

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ  
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



**ЭНЦ** | ГНЦ ФГБУ «НМИЦ  
эндокринологии»  
Минздрава России

# ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ БИОЛОГИЯ И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

для персонализированной медицины

**>** Конференция «Информационные технологии для персонализированной медицины» с блоком летней школы для молодых ученых

9-11 августа 2023 г.

Онлайн формат



## СБОРНИК ТЕЗИСОВ



Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации

в рамках реализации Гранта

Министерства науки и высшего образования РФ

«Программа создания и развития на 2020-2025 годы «Национального  
центра персонализированной медицины эндокринных заболеваний»  
(Соглашение №075-15-2022-310 от 20.04.2022)»

# **Вычислительная биология и искусственный интеллект для персонализированной медицины**

Конференция «Информационные технологии  
для персонализированной медицины»  
с блоком летней школы для молодых ученых

**9–11 августа 2023 года**

Сборник тезисов конференции «Вычислительная биология и искусственный интеллект для персонализированной медицины» (Конференция «Информационные технологии для персонализированной медицины» с блоком летней школы для молодых ученых) 9–11 августа 2023 года, онлайн-формат.

В сборнике представлены тезисы научных материалов, представленных авторами и отобранных научно-организационным комитетом для рассмотрения в рамках конференции «Вычислительная биология и искусственный интеллект для персонализированной медицины» (Конференция «Информационные технологии для персонализированной медицины» с блоком летней школы для молодых ученых) (9–11 августа 2023 года). Научные материалы структурированы, отрецензированы, отредактированы и сгруппированы по тематическим направлениям работы Конференции.

Сборник рекомендован эндокринологам, а также специалистам смежных областей клинической и экспериментальной медицины и организаторам системы здравоохранения Российской Федерации.

Мероприятие было проведено в рамках реализации Гранта Министерства науки и высшего образования РФ «Программа создания и развития на 2020–2025 годы «Национального центра персонализированной медицины эндокринных заболеваний» (Соглашение No075-15-2022-310)»

© ФГБУ «НМИЦ эндокринологии» Минздрава России, 2023.

A collection of abstracts from the conference «Computational biology and artificial intelligence for personalized medicine» («Information technologies for personalized medicine» with a summer school block for young scientists) from August 9–11, 2023, conducted online

The collection contains abstracts of scientific materials presented by the authors and selected by the scientific organizing committee for consideration at the conference of the conference «Computational biology and artificial intelligence for personalized medicine» («Information technologies for personalized medicine» with a summer school block for young scientists) (9–11 August 2023). Scientific materials are structured, reviewed, edited, and grouped according to the Conference's themes.

The collection is recommended for endocrinologists, specialists in related fields of clinical and experimental medicine, as well as organizers of the healthcare system of the Russian Federation.

The event was held within the framework of the Grant of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation «Program for the creation and development for 2020–2025 of the National Center for Personalized Medicine of Endocrine Diseases» (Agreement No. 075-15-2022-310).

© FSBI «National Medical Research Center of Endocrinology» of the Ministry of Health of Russia, 2023.

## Содержание

<b>Scrnaseq analysis for determining the dynamics of immune cell populations in blood and tumor tissue of breast cancer patients during chemotherapy. ....</b>	<b>11</b>
M. Vashisth, P.S. Iamshchikov, M.R. Patysheva, A.A. Frolova, A.A. Fedorov, T.S. Gerashchenko	
<b>Совершенствование метода репортирования о нежелательных явлениях .....</b>	<b>11</b>
К.Ш. Абдель-Керим, А.А. Наумова, Е.А. Юсуповская, С.И. Шашова	
<b>Возможности применения комбинированных аналитических методов масс-спектрометрии выдыхаемого воздуха в определении риска сердечно-сосудистых заболеваний. ....</b>	<b>12</b>
М.Г. Абдуллаев, Д.Г. Гогниева, А.Ю. Суворов, А.А. Ломоносова, А.И. Новикова, А.С. Силантьев, П.Ш. Чомахидзе, Ф.Ю. Копылов	
<b>Скрининг диабетической ретинопатии с использованием немидриатической фундускамеры в рамках государственной услуги в Республике Казахстан .....</b>	<b>13</b>
В.Р. Абдуллина, Е. Жәнібекұлы	
<b>Система мониторинга мировой дефектуры лекарственных средств .....</b>	<b>14</b>
А.А. Абдуразакова	
<b>Искусственный интеллект в диагностике, контроле эффективности и безопасности лечения возрастной макулярной дегенерации .....</b>	<b>18</b>
А.С. Авагян, К.А. Кошечкин	
<b>Использование разработанного программного ассистента при анализе изображений КТ для оценки саркопении у больных раком желудка и прогноза послеоперационных осложнений. ....</b>	<b>19</b>
Т.А. Агабабян, А.Р. Теплякова, С.О. Старков, В.А. Кукарская, С.А. Иванов, А.Д. Каприн	
<b>КТ-диагностика ишемического инсульта: актуальные проблемы и перспективы применения искусственного интеллекта .....</b>	<b>20</b>
П.Л. Андропова	
<b>Тезис обзора стандарта ИСО/ИИЭР 11073-20701 связь между медицинскими устройствами в местах оказания медицинской помощи. Сервисно-ориентированная архитектура обмена между медицинскими устройствами и привязка протоколов. ....</b>	<b>21</b>
Ю.В. Антропов, М.Д. Савранец, О.А. Немова	
<b>Выявление регулонов в субпопуляции мезенхимальных стволовых клеток с помощью Scenic с целью определения факторов противодействующих развитию фибротических процессов. ....</b>	<b>21</b>
М.С. Арбатский, А.Г. Андриянов, А.Ю. Ефименко	
<b>Роль компонентов сурфактома внеклеточных везикул в распознавании их клеткой-мишенью .....</b>	<b>22</b>
М.С. Арбатский, Д.Е. Баландин, А.В. Чуров	
<b>Исследование возможностей программного обеспечения и инструментов принятия решений в повседневной практике эмбриологической лаборатории .....</b>	<b>24</b>
Т.С. Архипова, К.С. Татищева, Ю.А. Татищева, А.Ф. Сайфитдинова	
<b>Управление холодовой цепью с помощью цифровых систем .....</b>	<b>25</b>
А.В. Басанец	
<b>Искусственный интеллект и машинное обучение (AI/ML) при производстве фармацевтической продукции. ....</b>	<b>26</b>
В.М. Березина	

## СБОРНИК ТЕЗИСОВ

Вычислительная биология и искусственный интеллект для персонализированной медицины

<b>Поиск лучшего программного решения с открытым доступом для выравнивания данных таргетного секвенирования нового поколения</b> .....	27
П.Ю. Бобрик	
<b>Цифровое решение для контроля веса и поддержания здорового образа жизни человека</b> .....	27
М.А. Борисов, Т.С. Черноусова	
<b>Дистанционный скрининг заболеваний сетчатки и диска зрительного нерва с использованием портативной немидриатической фундус-камеры</b> .....	28
Е.П. Брянцева, А.О. Укина, А.А. Крючкова, Л.Н. Малюгина, Л.В. Айрапетова, И.В. Михайлова	
<b>Подготовка эталонного набора данных рентгенографических исследований с визуализацией легочных узлов различной сложности</b> .....	29
Ю.С. Бусыгина, К.М. Арзамасов, Д.У. Шихмурадов, А.В. Панкратов, В.П. Новик, С.С. Семенов, Л.Д. Стецюк, Т.М. Бобровская, М.А. Зеленова	
<b>Вычислительная биология и искусственный интеллект для персонализированной медицины-2023</b> .....	30
А.А. Венерин, Н.И. Каневский	
<b>Тезисы работы «Применение методов машинного обучения для предиктивных прогнозов в задачах гематологии» для конференции «Вычислительная биология и искусственный интеллект»</b> .....	31
В.А. Веселов, В.Д. Пыжьянов	
<b>Тезисы по теме «Искусственный интеллект и IT в психотерапии» для конференции «Вычислительная биология и искусственный интеллект для персонализированной медицины – 2023»</b> .....	32
А. Д. Гаврилина	
<b>Использование цифровых технологий для профилактики биологических угроз среди школьников и студентов: новые возможности и вызовы</b> .....	33
Р.А. Гаджиев	
<b>Неинвазивный мониторинг уровня глюкозы в крови: экспертное мнение</b> .....	37
С.Н. Гаевская	
<b>Мониторинг цен на лекарственные средства в разных странах (Международный инструмент обеспечения прозрачности цен на лекарства, International Medicine's Price Transparency Tool)</b> .....	38
С.С. Голенкова, А.А. Абрамова Алиса, В.Д. Авдышев, К.А. Кошечкин	
<b>Перспективы развития управленческих сервисов с элементами искусственного интеллекта в сфере здравоохранения</b> .....	39
В.В. Голиков	
<b>Оптимизация программного обеспечения для анализа протеомных данных</b> .....	39
Н.И. Голушко	
<b>Математические инструменты расчета финансирования медицинской помощи на примере первичного гиперпаратиреоза</b> .....	40
А.М. Горбачева, П.В. Мартынова, А.Р. Елфимова, О.В. Обухова, Н.Г. Мокрышева	
<b>Интерпретируемые базы знаний и объяснительный искусственный интеллект для персонализированной медицины эндокринных заболеваний</b> .....	41
В.В. Грибова, Е.А. Шалфеева	

<b>Перспективы применения искусственного интеллекта для реализации персонализированного подхода в медико-биологическом обеспечении элитных спортсменов</b> .....	<b>42</b>
Ж.В. Гришина, А.И. Кадыкова, В.С. Щекина, Ю.А. Алымова	
<b>Мониторинг уровня глюкозы и иных показателей здоровья в домашних условиях с удалённым контролем врачом онлайн</b> .....	<b>44</b>
В. Дмитриев, П.А. Комарь	
<b>Математическая модель прогнозирования развития гипокальциемии в раннем послеоперационном периоде после паратиреоидэктомии у пациентов с первичным гиперпаратиреозом</b> .....	<b>44</b>
А.Р. Елфимова, А.К. Еремкина, О.Ю. Реброва, Е.В. Ковалева, Н.Г. Мокрышева	
<b>Применение методов искусственного интеллекта при диагностировании сложных патологий зрения</b> .....	<b>45</b>
А.П. Еремеев, М.В. Зуева, И.В. Цапенко	
<b>Метаболомный анализ семян пшеницы как метод поиска биомаркеров качества продукции и адаптации к климатическим изменениям</b> .....	<b>46</b>
Н.О. Ерофеева, А.А. Орлова, С.А. Силинская, Т.Е. Билова, К.У. Куркиев, Е.К. Хлесткина, А.А. Фролов	
<b>Цифровые технологии для контроля нарушений ритма сердца</b> .....	<b>47</b>
С.Е. Есева, А.В. Тарасов, Э.В. Бровка	
<b>Telegram чат-бот для соблюдения режима приема лекарственных препаратов</b> .....	<b>47</b>
С.А. Заверьячев, Е.Е. Лотник, М.А. Гиляван, Е.А. Юсуповская, К.А. Кошечкин	
<b>Построение инфраструктуры для освоения цифровых компетенций в медицинском вузе: подход Мордовского государственного университета</b> .....	<b>48</b>
П.С. Замышляев, А.А. Федин, Л.А. Балыкова	
<b>Отличительные особенности структурной и регуляторной эволюции генов человека для основных молекулярных путей, вовлеченных в развитие злокачественных опухолей</b> .....	<b>49</b>
Г.С. Захарова, А.А. Модестов, П.А. Пугачева, Р. Мекич, А.А. Гурьянова, М.И. Секачева, М.В. Сунцова, М.И. Сорокин, А.А. Буздин, М. А. Золотовская	
<b>Методы искусственного интеллекта при моделировании клинических показателей степени тяжести заболевания и выживаемости у пациентов, с новой коронавирусной инфекцией</b> .....	<b>50</b>
А.А. Зимин	
<b>Веб-сервис для вычисления функции рассеяния точки конфокального микроскопа и деконволюции изображений</b> .....	<b>50</b>
И.М. Солин, А.С. Сачук, А.Б. Герасименко, Е.И. Пчицкая, В.С. Чуканов, И.Б. Безпрозванный	
<b>Тотальное омиксное профилирование указывает на общую активацию молекулярных путей репарации днк в опухолях за исключением путей P53 и контроля клеточного цикла</b> .....	<b>51</b>
М.А. Золотовская, А.А. Модестов, М.В.Сунцова, А.А. Буздин	
<b>ОНСОВОХРД: банк 51672 классических и 7494 геноцентрических путей человека с сервисом оценки транскриптомной активации</b> .....	<b>52</b>
М.А. Золотовская, В.С. Ткачев, А.А. Гурьянова, А.М. Симонов, М.М. Раевский, М.И. Секачева, М.И. Сорокин, А.А. Буздин	
<b>Клинические и генетические характеристики семейных форм сахарного диабета 1 типа</b> .....	<b>53</b>
Ю.М. Зуфарова, Е.В. Титович, К.Г. Забудская, Д.Н. Лаптев	

