотерапии у пациентов с диссеминированным раком поджелудочной железы старше 65 лет / М. Ш. Манукян, Я. Е. Чихарева, И. С. Базин, И. А. Покатаев, А. А. Трякин // Хирургия и онкология. – 2024. – № 2.

88. Министерство здравоохранения Российской Федерации. Информация о реализации федерального проекта «Борьба с онкологическими заболеваниями» национального проекта «Здравоохранение» за период 2019–2024 годов (Электронный ресурс) / Министерство здравоохра-

нения Российской Федерации. – URL: https://minzdrav.gov.ru/ministry/natsproektzdravoohranenie/onko (дата обращения: 01.09.2025).

89. Министерство здравоохранения Российской Федерации. Федеральный проект «Создание единого цифрового контура в здравоохранении на основе единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения (ЕГИСЗ)» / Министерство здравоохранения Российской Федерации. – М., 2019–2024. – 64 с. – URL: https://minzdrav.gov.ru/ministry/natsproektzdravoohranenie/onko (дата обращения: 02.09.2025).
90. Мирзаев Т. С. Органосохраняющие операции при опухолях поджелудочной железы : диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Т. С. Мирзаев. – 2023. – 91 с.
91. Моисеенко В. Е. Анализ клинических характеристик пациентов со злокачественными новообразованиями поджелудочной железы, получивших медицинскую помощь в стационарах Санкт-Петербурга в период с 2015 по 2020 год / В. Е. Моисеенко, П. А. Пономарев, А. В. Павловский, Д. А. Гранов, Л. В. Кочорова, Н. И. Вишняков // Ученые записки СПбГМУ им. И. П. Павлова. – 2022. – № 2.
92. Моисеенко В. Е. Оценка социально-экономического бремени рака поджелудочной железы в мегаполисе на примере Санкт-Петербурга / В. Е. Моисеенко, Л. В. Кочорова, Г. А. Карпова, А. В. Павловский, С. А. Попов, И. В. Додонова, С. Ю. Гришин, Д. А. Гранов // Социальные проблемы здоровья. – 2021. – № 3 (68). – С. 57–65.
93. Моисеенко В. Е. Показатели заболеваемости злокачественными новообразованиями поджелудочной железы в Российской Федерации: ретроспективное когортное исследование / В. Е. Моисеенко, А. В. Павловский, Д. А. Гранов, И. Г. Карданова, Л. В. Кочорова, И. В. Додонова // Кубанский научный медицинский вестник. – 2021. – № 3.
94. Москвичева Л. И. Высокоинтенсивная фокусированная ультразвуковая терапия в комбинированном лечении больных раком поджелудочной железы : специальность 31.60.00 : диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Л. И. Москвичева. – 2022. – 107 с.
95. Неледова Л. А. Мини-инвазивные вмешательства в диагностике и лечении очаговых образований поджелудочной железы : специальность 14.01.17 «Хирургия» : диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Л. А. Неледова. – 2020. – 100 с.
96. Нестеров Д. В. Возможности перфузионной компьютерной томографии в диагностике рака поджелудочной железы : специальность 14.01.13 «Лучевая диагностика, лучевая терапия» : диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Д. В. Нестеров. – 2016. – 104 с.
97. Панченков Д. Н. Первый опыт применения технологии дополненной реальности при лапароскопических операциях на печени и поджелудочной железе / Д. Н. Панченков, З. А. Абдулкеримов, И. В. Семенякин, А. Ф. Габдуллин, Е. В. Григорьева, Д. Д. Климов, Л. С. Прохоренко, А. И. Грицаенко, Р. В. Лискевич, К. А. Тупикин // Анналы хирургической гепатологии. – 2023. – Т. 28, № 1. – С. 62–70. – DOI: 10.16931/1995-5464.2023-1-62-70.

98. Покатаев И. А. Практические рекомендации по лекарственному лечению рака поджелудочной железы / И. А. Покатаев, О. А. Гладков, В. Е. Загайнов, Н. Е. Кудашкин, Д. М. Кучин, В. К. Лядов, Д. В. Подлужный, А. А. Трякин, М. Ю. Федянин, М. В. Черных // Злокачественные опухоли. – 2022. – № 3S2-1.

99. Привалова А. А. Основная проблема реализации программы «Борьба с онкологическими заболеваниями» национального проекта «Здравоохранение» и пути ее решения / А. А. Привалова, Т. Н. Березовская, Ю. Ю. Панкина, О. Г. Мурзина // Россия: тенденции и перспективы развития. – 2021. – № 16-2. – С. 710–712.

100. Пузин С. Н. Совершенствование организации медицинской помощи населению в условиях цифровизации общественного здравоохранения / С. Н. Пузин, О. В. Сертакова, П. В. Голышко, М. Н. Дудин // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2022. – Т. 30, № 4. – С. 639–647. – DOI: 10.32687/0869-866X-2022-30-4-639-647.

101. Пушкина Н. А. Цитологическая диагностика опухолевых образований поджелудочной железы: опыт работы онкологического диспансера / Н. А. Пушкина, А. Н. Туманина // Новости клинической цитологии России. – 2023. – № 3. – С. 19–26.