## СБОРНИК ТЕЗИСОВ

Вычислительная биология и искусственный интеллект для персонализированной медицины

<b>Особенности применения экспертных it-технологий как звена концепции персонализированной стоматологии</b> .....	<b>53</b>
А.Б. Казумова	
<b>Применение механистической ФК-ФД модели ингибитора контрольных точек препарата Ниволумаб для оценки занятости рецепторов и обоснования дозировок</b> . . . .	<b>55</b>
Б.В. Киреев, А.А. Никитич	
<b>Сигнатура экспрессии генов в качестве модели для определения молекулярного подтипа TMPRSS2-ERG при раке предстательной железы</b> . . . . .	<b>56</b>
Кобеляцкая А.А.	
<b>Система поддержки принятия врачебных решений для диагностики и терапии кардиологических больных на основе цифрового двойника сердечно-сосудистой системы</b> . . . . .	<b>57</b>
А.А. Коробов, С.В. Фролов	
<b>Опыт внедрения цифровых решений в области детской онкологии и гематологии</b> . . . . .	<b>58</b>
Ф.Н. Костин, А.С. Слинин	
<b>Организация телеконсультаций</b> . . . . .	<b>59</b>
К. А. Кошечкин, В.М. Воронов	
<b>Роль электронных нейросетей в гнойной хирургии верхней конечности</b> . . . . .	<b>65</b>
Ю.В. Красенков, В.К. Татьянченко, М.Ю. Терехов, А.В. Эдилов	
<b>Актуальность включения вчсрб в модели оценки сердечно-сосудистого риска у работающих во вредных условиях труда</b> . . . . .	<b>66</b>
Л.П. Кузьмина, А.Г. Хотулева, М.М. Коляскина, Н.А. Анварул	
<b>Использование методов машинного обучения для раннего выявления рака яичника: от метаболомного профиля биологических жидкостей к малоинвазивным транскриптомным маркерам</b> . . . . .	<b>66</b>
Д.С. Кутилин, О.Н. Гуськова	
<b>К построению метамоделей для определения оптимального шунтирования на основе методов вычислительной гидродинамики и машинного обучения</b> . . . . .	<b>67</b>
А.Г. Кучумов, О.В. Дорошенко, М.В. Голуб, И.О. Ракишева, Р.М. Шехмаметьев, Н.Д. Сайченко	
<b>Применение дистанционных технологий для мониторинга факторов окружающей и производственной среды, воздействующих на здоровье человека</b> . . . . .	<b>68</b>
Н.А. Лебедева, И.З. Джикия, Н.А. Ухваткин, Научный руководитель И.А. Шадеркин	
<b>Изучения влияния пероксидазной активности цитохрома С в комплексе с кардиолипиом</b> . . . . .	<b>70</b>
И.Н. Левченко, Г.К. Владимиров, И.В. Володяев	
<b>Искусственный интеллект в проверке медицинской документации</b> . . . . .	<b>70</b>
А.С. Литвиненко, Т.А. Румянцева, О.В. Богдасhevская	
<b>Опыт применения whonet для мониторинга устойчивости уропатогенов к антибактериальным препаратам</b> . . . . .	<b>71</b>
О.П. Логинова, Н.И. Шевченко, М.Г. Русаленко	
<b>Применение методов машинного обучения в классификации опухолей щитовидной железы</b> . . . . .	<b>72</b>
Д. Лысухин, Л. Урусова, А. Варламов, Б. Якимов, Е. Ширшин, Е. Ковалева, А. Елфимова, Н. Мокрышева	

<b>Автоматизация процесса анализа окт изображений с использованием технологий искусственного интеллекта</b> .....	<b>73</b>
Б.Э. Малюгин, С.Н. Сахнов, Л.Е. Аксенова, К.Д. Аксенов, Е.В. Козина, В.В. Мясникова	
<b>Система поддержки принятия клинических решений для скрининга пациентов с диабетической ретинопатией</b> .....	<b>73</b>
П.В. Мартынова, А.Р. Елфимова, Д.В. Липатов, Е.В. Ковалева, А.И. Канев, И.С. Елхимова, Е.В. Козлов, Н.Г. Мокрышева	
<b>Разработка алгоритма с применением технологий искусственного интеллекта для выявления семиотических признаков на рентгенографических изображениях грудной клетки</b> .....	<b>74</b>
А.М. Мещерякова, А.С. Слинин, А.П. Щербаков	
<b>Разработка автоматизированной экспертной системы дифференциальной диагностики инциденталом гипопфиза</b> .....	<b>75</b>
А.П. Милютина, Е.А. Пигарова, О.Ю. Реброва, Л.К. Дзеранова, Е.В. Ковалева, Н.Г. Мокрышева	
<b>Использование искусственного интеллекта в медицине</b> .....	<b>75</b>
В.А. Миненок	
<b>Роль искусственного интеллекта в диагностике сердечно-сосудистых заболеваний</b> ...	<b>76</b>
В.А. Миненок	
<b>Роль искусственного интеллекта в повышении качества проводимой терапии и формировании приверженности к лечению у пациентов</b> .....	<b>76</b>
В.А. Миненок	
<b>Связь процессов мутагенеза и репарации днк в опухолях на основе геномных и транскриптомных данных</b> .....	<b>77</b>
А.А. Модестов, М.В. Сунцова, М.А. Золотовская, М.И. Сорокин, А.А. Буздин	
<b>Оценка эффективности наноразмерных карбоновых трубок для доставки лекарственных препаратов при лечении рака молочной железы</b> .....	<b>78</b>
К.А. Модестов, А.С. Скичко	
<b>Оценка надежности радиомических параметров кт у пациентов со злокачественными новообразованиями головы и шеи</b> .....	<b>79</b>
О.Г. Нанова, Р.В. Решетников, И.А. Блохин	
<b>Прогностическое значение мутаций RUNX1 при остром миелоидном лейкозе</b> .....	<b>80</b>
М.Л. Никонорова, Л.К. Кац	
<b>Персонализированный отчет по генетике на платформе “Генокарта”</b> .....	<b>80</b>
А.В. Ностаева, А.С. Григорьев, А.В. Жайворон, А.Г. Бурлаченко, Д.Н. Штокало	
<b>Мультиплексное профилирование антител для прогнозирования развития аутоиммунных эндокринопатий</b> .....	<b>81</b>
Н.Ф. Нуралиева, М.Ю. Юкина, М.А. Филиппова, Е.Н. Савватеева, Д.А. Грядунов, Е.А. Трошина	
<b>Применение алгоритмов искусственного интеллекта и машинного обучения для определения тяжести и прогнозирования летальности пациентов с черепно-мозговой травмой</b> .....	<b>82</b>
О.В. Онофрийчук, К.А. Кошечкин, С.А. Степанов, М.А. Кислов	
<b>Новая система стратификации риска аденокортикального рака</b> .....	<b>83</b>
Н.В. Пачуашвили, Э.Э. Порубаева, А.Р. Елфимова, Л.С. Урусова	



## СБОРНИК ТЕЗИСОВ

Вычислительная биология и искусственный интеллект для персонализированной медицины

<b>Методология оценки эффективности алгоритмов искусственного интеллекта для диагностики остеопороза в клинических условиях</b> .....	84
А.В. Петрайкин, Ж.Е. Белая, З.Р. Артюкова, Н.Д. Кудрявцев, Д.С. Семенов, Д.Е. Шарова, Ю.А. Васильев	
<b>Возможности искусственного интеллекта при патоморфологическом исследовании препаратов предстательной железы</b> .....	85
М.Н. Пешков	
<b>Разработка инновационной технологии неинвазивного мониторинга уровня гликированного гемоглобина с применением искусственного интеллекта</b> ....	86
Е.Е. Поликер, Б.Л. Земских, К.А. Кошечкин, Г.С. Лебедев	
<b>Персональная электронная карта мрт сканирований головного мозга пациента</b> .....	86
А.Н. Поляков, И.М. Енягина	
<b>Компьютерная программа телекоммуникационного иммунного мониторинга онкологических больных</b> .....	87
И.О. Пономарёв, Н.Н. Удербаяев, Г.Ж. Удербаяева, Н.Н. Омирбекова, К. Сламбеккызы	
<b>Компьютерное моделирование структурных детерминант чувствительности <i>Mycobacterium Tuberculosis</i> к соединениям на основе производных нуклеозидов</b> .....	88
А.Ю. Потапова, П.А. Иванов-Ростовцев В.А. Кезин, АЛ. Хандажинская, А.А. Анашкина	
<b>Применение контролируемых словарей при описании фармацевтической продукции</b> .....	88
М.А. Привалов, А.В. Балущкая	
<b>Риски внедрения систем поддержки принятия врачебных решений</b> .....	91
Л.И. Провоторова	
<b>Проблема унификации каталогов лекарственных средств: единый реестр лекарственных препаратов</b> .....	92
А. М. Рабинькая, А. С. Самохин, Е. А Деревянко, О. К. Ситникова, С. А. Ефимов, К. А. Кошечкин	
<b>Критерии истинности химерных онкогенов, обнаруженных в данных РНК-секвенирования опухолевого материала</b> .....	93
Е.Н. Рабушко, М.В. Сунцова, М.И. Сорокин, А.А. Буздин	
<b>ФСД-мониторинг динамики здоровья</b> .....	93
В.Н. Ростовцев	
<b>Цифровые технологии для работы с отклонениями при выпуске лекарственных препаратов</b> .....	94
М.А. Румянцев, К.А. Кошечкин	
<b>Цифровые помощники в медицине</b> .....	95
Е.А. Савушкин	
<b>Дневник здоровья для людей с хроническими болезнями в формате телеграм-бота</b> ....	95
Т.Р. Самигуллин, Г.С. Лебедев	
<b>Модель скрининга катаракты: возможности использования открытых наборов данных в medtech индустрии</b> .....	96
С.Н. Сахнов, К.Д. Аксенов, Л.Е. Аксенова, В.В. Вронская, А.О. Марцинкевич, В.В. Мясникова	
<b>Нейросетевой метод деконволюции конфокальных микроскопических изображений</b> ....	97
А.С. Сачук, А.Б. Герасименко, Е.И. Пчицкая, В.С. Чуканов, И.Б. Безпрозванный	
<b>Программные решения в управлении изменениями</b> .....	99
А.А. Свотин, К.А. Кошечкин	

<b>Возможности аннигиляционной замедленной флюоресценции для оценки статуса регионарных лимфатических узлов и краев резекции при хирургическом лечении рака молочной железы .....</b>	<b>100</b>
М.А. Сеньчукова, С.Н. Летута, А.Т. Ишемгулов, Е.Ю. Зубарева	
<b>Телемедицина и искусственный интеллект в офтальмологии: перспективы использования .....</b>	<b>101</b>
Н.Д. Сергеева, А.О. Укина	
<b>Современные проблемы мониторинга уровня глюкозы в крови у людей с сахарным диабетом и решение их с помощью приборов непрерывного мониторинга уровня глюкозы крови .....</b>	<b>102</b>
Е.А. Сидерко	
<b>Телемедицинские системы .....</b>	<b>108</b>
В.С. Скосырский, Д.В. Степочкин	
<b>Программная платформа нового поколения для работы с данными секвенирования GENOMENAL .....</b>	<b>109</b>
А.А. Слепухина, Е.Ф. Тарасенко, М.Ю. Помазной, А.С. Григорьев, А.О. Шелестова, Д.Ю. Адамьян, Е.П. Каманова, Е.А. Матросова, С.Ю. Храмцов, Ю.В. Вяткин, Д.Н. Штокало	
<b>Электронный паспорт службы «детской онкологии и гематологии». На пути к цифровизации .....</b>	<b>109</b>
А.С. Слинин, Ф.Н. Костин	
<b>Применение интеллектуальных систем в морфологическом анализе клеток .....</b>	<b>110</b>
В.Д. Смирнов	
<b>Системы поддержки принятия врачебных решений на основе искусственного интеллекта в терапии детей с сахарным диабетом первого типа .....</b>	<b>112</b>
Д.Ю. Сорокин, Д.Н. Лаптев, О.Б. Безлепкина	
<b>Промышленный интернет вещей при производстве фармацевтической продукции ..</b>	<b>114</b>
А.Л. Стурлис	
<b>Медицинский чат-бот .....</b>	<b>114</b>
Д.А. Сухоруков, П.А. Филипов, А.О. Фокина	
<b>Потенциал применения алгоритмов искусственного интеллекта для выявления очаговой патологии по данным флюорографии и рентгенографии органов грудной клетки .....</b>	<b>116</b>
М.М. Сучилова, М.Р. Коденко, Р.В. Решетников	
<b>Идентификация астроцитов и нейронов in vitro в модели глутаматной эксайтотоксичности при помощи методов искусственного интеллекта .....</b>	<b>117</b>
И.А. Таржанов, Н.В. Лизунова, Э.В. Бакаева, К.А. Кошечкин, А.М. Сурин, Е.Н. Фартушный	
<b>Введение электронной системы идентификации пациентов и биологического материала в практику лаборатории клинической эмбриологии ....</b>	<b>118</b>
К.С. Татищева, Т.С. Архипова, Ю.А. Татищева, А.Ф. Сайфитдинова	
<b>Применимость текстурных статистических признаков ультразвуковых изображений в дифференциальной диагностике узловых образований щитовидной железы .....</b>	<b>119</b>
А.А. Трухин, А.В. Манаев, С.М. Захарова, Е.А. Трошина, А.А. Гармаш	
<b>Биоинформатический скрининг неcodирующих рнк, вовлеченных в патогенез эпителиального рака яичников .....</b>	<b>120</b>
Л.А. Урошлев., И.В. Пронина, А.М. Бурденный, В.И. Логинов, Э.А. Брага	

## СБОРНИК ТЕЗИСОВ

Вычислительная биология и искусственный интеллект для персонализированной медицины

<b>Система мониторинга мировой дефектуры лекарственных средств</b> .....	<b>121</b>
А.М. Усанова, П.Д. Гриднева, И.А. Дмитриева, А.В. Карпова, К.А. Кошечкин	
<b>Применение искусственного интеллекта в анализе скан изображений гистологических препаратов почки</b> .....	<b>122</b>
А.Л. Файзуллин, Е.И. Иванова, В.О. Гринин, Д.М. Ермилов, А.В. Лычагин, П.С. Тимашев	
<b>Возможности цифровой обработки данных компьютерной томографии в планировании операций при опухоли почки</b> .....	<b>123</b>
Д.Н. Фиев, П.В. Глыбочко., Ю.Г. Аляев., Д.В. Бутнару, Е.С. Сирота, А.В. Проскура, М.М. Черненький, И.М. Черненький, Х.М. Исмаилов, С.М. Амрахов, З.С. Шомукимова, С.В. Вовденко, А.Р. Аджиев	
<b>Цифровое фенотипирование и носимые устройства в медицине</b> .....	<b>123</b>
Т.С. Филь	
<b>Информационно-аналитическое сопровождение государственной регистрации лекарственных средств для медицинского применения</b> .....	<b>125</b>
А.И. Ходенок	
<b>Использование докинг-метода для поиска потенциальных ингибиторов протеинкиназ – терапевтических мишеней нейровоспаления</b> .....	<b>125</b>
И.Ю. Хохлова, В.В. Какоткин, М.А. Агапов, Е.В. Семина, Е.Г. Чупахин	
<b>Комплексный подход к анализу медицинских изображений с помощью искусственного интеллекта</b> .....	<b>126</b>
В.Ю. Чернина, В.А. Гомболевский	
<b>Проблемы правового регулирования телемедицины и возможные пути их преодоления</b> .....	<b>127</b>
И.А. Шадеркин, А.Ю. Барина	
<b>Поиск метаболомных маркеров повреждения головного мозга при гипоксически-ишемической энцефалопатии новорожденных</b> .....	<b>128</b>
Ю.А. Шевцова, Ч.М. Эльдаров, К.В. Горюнов, В.В. Чаговец, Н.Л. Стародубцева, О.В. Ионов, Д.Н. Силачев	
<b>Подготовка набора данных, объединяющего цифровые маммографические изображения и клинические данные пациентов из электронных медицинских карт</b> .....	<b>129</b>
В.Е. Ягжина, А.В. Владзимирский, Е.Ф. Савкина, К.М. Арзамасов	
<b>Развитие экспортного потенциала цифрового здравоохранения Российской Федерации</b> .....	<b>130</b>
А.Н. Яковлев	

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-1>

# Scrnaseq analysis for determining the dynamics of immune cell populations in blood and tumor tissue of breast cancer patients during chemotherapy

M. Vashisth<sup>1</sup>, P.S. Iamshchikov<sup>1,2</sup>, M.R. Patysheva<sup>1,2</sup>,  
A.A. Frolova<sup>1,2</sup>, A.A. Fedorov<sup>1</sup>, T.S. Gerashchenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Cancer Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia, 5, Kooperativny St., 634009, Tomsk, Russia

<sup>2</sup>National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia, 36, Lenina St., 634050, Tomsk, Russia

## Introduction

Single-cell RNA seq (scRNAseq) has facilitated deeper analyses of cell dynamics and the search of potential markers of the chemotherapy efficacy in cancer patients. In this study, we analyzed scRNAseq data-set from triple negative breast cancer samples during chemotherapy to understand the dynamics of immune cells. Furthermore, issues related to analysis scRNAseq data, including the ambiguity of cluster cell-type annotations and visualization of the dynamics of changes in gene expression at different points in time were identified and solved.

## Methods

Blood mononuclear cells and tumor biopsy samples were obtained from a female patient with histologically verified triple negative breast cancer with 70% Ki-67 index before treatment and on day 3 and 21 after the first course of chemotherapy. Transcriptional characteristics of immune cells were investigated via single-cell RNA sequencing using BD Rhapsody technology (Becton Dickenson, USA) on the NextSeq 2000 platform (Illumina, USA). Bioinformatic processing was performed using Seven Bridges (<https://www.sevenbridges.com/apps-and-pipelines/>), cluster analysis and cell type annotation using the Louvain and Scanpy packages, and Diffxpy for comparison across conditions in Python.

## Results

A stepwise pipeline was developed in Python jupyter environment, and unique and differentially expressed genes were plotted with PanglaoDB and Cell Marker 2.0 as a reference. This provided all potential annotations based on cross-referencing alone. Furthermore, duplicate clusters were removed by visually analyzing top gene expression profiles across each cluster. Immune cell dynamics were traced using additional visualizations such as proportion plots.

Cluster analysis revealed that during the first chemotherapy, the proinflammatory immune response activated in the blood, and T-cell populations decreased, particularly, CD4 T memory cells and T regulatory cells, whereas the population of NK cells

increased. Monocyte counts were depleted within 3 days followed by an increase at 21 days. In contrast, an anti-inflammatory immune response was activated in the tumor under the influence of chemotherapy. In particular, the number of memory T, CD4 and B-cells increased, and the population of NK-cells and CD8-cells decreased.

Finally, the data-set was grouped and compared across time points using Diffxpy. Additionally, Network methods were used to interpret these comparisons as an alternative to traditional volcano plots.

## Conclusion

Immune cell dynamics using scRNAseq was explored in blood and tumor samples during chemotherapy. All analyses and visualization were performed in Python addressing the various challenges during analyses of the given dataset. This step-wise approach may be applied to similar datasets and ensure more transparency in analyses of scRNAseq data for future researches.

*This work is supported by Russian Science Foundation (grant #22-75-10128).*

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-2>

## Совершенствование метода репортирования о нежелательных явлениях

К.Ш. Абдель-Керим, А.А. Наумова, Е.А. Юсуповская,  
С.И. Шашова

Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова

## Введение

По данным Всемирной организации здравоохранения, нежелательные реакции на лекарственные средства входят в число десяти ведущих причин смерти. На сегодняшний день количество спонтанных сообщений о нежелательных явлениях в Российской Федерации в разы меньше, чем ожидается по рекомендациям Всемирной организации здравоохранения. Это может быть связано с отсутствием удобной, интуитивно понятной формы подачи сообщений о нежелательных явлениях.

Цель работы: описание отечественного продукта с интуитивно понятным интерфейсом для сбора, обработки и хранения информации о нежелательных явлениях лекарственных препаратов.

## Материалы и методы

Был проведён анализ существующего рынка программных обеспечений, способных решить поставленную проблему.

Изучив нормативную документацию и методические рекомендации, были сформулированы основные этапы сбора сообщений и описаны необходимые функции для отечественного ПО, упрощающие процесс сбора информации о нежелательных явлениях.

**Результаты**

Система сбора спонтанных сообщений организуется Росздравнадзором. Сообщения можно подать через автоматизированную информационную систему на сайте Росздравнадзора, заполнив извещение, а также через e-mail, на почтовый адрес или по факсу. Однако таким образом регистрируется лишь малая часть сообщений.

На настоящий момент нет стандартного отечественного ПО для сбора случайных сообщений.

Все существующие решения либо не охватывают весь спектр требуемых функций, либо не обслуживаются на территории РФ.

Для оптимизации работы фармакологических предприятий требуется приложение, охватывающее все итерации получения, обработки и отправки сообщений о нежелательных явлениях. Весь процесс можно разбить на несколько стадий, каждая из которых будет решаться при помощи различных средств ПО:

1) Получение информации о нежелательном явлении от врача, пациента, либо из доступных источников информации;

2) Обработка поступившего сообщения;

3) Проверка достоверности и удаление дубликатов сообщений;

4) Добавление сообщения в базу данных компании; при необходимости информирование Росздравнадзора.

Описаны способы решения каждой из задач.

Для упрощения процесса репортирования можно предложить решение в виде чат-ботов. Такие программы помогают автоматизировать простые повторяющиеся действия. Одним из их главных достоинств является простота в использовании: их можно применять в обычных мессенджерах.

Для автоматизации процесса отслеживания и фиксации сообщений о нежелательных явлениях из таких источников, как научные статьи, медицинские форумы и социальные сети, может быть использован искусственный интеллект.

**Заключение**

Были изучены существующие решения сбора, обработки и хранения сообщений о нежелательных явлениях. Выделены основные стадии процесса сбора спонтанных сообщений и определены необходимые функции для отечественного ПО, упрощающие процесс сбора информации о нежелательных явлениях.

**Ключевые слова:** нежелательные явления, спонтанные сообщения, фармаконадзор.

**Контактное лицо:** Абдель-Керим Каролина Шуановна, студентка 4 курса института Фармации им. А.П. Нелюбина ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия.

**Телефон:** +7(909)690-76-37

**E-mail:** karoline020902@gmail.com

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-3>

**Возможности применения комбинированных аналитических методов масс-спектрометрии выдыхаемого воздуха в определении риска сердечно-сосудистых заболеваний**

М.Г. Абдуллаев, Д.Г. Гогниева, А.Ю. Суворов,  
А.А. Ломоносова, А.И. Новикова, А.С. Силантьев,  
П.Ш. Чомахидзе, Ф.Ю. Копылов

ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России  
(Сеченовский Университет)

**Введение**

На протяжении многих лет проводится большое количество исследований направленных на диагностику и стратификацию риска осложнений сердечно-сосудистых заболеваний. Данный метод является неинвазивным и позволяет безопасно обследовать большое количество пациентов в короткие сроки и в режиме онлайн. Отсутствуют исследования, направленные на использование анализа выдыхаемого воздуха для стратификации риска сердечно-сосудистых осложнений.

**Цель**

Определить возможности анализа выдыхаемого воздуха методом протонной масс- в режиме реального времени у пациента с различным сердечно-сосудистым риском, поиск маркеров, которые будут использованы для скрининга/диагностики рисков сердечно-сосудистых заболеваний. Провести корреляционный анализ между профилем выдыхаемого воздуха и лабораторными параметрами.

**Методы**

В исследование планируется включить 1200 человек.

Первый этап: Пациенты будут распределены на две группы: экспериментальная группа с подтвержденными сердечно-сосудистыми заболеваниями (гипертоническая болезнь, ишемическая болезнь сердца) 1000 человек; контрольная группа (без сердечно-сосудистых заболеваний) 200 человек. В обеих группах будет проведен анализ крови (липидный профиль, С-реактивный белок, липопротеин а, аполипопротеин А1, аполипопротеин В1, фактор некроза опухоли, интерлейкин-6, интерлейкин-1 бета, N-терминальный пропептид мозгового натрийуретического гормона, тропонин I) и выдыхаемого воздуха. В данной работе исследование состава выдыхаемого воздуха (волатома) будет проводиться комбинацией двух аналитических методов в режиме реального времени: с использованием времяпролетного масс-спектрометра с ионизацией методом переноса протона



Сомпакт PTR-MS, а также с использованием метода эмиссионной спектроскопии тлеющего разряда (российская разработка).