102. Радионов Ю. В. Место пилоруссохраняющей панкреатодуоденальной резекции в хирургическом лечении периампулярных опухолей : специальность 14.01.17 «Хирургия» : диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Ю. В. Радионов. – 2017. – 130 с.

103. Романова Т. И. Рак поджелудочной железы. Некоторые молекулярные и генетические механизмы онкогенеза как мишень для терапии / Т. И. Романова, И. Н. Григорьева, О. В. Ефимова // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2017. – № 2 (138). – С. 103–109.

104. Семенцов К. В. Современные технологии в улучшении непосредственных результатов панкреатодуоденальной резекции : специальность 14.01.17 «Хирургия» : диссертация на соискание ученой степени доктора медицинских наук / К. В. Семенцов. – 2020. – 313 с.

105. Сертакова О. В. Таргетная терапия и ее комбинации с хирургическим лечением в новой модели организации онкологической помощи / О. В. Сертакова, Е. Н. Юрова, П. В. Голышко // Вестник новых медицинских технологий. – 2022. – № 4. – С. 1–7. – DOI: 10.24412/2075-4094-2022-4-1-7.

106. Сертакова О. В. Цифровая оптимизация первичной медико-санитарной, скорой и специализированной медицинской помощи онкологическим больным / О. В. Сертакова, О. В. Ходакова, П. В. Голышко, М. Н. Дудин, А. В. Зуев // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. – 2021. – № 4. – С. 533–548. – DOI: 10.24412/2312-2935-2021-4-533-548.

107. Тавобилов М. М. Гибридные технологии хирургического лечения рака головки поджелудочной железы : специальность 14.01.17 «Хирургия» : диссертация на соискание ученой степени доктора медицинских наук / М. М. Тавобилов. – 2017. – 215 с.

108. Усова Е. В. Лечебно-диагностическая тактика при местнораспространенном раке поджелудочной железы : специальность 14.01.17 «Хирургия» : диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Е. В. Усова. – 2017. – 126 с.

109. Шадрова О. М. Опыт реализации взаимодействия популяционного ракового регистра с территориальным фондом обязательного медицинского страхования в части актуализации сведений о состоящих на учете пациентах со злокачественными новообразованиями / О. М. Шадрова, Н. А. Белоглазова, С. В. Гамаюнов // Онковестник. – 2022. – Т. 13, № 4. – URL: https://oncovestnik.ru/archive/zhurnaly-za-2022-god/tom-13-nomer-4-2022-g/opyt-realizacii-vzaimodejstviya-populyacionnogo-rakovogo-registra-s-territorialnym-fondom-obyazatelnogo-medicinskogo-strahovaniya-v-chasti-aktualizacii-svedenij-o-sostoyashhih-na-uchete-pacientah-so-z/ (дата обращения: 02.09.2025).

110. Шаньгина О. В. Описательная, аналитическая и молекулярная эпидемиология рака поджелудочной железы / О. В. Шаньгина, Д. М. Максимович, Д. Г. Заридзе // Сибирский онкологический журнал. – 2022. – № 3. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/opisatelnaya-analiticheskaya-i-molekulyarnaya-epidemiologiya-raka-podzheludochnoy-zhelezy (дата обращения: 21.07.2024).

111. Шимчук Г. Г. Возможности и перспективы создания ПЭТ-центров в России на основе генераторных радионуклидов / Г. Г. Шимчук, А. Б. Брускин, Гр. Г. Шимчук // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2022. – Т. 67, № 6. – С. 62–66. – DOI: 10.33266/1024-6177-2022-67-6-62-66.

112. Юрова Е. Н. Хирургическое лечение и таргетная терапия рака – организационные и социально-экономические аспекты / Е. Н. Юрова, П. В. Голышко, А. В. Сертакова // Экономика и социум: современные модели развития. – 2021. – Т. 11, № 4. – С. 357–368. – DOI: 10.18334/ecsoc.11.4.114111.

113. Bailey P., Chang D.K., Nones K., Johns A.L., Patch A.-M., Gingras M.-C. et al. Genomic analyses identify molecular subtypes of pancreatic cancer // Nature. 2016. Vol. 531(7592). P. 47–52. DOI: 10.1038/nature16965.

114. TNM classification of malignant tumours : 8th ed. / editors in chief J. D. Brierley, M. K. Gospodarowicz, C. Wittekind ; Union for International Cancer Control (UICC). – Chichester, West Sussex : Wiley-Blackwell, 2017. – XVIII, 253 p. – ISBN 978-1-119-26357-9.

Формат 60x90/16, объем 4,75 усл. печ. л.
Бумага 80 г/м^2. Офсетная. Гарнитура Times New Roman.
Тираж 1000 Заказ № 2026-469-мбу
Отпечатано в типографии ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России
123098, Москва, ул. Живописная, 46.
Тел. +7 (499) 190-93-90
rcdm@mail.ru, lochin59@mail.ru
www.fmbafmbc.ru