#### Результаты

На данный момент по имеющимся данным ожидается получение результатов. Будет выполнено: 1) проведение промежуточного корреляционного анализа между показателями полученными в результате анализа выдыхаемого воздуха и лабораторными параметрами воспаления, липидного обмена и тяжестью клинического состояния у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями;

2. Выявление маркеров сердечно-сосудистых заболеваний по анализам выдыхаемого воздуха методом протонной масс-спектрометрии и эмиссионной спектроскопии.

#### Выводы

При завершении проекта предполагается получить эффективный персонализированный инструмент диагностики сердечно-сосудистых заболеваний для стратификации риска осложнений. Данный метод может быть применен на уровне амбулаторно-поликлинического и стационарного звеньев, с целью скрининга, диагностики и стратификации риска, а также подбора индивидуальной терапии.

**Ключевые слова:** кардиология, гипертоническая болезнь, ишемическая болезнь сердца, летучие органические вещества, масс-спектрометрия.

*Контактное лицо: Абдуллаев Магомед Габидуллаевич, аспирант института персонализированной кардиологии НЦМУ «Цифровой биодизайн и персонализированное здравоохранение» ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет).*

*Телефон +7(964)349-99-98.*

*E-mail: magomed19942mail.ru*

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-4>

## Скрининг диабетической ретинопатии с использованием немидриатической фундускамеры в рамках государственной услуги в Республике Казахстан

В.Р. Абдуллина<sup>1</sup>, Е. Жәнібекұлы<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ЧУ «Институт глаза Лусу», Алматы. Ул. Гоголя 253/5

<sup>2</sup>ТОО «EyeLab», Нур-султан, Республика Казахстан, ул. Шыңғыс Айтматов, 29А

#### Введение

Проведенные исследования показали, что программы скрининга с использованием цифровых изображений сетчатки, сделанных как с дилатацией зрачка, так и без нее, могут способствовать раннему обнаружению диабетической ретинопатии

(ДР). В качестве адекватной замены семипольному фотографированию предложено использование немидриатической фундускамеры. Для отработки методики дистантного скрининга на ДР ТОО «EyeLab» разработало программу с элементами искусственного интеллекта, что и явилось основой наших исследований.

#### Цель

Изучение эффективности выявления ДР у пациентов с СД 1 и 2 типов при автоматизации бизнес-процессов по диагностике ДР на основе снимков фундус камеры с использованием технологий искусственного интеллекта.

#### Материалы и методы

Исследование проводилось на базе «Городской поликлиники № 14» (г. Алматы), где обследовали 145 пациентов с СД 1 и 2 типов. Также в рамках программы Всемирного Дня Диабета 14 ноября 2021 года проведена акция по скринингу детей и взрослых, больных СД в гг Алматы и Нур-султан. Всего осмотрено — 185 пациентов, из них 145 детей. Фотографировали глазное дно пациентов с помощью немидриатической фундускамеры, а офтальмолог составлял заключение дистанционно, используя программу, разработанную компанией «EyeLab».

#### Результаты

Среди выявленных в результате скрининга офтальмологических проявлений у пациентов с СД 2 типа наиболее часто встречалась осложненная катаракта (47,4%), ДР в стадии непролиферации (47,4%). ДР в стадии препролиферации была обнаружена у 31,8% пациентов, стадия пролиферации у 12,1%. Диабетический макулярный отек был выявлен у 11,2% пациентов. У пациентов с сахарным диабетом 1 типа наиболее часто встречались ДР в стадии препролиферации (62,1%) и ДМО (34,5%). Осложненная катаракта и ДР в стадии пролиферации были обнаружены у 31% пациентов. Среди обследованных детей города Нур-султан и Алматы у большинства пациентов патологических изменений со стороны органа зрения не было обнаружено. В результате скрининга у некоторых пациентов была впервые выявлена глаукома, тапеторетинальная абнотрофия сетчатки. Ангиопатия сосудов встречалась до 27,3%, среди аномалий рефракции была выявлена миопия.

#### Заключение

Таким образом, создано отечественное программное обеспечение, позволяющее: 1) оказывать услуги дистанционно 2) применять алгоритмы искусственного интеллекта.

**Ключевые слова:** скрининг, диабетическая ретинопатия, сахарный диабет, искусственный интеллект, нейронные сети.

*Контактное лицо: Абдуллина Венера Равиловна – кандидат медицинских наук, главный врач ЧУ «Институт глаза Лусу», Республика Казахстан, город Алматы*

Телефон: +77051321079

e-mail: ravilven@mail.ru,

SPIN-код: 1028-9832, AuthorID: 1156196, <https://orcid.org/0000-0001-8455-5211>

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-5>

## Система мониторинга мировой дефектуры лекарственных средств

А.А. Абдуразакова

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), aishatash@yandex.ru

### ВВЕДЕНИЕ

Лекарственные средства играют важную роль в здравоохранении, но, как любой продукт, они могут иметь дефекты, которые влияют на их эффективность и безопасность. Дефекты лекарственных средств могут возникать в любом этапе жизненного цикла, от производства до использования. Это может привести к негативным последствиям для здоровья пациентов, а также к финансовым потерям для производителей и потребителей лекарств. В связи с этим, разработка системы мониторинга дефектов лекарственных средств имеет большое значение для обеспечения безопасности и эффективности лекарственных средств.

Целью данной работы является разработка системы мониторинга мировой дефектуры лекарственных средств.

1. Для достижения цели работы были поставлены следующие задачи:

2. Проанализировать существующие системы мониторинга дефектов лекарственных средств в мире.

3. Оценить преимущества и недостатки существующих систем мониторинга дефектов лекарственных средств.

4. Разработать систему мониторинга дефектов лекарственных средств, учитывающую преимущества существующих систем и устраняющую их недостатки.

5. Провести экспериментальное исследование разработанной системы мониторинга и оценить ее эффективность.

Для выполнения задач были использованы следующие методы исследования:

1. Анализ литературных источников по проблеме мониторинга дефектов лекарственных средств.

2. Изучение существующих систем мониторинга дефектов лекарственных средств.

3. Методы системного анализа и проектирования.

4. Экспериментальное исследование.

Разработка системы мониторинга мировой дефектуры лекарственных средств является актуальной задачей в современной медицине. Новизна работы заключается в том, что она представляет собой комплексное исследование существующих систем мониторинга дефектов лекарственных средств и разработку новой системы, учитывающей их преимущества и недостатки. Значимость работы заключается в ее вкладе в развитие медицинской науки и практики, а также в возможности применения ее результатов в производстве и использовании лекарственных средств.

### ГЛАВА 1

#### 1.1. Общие сведения о лекарственных средствах и их дефектуре

Лекарственные средства — это вещества или их комбинации, предназначенные для использования в медицинских целях. Они содержат активные вещества, которые оказывают терапевтическое действие на организм человека. Лекарственные средства могут иметь разные формы выпуска: таблетки, капсулы, инъекционные растворы, мази, сиропы и т.д.

Дефекты лекарственных средств могут возникать по разным причинам, например, ошибки в производственном процессе, нарушения в качестве используемых компонентов, несоответствие дозировки или маркировки. Дефекты могут влиять на безопасность и эффективность лекарственных средств, а также на здоровье пациентов.

В настоящее время в мире существует несколько систем мониторинга дефектов лекарственных средств. Некоторые из них осуществляют мониторинг только внутри страны, в то время как другие являются международными и охватывают несколько стран. Системы мониторинга дефектов лекарственных средств могут быть различными по своей структуре, принципам работы и методам обработки данных.

Одним из наиболее известных международных ресурсов является Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ), которая имеет свою базу данных мониторинга дефектов лекарственных средств. В ней собираются и анализируются данные об уведомлениях о дефектах лекарственных средств, поступивших от различных стран.

Таким образом, системы мониторинга дефектов лекарственных средств имеют важное значение для обеспечения безопасности и эффективности лечения. Разработка и совершенствование таких систем является актуальной задачей в современной медицинской практике.

#### 1.2. Типы дефектов лекарственных средств

Дефекты лекарственных средств могут быть различными по своей природе и тяжести. Рассмотрим основные типы дефектов лекарственных средств.

##### 1. Качественные дефекты

Качественные дефекты связаны с нарушением качества используемых компонентов или ошибками

в процессе производства. Например, может произойти загрязнение лекарственного средства другим веществом, которое может быть опасно для здоровья пациентов. Также могут возникать проблемы с хранением лекарственных средств, что может привести к их деградации и ухудшению качества.

## **2. Количественные дефекты**

Количественные дефекты связаны с несоответствием дозировки лекарственных средств, указанной на упаковке, и действительной дозировкой. Например, лекарственное средство может содержать меньшее количество активного вещества, чем указано на упаковке, что может привести к неэффективности лечения. Наоборот, лекарственное средство может содержать большее количество активного вещества, чем указано на упаковке, что может привести к побочным эффектам.

## **3. Упаковочные дефекты**

Упаковочные дефекты связаны с нарушениями в упаковке и маркировке лекарственных средств. Например, может произойти ошибочная маркировка лекарственных средств, что может привести к неправильному использованию или ошибочному назначению лекарственного средства. Также могут возникать проблемы с упаковкой, которые могут привести к повреждению лекарственных средств и ухудшению их качества.

Следовательно, дефекты лекарственных средств могут иметь разную природу и тяжесть, их своевременное обнаружение и устранение является важным фактором в обеспечении безопасности и эффективности лечения.

### **1.3. Причины дефектов лекарственных средств**

Дефекты лекарственных средств могут быть вызваны различными причинами, которые могут быть связаны с производственными, технологическими, организационными, а также человеческими факторами. Рассмотрим основные причины дефектов лекарственных средств.

#### **1. Нарушения производственного процесса**

Ошибки в производственном процессе, такие как нарушения при смешивании компонентов, неправильная температура при хранении и транспортировке, неправильная обработка и упаковка, могут привести к возникновению дефектов лекарственных средств.

#### **2. Нарушения в качестве компонентов**

Некачественные компоненты, поставляемые от поставщиков, могут быть причиной дефектов лекарственных средств. Это может быть вызвано неправильным хранением компонентов, ошибками в производстве компонентов или использованием компонентов, не соответствующих требованиям.

#### **3. Неправильная маркировка и упаковка**

Неправильная маркировка и упаковка лекарственных средств может привести к ошибочному применению, неправильному дозированию или даже к опасным побочным эффектам.

#### **4. Нарушения при хранении и транспортировке**

Неправильное хранение и транспортировка лекарственных средств может привести к их деградации и ухудшению качества.

#### **5. Человеческие факторы**

Человеческие факторы, такие как недостаточная подготовка персонала, ошибки при ручной обработке или упаковке, неправильное использование оборудования, также могут привести к возникновению дефектов лекарственных средств.

Таким образом, дефекты лекарственных средств могут быть вызваны различными причинами, и для их предотвращения необходимы соответствующие меры контроля и управления качеством в производственном процессе.

### **1.4. Системы мониторинга дефектов лекарственных средств**

Системы мониторинга дефектов лекарственных средств являются важной составляющей контроля качества и безопасности лекарственных средств на всех этапах их жизненного цикла. Они представляют собой инструменты для обнаружения, оценки и управления рисками, связанными с дефектами лекарственных средств.

Системы мониторинга дефектов лекарственных средств могут быть реализованы на разных уровнях, таких как: государственный, производственный, медицинский.

На государственном уровне мониторинг дефектов лекарственных средств осуществляется в рамках системы регулирования и контроля за лекарственными средствами. В разных странах для этой цели создаются специальные организации, например, в России существует Федеральное агентство по контролю за качеством лекарственных средств и изделий медицинского назначения.

На производственном уровне системы мониторинга дефектов лекарственных средств основаны на соблюдении стандартов качества и безопасности. Это включает контроль качества компонентов, процесса производства, упаковки и транспортировки, а также контроль за соблюдением требований к маркировке.

На медицинском уровне системы мониторинга дефектов лекарственных средств основаны на системах фармаковигилантности и фармакоэпидемиологии. Они позволяют обнаруживать и изучать побочные эффекты лекарственных средств, а также связь между применением лекарственных средств и заболеваниями.

Следовательно, системы мониторинга дефектов лекарственных средств являются важной составляющей контроля качества и безопасности лекарственных средств на всех этапах их жизненного цикла.

### **1.5. Обзор мировых систем мониторинга дефектов лекарственных средств**

Существует несколько мировых систем мониторинга дефектов лекарственных средств, каждая из которых имеет свои особенности и принципы работы. Одним из наиболее значимых и авторитетных



является система мониторинга дефектов лекарственных средств, управляемая Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ). Эта система называется Всемирной программой мониторинга лекарственных средств (ВПМЛС) и осуществляет наблюдение за качеством и безопасностью лекарственных средств в более чем 130 странах мира.

Еще одной важной системой мониторинга дефектов лекарственных средств является система Мониторинга нежелательных реакций на лекарственные средства (МНРЛС), разработанная Европейским агентством по лекарственным средствам (ЕМА). Она представляет собой базу данных, в которую собираются и анализируются отчеты о нежелательных реакциях на лекарственные средства, полученные от врачей и пациентов.

Кроме того, в США существует система мониторинга дефектов лекарственных средств, называемая Системой нежелательных событий при использовании лекарственных средств (AERS). Она разработана Агентством по контролю за продуктами питания и лекарствами США (FDA) и позволяет отслеживать нежелательные реакции на лекарственные средства, а также выявлять проблемы в их производстве.

Обзор этих и других систем мониторинга дефектов лекарственных средств позволяет оценить масштабы проблемы и выработать рекомендации по совершенствованию систем контроля качества лекарственных средств.

#### **1.6. Преимущества и недостатки существующих систем мониторинга дефектов лекарственных средств**

Несмотря на то, что системы мониторинга дефектов лекарственных средств играют важную роль в обеспечении безопасности пациентов, они также имеют свои преимущества и недостатки.

Одним из главных преимуществ систем мониторинга является возможность оперативного обнаружения дефектов лекарственных средств. Благодаря системам мониторинга дефектов лекарственных средств, проблемы с качеством и безопасностью могут быть выявлены и устранены гораздо быстрее, чем если бы эти проблемы обнаружались только после массового применения лекарственного средства. Также системы мониторинга дефектов позволяют производителям лекарственных средств получать обратную связь от потребителей и анализировать ее, что помогает им улучшать качество своей продукции.

Однако, системы мониторинга имеют свои недостатки. Некоторые системы мониторинга дефектов не достигают своей цели из-за низкой популярности или недостаточной информированности о них среди потребителей. Также существует проблема ограниченности данных о нежелательных реакциях на лекарственные средства, что может привести к недостаточной оценке безопасности продукции. При этом часть систем работают только

в одной стране, что затрудняет обмен информацией между различными странами и международными организациями. Другим недостатком существующих систем мониторинга дефектов лекарственных средств является неполнота информации. Информация о дефектах может быть недоступна из-за того, что некоторые производители не сообщают об этих проблемах или делают это с задержкой. Кроме того, некоторые дефекты могут быть неявными и не заметны на ранних стадиях, что приводит к недостаточному или неполному анализу данных.

Также следует отметить, что существующие системы мониторинга дефектов лекарственных средств имеют некоторые ограничения в области применения. Например, некоторые системы могут не учитывать дефекты, связанные с неправильным применением лекарственных средств или с взаимодействием с другими лекарствами.

Несмотря на недостатки, существующие системы мониторинга дефектов лекарственных средств все же играют важную роль в обеспечении безопасности и качества лекарственных средств. Однако для более эффективного контроля за качеством лекарственных средств необходимо усовершенствование и расширение существующих систем мониторинга.

#### **1.7. Анализ применения мировых систем мониторинга дефектов лекарственных средств в России**

Россия является участником международных программ и инициатив в области мониторинга качества и безопасности лекарственных средств. Однако, несмотря на внедрение мировых систем мониторинга в России, имеются проблемы, связанные с эффективностью их использования. Одной из таких проблем является отсутствие достаточного количества квалифицированных специалистов в области мониторинга дефектов лекарственных средств. Также следует отметить, что мировые системы мониторинга могут не всегда учитывать специфику российского рынка лекарственных средств, что может приводить к неполноте и недостаточной актуальности информации о дефектах лекарственных средств, обнаруживаемых в России.

Несмотря на активное использование международных систем мониторинга дефектов лекарственных средств, Россия также разработала свои национальные системы. В частности, в России создана система «Мониторинг нежелательных реакций на лекарственные средства», которая включает в себя базу данных нежелательных реакций, регистрацию нежелательных реакций и анализ данных. Эта система разрабатывается и поддерживается Федеральной службой по надзору в сфере здравоохранения.

В целом, можно отметить, что в России успешно применяются как международные, так и национальные системы мониторинга дефектов лекарственных средств, что позволяет эффективно

контролировать качество и безопасность лекарственных средств на рынке.

## ГЛАВА 2

### 2.2. Описание системы мониторинга

Система мониторинга дефектов лекарственных средств разработана для автоматизации процесса контроля качества производства и повышения безопасности потребления медицинских препаратов. Система основана на сборе и анализе данных о дефектах и отклонениях от стандартов качества лекарственных средств, а также на выявлении причин возникновения дефектов. Она позволяет производителям лекарственных средств и регулирующим органам получать актуальную информацию о состоянии производства и быстро реагировать на возникающие проблемы.

Система мониторинга включает в себя модули сбора данных, анализа данных и отчетности. Модуль сбора данных собирает информацию о дефектах лекарственных средств на всех этапах производства и хранит ее в централизованной базе данных. Модуль анализа данных производит анализ собранных данных с помощью статистических методов и алгоритмов машинного обучения для выявления тенденций и причин возникновения дефектов. Модуль отчетности предоставляет пользователю гибкий доступ к сформированным отчетам и дашбордам, которые визуализируют данные и выводят ключевые показатели производства.

Описание системы мониторинга является важной составляющей нашей дипломной работы, так как она дает четкое представление о том, как работает наша система и какие функции она выполняет.

### 2.2. Архитектура системы мониторинга

Архитектура системы мониторинга дефектов лекарственных средств базируется на микросервисной архитектуре. Система состоит из ряда независимых сервисов, каждый из которых отвечает за определенную функциональность. Каждый сервис запущен в контейнере Docker и работает на своем порте, что обеспечивает легкую масштабируемость и управление каждым сервисом отдельно.

Все сервисы связаны между собой через API-интерфейсы. В системе используется система авторизации и аутентификации пользователей, реализованная через OAuth 2.0 протокол, что обеспечивает безопасность и защиту данных.

В целом, такая архитектура позволяет быстро добавлять и удалять сервисы, масштабировать отдельные компоненты системы и обеспечивать высокую доступность и отказоустойчивость.

### 2.3. Технические требования к системе мониторинга

Система мониторинга будет разработана на языке программирования Java с использованием технологии Spring Framework и будет иметь модульную архитектуру, позволяющую легко добавлять новые функциональные возможности.

Для хранения данных будет использована реляционная база данных MySQL. В качестве среды разработки и сборки используется инструментарий Maven. Для управления версиями кода системы мониторинга используется система контроля версий Git.

Система мониторинга должна иметь пользовательский интерфейс, обеспечивающий удобное взаимодействие пользователя с системой. Также будет возможность сбора и анализа данных о дефектах лекарственных средств, а также генерации отчетов на основе этих данных.

Для обеспечения безопасности данных система мониторинга использует протокол HTTPS при передаче данных между клиентом и сервером, а также хеширование паролей пользователей.

Система мониторинга поддерживает работу с несколькими пользователями, имеет возможность авторизации и аутентификации пользователей, а также управление правами доступа.

### 2.4. Методика внедрения системы мониторинга

Методика внедрения системы мониторинга дефектов лекарственных средств предполагает следующие шаги:

1. Определение целей и задач системы мониторинга, выбор инструментальных средств и технологий, которые будут использоваться для ее реализации.

2. Определение перечня дефектов лекарственных средств, которые будут отслеживаться в рамках системы мониторинга, а также критериев, по которым они будут оцениваться.

3. Разработка алгоритмов работы с информацией, полученной в результате мониторинга, включая процедуры фильтрации, анализа, интерпретации и систематизации данных.

4. Проведение пилотного проекта, который позволит оценить эффективность работы системы мониторинга в условиях реальной эксплуатации и внести корректировки в ее работу, если это будет необходимо.

5. Постепенное внедрение системы мониторинга во всех подразделениях компании, включая процедуры обучения сотрудников работе с системой, а также установку соответствующих программных и аппаратных средств.

6. Проведение регулярной оценки работы системы мониторинга с целью выявления ее проблемных моментов и внесения необходимых корректировок.

7. Разработка документации по эксплуатации системы мониторинга и ее инструкций по использованию для обучения сотрудников.

8. Все перечисленные шаги представляют собой необходимые условия для успешной реализации системы мониторинга дефектов лекарственных средств.

### 2.5. Ожидаемые результаты

Ожидаемыми результатами разработки системы мониторинга дефектов лекарственных средств являются:

1. Улучшение качества мониторинга дефектов лекарственных средств за счет автоматизации процессов сбора и анализа данных, что позволит оперативно выявлять и реагировать на негативные явления.

2. Повышение эффективности контроля за качеством лекарственных средств благодаря использованию современных методов анализа данных и машинного обучения.

3. Улучшение координации между ведомствами, ответственными за контроль качества лекарственных средств, а также улучшение взаимодействия с производителями лекарственных средств и медицинскими учреждениями.

4. Повышение уровня доверия населения к качеству лекарственных средств и улучшение безопасности использования лекарственных средств.

5. Создание надежной системы мониторинга дефектов лекарственных средств, которая будет способствовать сокращению затрат на лечение пациентов и уменьшению экономических потерь, связанных с небезопасным использованием лекарственных средств.

Таким образом, разработка системы мониторинга дефектов лекарственных средств позволит повысить безопасность и качество медицинской помощи, улучшить контроль за качеством и безопасностью лекарственных средств на территории России, а также способствовать своевременному выявлению дефектов и проведению необходимых мероприятий по их устранению.

#### Литература

1. <https://www.roszdravnadzor.gov.ru>
2. [pharmvestnik.ru](http://pharmvestnik.ru)
3. [medvestnik.ru](http://medvestnik.ru)
4. [inpharm.ru](http://inpharm.ru)
5. [innopolis.university](http://innopolis.university)

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-6>

## Искусственный интеллект в диагностике, контроле эффективности и безопасности лечения возрастной макулярной дегенерации

А.С. Авагян, К.А. Кошечкин

ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова»  
Минздрава России  
(Сеченовский Университет), Москва

#### Введение

Возрастная макулярная дегенерация (ВМД) – хроническое прогрессирующее заболевание сетчатки, которое занимает третье место в структуре причин необратимой потери центрального зрения и инвалидизации пациентов старше 55 лет. Неуклонный рост числа больных и частые

скрининговые обследования, улучшающие прогноз, обуславливают значительную нагрузку на систему здравоохранения. В последние годы в помощь приходят технологии искусственного интеллекта (ИИ) для обработки и интерпретации баз данных и медицинских изображений.

#### Материалы и методы

Поиск статей производился в базах данных PubMed, Cochrane Library и eLibrary. Основной поисковой запрос был следующим: (“age-related macular degeneration” OR “macular degeneration” OR AMD OR ARMD) AND (“artificial intelligence” OR “artificial intelligence-based” OR “machine learning” OR “deep learning” OR “neural network”) AND (diagnosis OR treatment), при этом временные и языковые ограничения не использовали. Для поиска среди отечественных публикаций использовали аналогичные ключевые слова.

#### Результаты

Предложены алгоритмы для диагностики ранних признаков ВМД: субретинальных друзеноидных отложений (SDD), интратретинальных гипер- и гипорефлективных очагов (IHRF и hRF соответственно). Обучение проводили на данных В-сканов ОКТ тремя нейронными сетями (НС): Inception-v3, ResNet50 и InceptionResNet50. Большинство исследований сходятся, что InceptionResNet50 лучше подходит для определения наличия SDD и IHRF, а Inception-v3 – для определения наличия hRF. Предложены также системы обнаружения зон географической атрофии и прогнозирования их роста на основе корреляции с участками SDD и hRF.

Особый интерес представляют системы поддержки принятия врачебных решений в ходе терапии ингибиторами ангиогенеза (anti-VEGF препараты) влажных форм ВМД. Существующие фиксированные режимы не учитывают индивидуальные функциональные и морфологические показатели, с чем связан риск избыточного лечения. Другие же режимы (ProReNata, Observe-and-Plan, Treat-and-Extend) требуют более частого и тщательного ОКТ-мониторинга. Одна из задач ИИ – прогнозирование необходимости проведения анти-VEGF терапии. Среди прогностических факторов выделяют остроту зрения после терапии, наличие интратретинальных кист, субретинальной жидкости. Наиболее эффективным алгоритмом прогнозирования остроты зрения называют протокол Lasso (по сравнению с 5 другими). Точность предсказания показаний к интравитреальной инъекции достигает 97,5% в некоторых исследованиях.

#### Заключение

Ввиду прогрессирующего старения населения и увеличения заболеваемости ВМД медицина остро нуждается в автоматизированных системах поддержки принятия врачебных решений. Разработанные алгоритмы ИИ могут интерпретировать ОКТ-сканы и данные других исследований на экспертном уровне: определять и дифференцировать



проявления ВМД, производить ее классификацию и стадирование, а также помогать с решением вопроса инициации лечения и необходимости в повторной анти-VEGF терапии. В виду невозможности исключить риск ошибки из-за вероятностной природы самих используемых методик, не стоит забывать о врачебном контроле результатов анализа ИИ.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, компьютерное зрение, офтальмологический скрининг, возрастная макулярная дегенерация, ВМД, anti-VEGF терапия.

*Контактное лицо:* Авагян Асмик Самсоновна, ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский университет), Москва, Россия

*Телефон:* +79032625687

*E-mail:* avagyan.asmik@list.ru

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-7>

## Использование разработанного программного ассистента при анализе изображений КТ для оценки саркопении у больных раком желудка и прогноза послеоперационных осложнений

Т.А. Агабабян<sup>1</sup>, А.Р. Теплякова<sup>2</sup>, С.О. Старков<sup>2</sup>,  
В.А. Кукарская<sup>1</sup>, С.А. Иванов<sup>1</sup>, А.Д. Каприн<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России, Обнинск, Россия

<sup>2</sup> ИАТЭ НИЯУ МИФИ, Обнинск, Россия

<sup>3</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России, Обнинск, Россия

### Актуальность

Саркопения является независимым предиктором развития послеоперационных осложнений и общей выживаемости при раке желудка. Наиболее распространенным способом неинвазивной оценки мышечной массы является КТ-саркометрия. Ручное измерение состава тела на компьютерной томографии (КТ) занимает много времени, что ограничивает его клиническое использование.

Целью исследования явилось изучение взаимосвязи между развитием послеоперационных осложнений и саркопенией, выявленной на дооперационном этапе комбинированного лечения у больных раком желудка с помощью разработанного программного ассистента, используя подход сегментации, основанный на глубоком обучении.

### Методы

На первом этапе на основе набора данных, содержащего 202 снимка произведено первичное обучение модели сегментации мышечной ткани, имеющей архитектуру U-Net. Далее саркопения оценивалась путем точной сегментации и измерения компонентов скелетных мышц на уровне L3 позвонков у 65 пациентов с гистологически верифицированным раком желудка в возрасте от 33 до 80 лет. Измерения скелетных мышц были дополнительно нормализованы по росту пациента для оценки индекса скелетных мышц (SMI) для каждого пациента. Пороговыми значениями SMI для диагностики саркопении считали 39 см<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> у женщин и 55 см<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> у мужчин. Для классификации степени осложнений после гастрэктомии использовали шкалу оценки Clavien-Dindo. КТ выполняли на дооперационном периоде с целью стадирования процесса, а в послеоперационном периоде при наличии клинических показаний.

### Результаты

Первичное обучение продемонстрировало перспективность выбранного подхода сегментации: на относительно малой обучающей выборке достигнуто значение коэффициента Дайса 0.91. Также разработаны алгоритмы анализа результатов сегментации.

Саркопения была отмечена у 50 из 65 больных (76,9%). Общая частота послеоперационных осложнений по Clavien-Dindo степени ≥III в группе больных с саркопенией была значительно выше, чем в группе без саркопении (20% против 7%;  $P = 0.9847$ ), а тяжелые осложнения (≥IIIB по Clavien-Dindo) (релапаротомии – 6, тяжелые пневмонии – 2, панкреатит – 1 и смерть – 1) встречались только в группе больных с саркопенией.

### Выводы

Таким образом, полученные нами данные свидетельствуют о взаимосвязи саркопении и развития послеоперационных осложнений. Интеграция данных о составе тела в клиническую практику может быть облегчена с помощью машинного обучения и позволит скорректировать нутритивный статус с учетом индивидуальных особенностей онкологического больного.

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-8>

## КТ-диагностика ишемического инсульта: актуальные проблемы и перспективы применения искусственного интеллекта

П.Л. Андропова<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Институт Мозга Человека им. Н.П. Бехтеревой Российской академии наук

<sup>2</sup>Санкт-Петербургское государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Городская больница Святой преподобномученицы Елизаветы»

### Введение

Распознавание признаков ишемического инсульта на ранних стадиях является сложной диагностической задачей. В условиях ежегодного обновления кадрового состава больниц молодыми специалистами и нехватки рентгенологов для оперативной интерпретации лучевых исследований в субъектах Российской Федерации, прогнозируется повышение уровня вариативности интерпретации между врачами. Использование алгоритмов искусственного интеллекта (ИИ) предполагает более эффективное обнаружение патологии методом компьютерной томографии (КТ) и снижение межэкспертной вариативности при оценке по ASPECTS, нуждающихся в экстренной медицинской помощи.

### Методы и методы

Создана база КТ- исследований 150 пациентов с клинической картиной ОНМК в бассейне средней мозговой артерии. На первом этапе, протестированы 21 рентгенолог с различным стажем и опытом в оценке ишемического инсульта. Далее, протестированы три алгоритма искусственного интеллекта и изучены две модели их использования в медицинской визуализации: параллельное чтение, с первоначальной оценкой алгоритмом ИИ; второе чтение, с первоначальной оценкой врачом и далее ИИ.

### Результаты

Выявлено влияние стажа работы врачей РСЦ на диагностическую эффективность. Точность врачей со стажем более 8 лет составила 93,8%, от 3-8 лет – 91,3%, до 3 лет – 88,3%. Стаж не оказал влияния на диагностическую эффективность врачей, не имеющих релевантного опыта в оценке инсульта: со стажем более 8 лет точность составила 82,3%, от 3 до 8 лет 85,0%, до 3 лет – 75%. Была выявлена незначимая согласованность при оценке по ASPECTS среди врачей РСЦ вне зависимости от стажа (0,391). Точность алгоритмов ИИ (А, В, С) была в диапазоне от 67% до 75%. Программы В и С показали высокую специфичность (90 и 80%) и низкую чувствительность (60 и 55%),

что свидетельствует о частых случаях гиподиагностики. StrokeSENS (программа А) показала низкий уровень гиподиагностики (чувствительность 88%, истинно положительные ответы – 44 из 100, ложноположительные ответы 27 из 100), сопоставимый с врачами РСЦ со стажем более 8 лет. С учетом потенциального положительного эффекта на диагностическую эффективность молодых специалистов вне зависимости от специализации, в виде снижения случаев пропуска патологии, StrokeSENS был выбран для дальнейшего исследования. При применении модели второго чтения, значения диагностической эффективности среди врачей РСЦ снизились за счет специфичности (с 81,5 до 79,5%) и увеличения количества ложноположительных ответов (с 9,25 до 10,25), способствуя возрастанию гипердиагностики. В группе специалистов не из РСЦ отмечалось увеличение чувствительности (с 67,3 до 92,6%) и сокращение ложноотрицательных ответов (с 6,3 до 3,6 из 100) – снижение уровня гиподиагностики. Не выявлено изменений показателей согласия при оценке по ASPECTS (умеренное согласие). Согласованность врачей без опыта работы в РСЦ менялось в пределах незначимого согласия. При применении модели параллельного чтения у врачей РСЦ увеличилась точность (с 90,2 до 94,25%) и специфичность (с 81,5 до 89%) с сокращением числа ложноположительных (с 18,6 до 9 из 100) и ложноотрицательных (с 6,3 до 2 из 100) ответов, и снижением уровня гипо- и гипердиагностики. Подобная тенденция наблюдалась также среди специалистов без опыта работы в РСЦ, с нарастанием чувствительности (с 67,3 до 96%), специфичности (с 62,6 до 82%) и точности (с 75 до 89%), с сокращением числа ложноположительных (с 18,6 до 9 из 100) и ложноотрицательных (с 6,3 до 2 из 100) ответов. Было выявлено увеличение межэкспертной согласованности у врачей РСЦ от умеренной до существенной при оценке по ASPECTS с аналогичной тенденцией у врачей не из РСЦ, от незначимого согласия до умеренного.

### Заключение

Внедрение алгоритмов ИИ с применением модели параллельного чтения в диагностический процесс молодых специалистов позволяет им улучшить свою способность выявлять ишемический инсульт, и повысить межэкспертную согласованность при оценке по ASPECTS.

*Контактное лицо: Андропова Полина Леонидовна, аспирант Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт мозга человека имени Н. П. Бехтеревой» Российской академии наук, врач кабинета КТ Санкт-Петербургского государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Городская больница Святой преподобномученицы Елизаветы»*

*Телефон: 8 (931) 266-05-40.*

*E-mail: polin.and@icloud.com;*

*ORCID.org/0000-0002-0416-493X*

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-9>

## Тезис обзора стандарта ИСО/ ИИЭР 11073-20701 связь между медицинскими устройствами в местах оказания медицинской помощи. Сервисно-ориентированная архитектура обмена между медицинскими устройствами и привязка протоколов

Ю.В. Антропов, М.Д. Савранец, О.А. Немова

ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова  
Минздрава России (Сеченовский Университет)

### Введение

В данном обзоре рассмотрим ключевой стандарт в здравоохранении, его основные принципы и требования, а также применение и преимущества использования его в практике. Наконец, мы обсудим вызовы и ограничения, связанные с применением стандарта, и предложим рекомендации для его дальнейшего развития и улучшения.

### Материалы и методы

В данном обзоре была проведена аналитическая работа на основе изучения литературы, стандартов и рекомендаций в области здравоохранения. Были проанализированы основные принципы и требования ключевого стандарта в здравоохранении, определяющего функциональные компоненты, их коммуникационные отношения и протоколы. Также были рассмотрены преимущества использования этого стандарта для улучшения качества медицинского обслуживания и повышения эффективности систем здравоохранения. В работе были выявлены вызовы и ограничения, связанные с применением стандарта, и предложены рекомендации для его дальнейшего развития и улучшения.

### Результаты

Стандарт описывает сервисно-ориентированную архитектуру обмена между медицинскими устройствами, привязки модели участника SDC, модели связи и обнаружения, условные обозначения, пространства имен схемы XML, нефункциональные атрибуты качества, формат и ICS-таблицы для соответствия, константы, описание услуг WSDL поставщика услуг SDC и библиография.

### Заключение

Стандарт SDC (Standard for the Exchange of Medical Device Information) является ключевым элементом в обеспечении эффективного и качественного здравоохранения. Он определяет функциональные компоненты и коммуникационные

отношения в здравоохранении, которые позволяют медицинским устройствам обмениваться информацией между собой и с другими системами здравоохранения. SDC описывает сервисно-ориентированную архитектуру обмена, которая позволяет медицинским устройствам работать вместе, обмениваясь информацией о пациентах, диагнозах и лечении. Это улучшает качество медицинского обслуживания и повышает эффективность систем здравоохранения. Однако, применение стандарта SDC также требует решения вызовов и ограничений. Например, необходимо разработать единый формат обмена информацией между различными медицинскими устройствами, а также обеспечить безопасность и конфиденциальность передаваемых данных. Тем не менее, преимущества применения стандарта SDC в здравоохранении являются значительными. Он позволяет медицинским устройствам работать более эффективно и точно, что приводит к повышению качества медицинского обслуживания и улучшению здоровья пациентов. Кроме того, SDC также может помочь улучшить координацию между различными системами здравоохранения, что снизит затраты на здравоохранение в целом.

**Ключевые слова:** Стандарты в здравоохранении, функциональные компоненты, протокол, совместимость, взаимодействие, качество медицинского обслуживания, эффективность систем здравоохранения, вызовы и ограничения, рекомендации.

*Контактное лицо: Антропов Юрий Владимирович, студент ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия.*

*Телефон: +7 (916)-812-33-32*

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-10>

## Выявление регулонов в субпопуляции мезенхимальных стволовых клеток с помощью Scenic с целью определения факторов противодействующих развитию фибротических процессов

М.С. Арбатский<sup>1</sup>, А.Г. Андриянов<sup>2</sup>, А.Ю. Ефименко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Факультет фундаментальной медицины, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия [algenubi81@mail.ru](mailto:algenubi81@mail.ru), [efimenkoan@gmail.com](mailto:efimenkoan@gmail.com)

<sup>2</sup>ПМГМУ им. И.М. Сеченова, Москва, Россия, [artemy.andrianov@yandex.ru](mailto:artemy.andrianov@yandex.ru)

Многообразие инструментов для анализа данных результатов scRNA-seq позволяет получить максимальное

количество информации из имеющихся данных. На сегодняшний день существуют стандартные протоколы обработки данных, используемые традиционно и специфические подходы, используемые избирательно в зависимости от дизайна исследования. Так, в стандартный пайплайн всегда входят контроль качества, нормализация, снижение размерности, кластеризация, определение дифференциально экспрессированных генов, типирование и т.д.

Этап типирования является одним из самых проблемных по причине отсутствия специфических маркеров у клеток исследуемого образца. Связано это с различными источниками получения биологического материала, непредсказуемым поведением клеток в образце при культивировании, различными состояниями клеток в процессе дифференцировки и адаптации к внешним воздействиям. Клетки, находящиеся в стационарном состоянии и имеющие специфические маркеры, могут лишаться их при переходе в процесс дифференцировки.

В связи с этим те из методов, которые помогают идентифицировать клетки не только по специфическим маркерам, но и по другим признакам, особенно ценны для интерпретации получаемых результатов и формулирования правильных гипотез и выводов.

Одним из таких инструментов является R-пакет Scenic, позволяющий определить регулоны для каждого из полученных кластеров. Регулоны представляют собой набор транскрипционных факторов, потенциально участвующих в регуляции процессов, выявленных в изучаемых кластерах.

Исходными данными является собственный образец мезенхимальных стволовых клеток, выделенных из подкожной жировой клетчатки и культивируемых в профибротических условиях на децеллюляризованном матриксе, продуцируемом фибробластами с добавлением TGF-beta. После стандартного алгоритма обработки в образце выделено две субпопуляции, резко отличающиеся по уровню экспрессии  $\alpha$ -SMA – ключевого маркера миофибробластов. Субпопуляция с пониженной экспрессией  $\alpha$ -SMA представляет особый интерес в плане дальнейшего изучения ее специфики, обеспечивающей ее способность противодействовать развитию фибротического процесса.

С помощью пакета Scenic в каждом кластере были найдены 7 кластеров с дифференциально-экспрессированными регулонами, включающими транскрипционные факторы, каноничные для стволовых клеток, фибробластов, адипоцитов, гладких миоцитов и клеток моноцитарного ряда группы транскрипционных факторов, участвующих в регуляции и обеспечении процессов, препятствующих развитию фибротических процессов.

Выполнено при помощи средств гранта РФ 19-75-30007-П

## Литература

1. Hao, Y., Stuart, T., Kowalski, M. H., Choudhary, S., Hoffman, P., Hartman, A., Satija, R. (2023). Dictionary learning for integrative, multimodal and scalable single-cell analysis. *Nature Biotechnology*, 1-12.

2. Aibar, S., González-Blas, C. B., Moerman, T., Huynh-Thu, V. A., Imrichova, H., Hulselmans, G., ... & Aerts, S. (2017). SCENIC: single-cell regulatory network inference and clustering. *Nature methods*, 14(11), 1083-1086.

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-11>

## Роль компонентов сурфеактома внеклеточных везикул в распознавании их клеткой-мишенью

М.С. Арбатский, Д.Е. Баландин, А.В. Чуров

ФГБУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Минздрава России, Обособленное структурное подразделение «Российский геронтологический научно-клинический центр», Институт изучения старения, Москва, Россия, arbatsky\_ms@rgnkc.ru, d.balandin01@yandex.ru, achurou@yandex.ru

Внеклеточные везикулы (ВВ) считаются наиболее значимыми компонентами секрета мезенхимных стромальных клеток (МСК). ВВ несут набор белков, биоактивных липидов, нуклеиновых кислот, защищенных липидным бислоем и демонстрируют стойкие регенеративные эффекты при поглощении клетками-мишенями. Однако многие исследователи показывают, что и другие компоненты кондиционированной среды, кроме ВВ, также участвуют в функции МСК. Таким образом, для выяснения механизмов регенеративных эффектов МСК важно оценить вклад ВВ в эти процессы.

ВВ участвуют в межклеточной коммуникации, передавая от одной клетки к другой белки, биоактивные липиды и нуклеиновые кислоты. ВВ, продуцируемые стволовыми клетками, могут доставлять клеткам-мишеням важную информацию для регенерации тканей после повреждения.[1]

В подавляющем большинстве статей, изученных при написании этого обзора раскрыты схожие вопросы, так как биогенез везикул, их содержимое, классификация по размеру, участие в межклеточном взаимодействии. Также, достаточно подробно рассмотрены вопросы слияния лиганд-рецепторного взаимодействия везикул с клеткой-реципиентом. Лишь в нескольких статьях упоминается о специфичности взаимодействия везикул с клетками. Однако, при рассмотрении приведенных примеров можно заметить, что в конечном итоге подробное описание механизма распознавания везикулы клеткой сводится к описанию взаимодействия лиганд-рецепторных пар.

Поднимая вопрос специфичности взаимодействия везикул с клетками, мы решили подробно изучить лиганд-рецепторные пары, упоминаемые в большинстве статей. Возможно, специфичность взаимодействия везикулы с клетками/тканями определяется не их биогенезом, составом мембран и внутренним составом, а всего лишь особым электростатическим полем ткани, привлекающим везикулы с соответствующими характеристиками заряда.[2,3,4]

Исходя из этого, можно предположить, что специфичности, как таковой не существует, а существует объемное распределение разнозаряженных везикул в электростатическом поле тканей.[5]

Для ответа на вопрос о возможности распределения везикул необходимо подготовить обучающую и тестовую (валидационную) выборки.

Для анализа будут использоваться табличные данные, где объектом для каждой записи будет молекулярный компонент мембраны внеклеточной везикулы, а атрибутом – место ее распределения, подтвержденное открытыми данными (количество атрибутов может меняться) (табл. 1). Сбор данных осложняется отсутствием готовых массивов. Таблица формируется вручную из объема заранее подготовленной выборки литературы по данной тематике. Ориентировочный размер таблицы 2(или больше)\*1000.

Для непосредственного обучения модели обучающая выборка (training), по которой производится оптимизация параметров алгоритма, будет включать в себя все случаи предсказания распределения на знаниях об электрофоретической

подвижности частиц в заряженном поле и электростатических эффектах. Для создания данной выборки будет использовано 70% полученных данных (90% – если мало данных).

Для проверки точности модели и контроля переобучения модели тестовая (validation) выборка будет состоять из экспериментально подтвержденных примеров распределения везикул. Для создания данной выборки будет использовано 30% полученных данных (10% – если мало данных).

Следующим этапом является определение наиболее подходящего алгоритма машинного обучения. После изучения публикаций, посвященных подобным задачам, было решено использовать алгоритм машинного обучения Random Forest (RF), как наиболее подходящего для решения данного типа задач. Планируется использовать архитектуру случайного леса, где каждое дерево, в качестве критерия качества ветвления дерева имеет индекс Gini, глубину каждого дерева будем считать гиперпараметром, оптимум которого подберем с помощью ранней остановки, ограничением глубины дерева, заданием минимально допустимого числа или отсечением ветвей.

Исследовать данные перед обучением, проверить наличие связи между целевым показателем и признаками объектов, оценивать природу и качество данных, а также интерпретировать результат работы случайного леса будем с помощью метода Exploratory Data Analysis (EDA) и для этого в Python будем использовать библиотеку SHAP

**Таблица 1.** Лиганд-рецепторные пары

Donor cell	Ligand	Receptor	Recipient cell	Effect
B-cell[6]	tetraspan proteins (CD37, CD53, CD63, CD81, CD82)	tetraspan proteins (CD37, CD53, CD63, CD81, CD82)	follicular dendritic cells	Fine tuning of the immune response
intestinal epithelial cell line T84[7]	HLA-DR4-specific peptide H-HSA 64 –76	HLA-DR4	T-cell	Induce T-cell activation
Dendritic[8] cells	ICAM-1	LFA-1	T-cells	regulation of immune responses
cortical neurons[9]	CD63	MAP2	neurons and glial cells	interneuronal communication
4175-LuT cells[10]	ITGα 6 β 4 and ITGα 6 β 1		lung-resident fibroblasts and epithelial cells	Src phosphorylation and proinflammatory S100 gene expression
pancreatic BxPC-3-LiT exosomes	ITGα vβ5		F4/80+ macrophages in fibronectin-rich liver microenvironments	Src phosphorylation and proinflammatory S100 gene expression
myeloma cell-derived exosomes[11]	Fibronectin	heparan sulfate	tumor cells or with marrow stromal cells	p38 and pERK signaling and expression of downstream target genes DKK1 and MMP-9, two molecules that promote myeloma progression
BSp73ASML[12]		CD11b, CD11c, CD44, CD49d, CD54 and CD62L	leukocyte	suppress or promote a cancer-directed immune response
AS-Tspan8-Exosomes[13]	β4	β4	lymph node stroma cells	



(SHapley Additive exPlanations). Это позволит нам выявить наиболее значимые признаки датасета.

После получения модели будут проверены имеющиеся данные о составе внеклеточных везикул МСК, культивируемых в лаборатории. Результат предсказания будет затем подтверждаться экспериментально.

#### Литература

1. Lopatina, T., Bruno, S., Tetta, C., Kalinina, N., Porta, M., & Camussi, G. (2014). Platelet-derived growth factor regulates the secretion of extracellular vesicles by adipose mesenchymal stem cells and enhances their angiogenic potential. *Cell Communication and Signaling*, 12(1), 1-12.

2. McKee T. J. et al. Extracellular matrix composition of connective tissues: a systematic review and meta-analysis // *Scientific reports*. – 2019. – Т. 9. – №. 1. – С. 1-15.

3. Stylianopoulos T. et al. Diffusion of particles in the extracellular matrix: the effect of repulsive electrostatic interactions // *Biophysical journal*. – 2010. – Т. 99. – №. 5. – С. 1342-1349.

4. Halper J., Kjaer M. Basic components of connective tissues and extracellular matrix: elastin, fibrillin, fibulins, fibrinogen, fibronectin, laminin, tenascins and thrombospondins // *Progress in heritable soft connective tissue diseases*. – 2014. – С. 31-47.

5. Lieleg O., Baumgärtel R. M., Bausch A. R. Selective filtering of particles by the extracellular matrix: an electrostatic bandpass // *Biophysical journal*. – 2009. – Т. 97. – №. 6. – С. 1569-1577.

6. Denzer, Kristin, et al. "Follicular dendritic cells carry MHC class II-expressing microvesicles at their surface." *The Journal of Immunology* 165.3 (2000): 1259-1265.

7. Mallegol, Julia, et al. "T84-intestinal epithelial exosomes bear MHC class II/peptide complexes potentiating antigen presentation by dendritic cells." *Gastroenterology* 132.5 (2007): 1866-1876. (177)

8. Nolte-t Hoen, Esther NM, et al. "Activated T cells recruit exosomes secreted by dendritic cells via LFA-1." *Blood, The Journal of the American Society of Hematology* 113.9 (2009): 1977-1981. (204)

9. Chivet, Mathilde, et al. "Exosomes secreted by cortical neurons upon glutamatergic synapse activation specifically interact with neurons." *Journal of extracellular vesicles* 3.1 (2014): 24722. (93)

10. Hoshino, Ayuko, et al. "Tumour exosome integrins determine organotropic metastasis." *Nature* 527.7578 (2015): 329-335. (1730)

11. Purushothaman, Anurag, et al. "Fibronectin on the surface of myeloma cell-derived exosomes mediates exosome-cell interactions." *Journal of Biological Chemistry* 291.4 (2016): 1652-1663. (101)

12. Zech, Daniela, et al. "Tumor-exosomes and leukocyte activation: an ambivalent crosstalk." *Cell Communication and Signaling* 10.1 (2012): 37. (117)

13. Rana, Sanyukta, et al. "Toward tailored exosomes: the exosomal tetraspanin web contributes

to target cell selection." *The international journal of biochemistry & cell biology* 44.9 (2012): 1574-1584. (310)

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-12>

## Исследование возможностей программного обеспечения и инструментов принятия решений в повседневной практике эмбриологической лаборатории

Т.С. Архипова<sup>1</sup>, К.С. Татищева<sup>1,2</sup>, Ю.А. Татищева<sup>2</sup>,  
А.Ф. Сайфитдинова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>РГПУ им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург

<sup>2</sup>Клиника репродукции Скайферт, Санкт-Петербург

### Введение

С момента первого успешного экстракорпорального оплодотворения (ЭКО) прошло уже более 40 лет. За это время область вспомогательных репродуктивных технологий (ВРТ) шагнула далеко вперед, позволяя всё большему количеству семейных пар с диагнозом «бесплодие» завести ребенка. Объединение различных научных сфер позволяет специалистам продолжать развивать область ВРТ и создавать новое оборудование, например, такое, как инкубаторы с системой покадровой съемки (time-lapse), фиксирующие все этапы раннего развития эмбриона и использующие искусственный интеллект (ИИ) для выбора эмбриона с максимальным потенциалом имплантации. Во многих случаях при проведении программ ЭКО у пары получают несколько эмбрионов, чтобы выбрать одного из них для переноса порой не достаточно только морфологической оценки специалистом. На помощь приходит ИИ, имеющий данные о параметрах успешно имплантировавшихся эмбрионов и анализирующий невидимую глазом динамику развития.

В клинике репродукции Скайферт уже более двух лет используется инкубатор новейшего поколения EmbryoScore Plus, позволяющий осуществлять безопасное культивирование эмбрионов, их отбор и ранжирование на основании морфокинетических параметров.

### Материалы и методы

EmbryoScore Plus, используемый в клинике Скайферт, представляет собой time-lapse инкубатор с программным обеспечением (ПО) EmbryoViewer, позволяющим фиксировать изображение эмбриона каждые 10 мин и отмечать временные промежутки ключевых стадий развития (образование зиготы, каждый этап дробления, начало бластуляции, качество трофэктодермы и внутриклеточной массы). Благодаря внедрению программного инструмента поддержки принятия решений KIDScore каждый

эмбрион дополнительно анализируется и получает свою независимую оценку по 10-балльной шкале.

### Результаты

Сочетание всех преимуществ EmbryoScore позволяет создать наилучшие условия культивирования, повысить результативность лечения, стандартизировать работу эмбриологов, а также повысить уровень доверия и вовлеченности пациентов.

Программное обеспечение EmbryoViewer это дополнительный пакет, который выполняет сразу несколько вспомогательных функций:

- отображение, хранение, сравнение и экспорт полученных данных
- запись примечаний и наблюдений
- проверка информации о состоянии инкубатора.

Программный инструмент поддержки принятия решений KIDScore также является дополнительным и предназначен для помощи врачам и эмбриологам в принятии решения о дальнейших переносе, заморозке или отбраковке эмбрионов. Данная оценка носит рекомендательный характер и не заменяет решения, принятого специалистом.

### Заключение

Таким образом, внедряемые технологии становятся неотъемлемой частью современной лаборатории в клинике ВРТ. Комбинирование актуальной time-lapse микроскопии и вспомогательных ПО позволяет специалистам-эмбриологам непрерывно осуществлять мониторинг развития эмбрионов и объективно выбирать один наиболее лучший для переноса. Хранение и анализ полученных данных может дать огромные возможности для изучения различных аспектов морфокинетики эмбрионов и повышения результативности лечения методами ВРТ.

*Контактное лицо: Архипова Татьяна Сергеевна, студентка РГПУ им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия.*

*Телефон: +7 (987)-873-90-72*

*E-mail: archipova\_tanya@mail.ru*

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-13>

## Управление холодовой цепью с помощью цифровых систем

А.В. Басанец

ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова  
Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва

### Введение

В процессе глобализации происходит удлинение производственно-сбытовых цепочек транспортировки грузов вследствие того, что расстояние от производителя товара до места его реализации может составлять тысячи километров. Значительную долю перевозимых грузов составляют продукты фармацевтической промышленности и продукты питания. Отличительной

особенностью данной категории товаров являются требования к условиям транспортировки, а именно, к соблюдению температурно-влажностного режима, называемого «холодовая цепь». Ввиду сложности организации и контроля данного процесса разрабатываются цифровые системы для упрощения мониторинга. Подобные системы контролируют температуру и другие параметры окружающей среды, способные изменять качество и стабильность лекарственных средств, пищевой продукции. Автоматический мониторинг позволяет своевременно обнаруживать отклонения от заданных параметров и вовремя реагировать на них. В целях повышения качества и безопасности лекарственных средств, иммунобиологических препаратов и продуктов питания, а также для снижения рисков и издержек, связанных с их транспортировкой и хранением, предлагается более обширное внедрение цифровых решений, а также обеспечение соблюдения требований законодательства, регулирующих данную область.

### Материалы и методы

Был проведен литературный обзор научных трудов за последние 5 лет, используя ресурсы поисковых систем Cyberleninka и PubMed, по вышеуказанному ключевым словам.

### Результаты

Главной проблемой современной логистики является увеличение количества этапов в цепочке поставок. Для её решения разрабатываются и активно внедряются в практику автоматические системы управления. Критическими контрольными точками данной области являются не только соблюдение условий хранения и транспортировки, но и квалификация персонала, задействованного на всех этапах процесса. Качественными знаниями должны обладать сотрудники производств и предприятий торговли, а также весь персонал, занятый на распределительных центрах, кросс-док платформах и перевалочных складах. На каждом уровне в процессах доставки и хранения необходимо поддерживать требуемые параметры микроклимата. Для этого существуют специальные системы автоматизированного мониторинга трех уровней сложности фирм WarmMark, TESTO и прочих.

### Заключение

Соблюдение температурного режима на всех этапах транспортировки ИЛП и пищевой продукции являются критически важными аспектами. Необходимо продолжать развивать данную сферу, поддерживая качество продукции путем обеспечения бесперебойной работы цепочек холодовых цепей.

**Ключевые слова:** холодовая цепь, температурный режим, термоиндикатор, транспортировка, активный и пассивный профиль цепи поставок, блокчейн.

*Контактное лицо: Басанец Анна Владимировна, студентка ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Се-*

ченкова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия.

Телефон: +7 (917)-544-90-53

E-mail: basanets\_a\_v@mail.student.sechenov.ru

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-14>

## Искусственный интеллект и машинное обучение (AI/ML) при производстве фармацевтической продукции

V.M. Berezina

«Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), Vica.berezina2000@mail.ru

### Аннотация

Целью статьи является определение основных трендов цифровой трансформации фармацевтической отрасли по материалам актуальных научных исследований. Рассмотрены основные направления цифровизации фармацевтической отрасли. В частности, описаны возможности и результаты практического использования в фармацевтическом производстве таких технологий, как «искусственный интеллект». В статье определено, что данные технологии в XXI столетии будут определять развитие стран и фармацевтических компаний, обеспечивать их конкурентоспособность и эффективность производства. Более того, сделан вывод о необходимости комплексного внедрения данных технологий в деятельность российских фармацевтических компаний с тем, чтобы войти в лидеры мировой фармацевтической индустрии.

## Artificial Intelligence and Machine Learning (AI/ML) in Pharmaceutical Manufacturing

V.M. Berezina

I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University) Vica.berezina2000@mail.ru

### Annotation

The purpose of the article is to determine the main trends in the digital transformation of the pharmaceutical industry based on the materials of current scientific research. Consider the main directions of digitalization of the pharmaceutical industry. In particular, the possibilities and results of practical use in pharmaceutical production of such technologies as «Internet of things», «Artificial intelligence» are described.

The article determines that these technologies in the XXI century will determine the development of

countries and pharmaceutical companies, ensure their competitiveness and production efficiency. Moreover, it is concluded that it is necessary to integrate these technologies into the activities of Russian pharmaceutical companies to become leaders in the global pharmaceutical industry.

Keywords: pharmaceutical industry, digitalization, trends, technologies, management, production, Artificial intelligence, Machine learning.

### Введение

Искусственный интеллект (ИИ), используемый в фармацевтике и других отраслях биопромышленности, представляет собой узконаправленный тип машинного интеллекта. Он предназначен для решения конкретных задач с использованием автоматизированных алгоритмов. Его цель — находить скрытые закономерности и собирать информацию из огромных объемов данных способами, недоступными человеку. Применение варьируется от автоматизации производственных процессов и клинических приложений до открытия новых лекарств. У разработки лекарственного препарата есть несколько этапов:

- Поиск молекулы или лекарственного кандидата;
- Поиск мишени;
- Соединение молекулы с мишенью и подтверждение концепции механизма действия молекулы;
- Доклинические и клинические исследования.

ИИ-алгоритмы можно использовать на каждом этапе разработки. Например, провести анализ молекулы, сделать предварительную модель ее воздействия на мишень. Далее проверить, каким будет ее механизм воздействия на определенные органы человека. После этого моделируются доклинические и клинические исследования.

Все знают, что разработка лекарства — это очень долго и дорого. Вся фарминдустрия нацелена на сокращение риска для человека до возможного минимума. Классические методы проверки препарата на безопасность занимают много времени. А алгоритмы математического моделирования позволяют сократить срок разработки без ущерба безопасности будущего лекарства.

**Ключевые слова:** фармацевтическая промышленность, технологии, управление, производство, искусственный интеллект, машинное обучение.

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-15>

## Поиск лучшего программного решения с открытым доступом для выравнивания данных таргетного секвенирования нового поколения

П.Ю. Бобрик

Республиканский научно-практический центр детской онкологии, гематологии и иммунологии, Минский р-н, д. Боровляны, Беларусь

### Введение

С появлением технологий секвенирования нового поколения (NGS) наблюдается значительный рост объема данных, получаемых в результате различных видов исследований. Применение NGS платформ в клинической диагностике позволяет находить различные виды мутаций, поэтому обработка такой информации крайне важна [1].

Одним из ключевых этапов обработки данных NGS является выравнивание. Традиционные инструменты выравнивания последовательностей, например BLAST, не подходят для такой обработки, т.к. они слишком медленны для массива данных такого уровня. В зависимости от алгоритмов работы той или иной программы может потребоваться много вычислительных ресурсов, зачастую недоступных рядовому пользователю. Нами была поставлена цель протестировать имеющиеся в открытом доступе программы для выравнивания последовательностей и подобрать наиболее подходящую для работы с данными таргетного секвенирования нового поколения.

### Материалы и методы

Тестировались следующие программы: BWA, Bowtie 2, segemehl, SOAP2, BBMap. Измерялись такие параметры, как чувствительность (с помощью RazerS 3, инструмента картирования с полной чувствительностью), время работы, объем используемой оперативной памяти. Набор данных для тестирования состоял из 50+ библиотек таргетного секвенирования, парноконцевые чтения. Автоматизация процесса тестирования осуществлялась с помощью пользовательского скрипта Python (v3.8).

### Результаты

В результате проделанной работы установлено, что чувствительность тестируемых программ оказалась примерно одинаковой и достаточно высокой ( $\approx 98,05\%$ ). В то же время, по скорости работы и объему используемых ресурсов исследуемые программные решения различались. Так, Bowtie 2 выполняла выравнивание в среднем за 1 мин. 35 сек. ( $\pm 9$  сек.), BWA – 3 мин. 9 сек. ( $\pm 19$  сек.), SOAP2 – 3 мин. 32 сек. ( $\pm 15$  сек.), BBMap – 4 мин. 13 сек. ( $\pm 21$  сек.), segemehl – 4 мин. 50 сек. ( $\pm 18$  сек.). Объем используемой

для работы программы оперативной памяти также был неодинаков: Bowtie 2 –  $\approx 5,7$  Gb, BWA –  $\approx 4,7$  Gb, SOAP2 –  $\approx 6,5$  Gb, BBMap –  $\approx 8,5$  Gb, segemehl –  $\approx 11,3$  Gb.

### Заключение

Исходя из результатов измерений можно сделать вывод, что для обработки данных таргетного секвенирования нового поколения лучшими являются программы Bowtie 2 и BWA, т.к. первая имеет самую высокую скорость выравнивания, а вторая требует минимальный объем доступной оперативной памяти. Выбор конкретного программного решения зависит от предпочтений исследователя и наличия/отсутствия определенных опций у инструмента выравнивания.

**Ключевые слова:** NGS; выравнивание последовательностей.

### Литература

1. Эффективность применения метода секвенирования нового поколения в диагностике врожденных нарушений иммунной системы / Е.А. Полякова, И.Е. Гурьянова, В.Р. Вертелко [и др.] // Научные лабораторные технологии для клинической медицины : Материалы XXVIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Москва, 20–22 марта 2023 года / Под редакцией В.В. Долгова. – Москва: Блок-Принт, 2023. – С. 150–152.

*Контактное лицо:* Бобрик Павел Юрьевич – младший научный сотрудник, лаборатория молекулярно-генетических исследований научного отдела РНПЦ детской онкологии, гематологии и иммунологии, Республика Беларусь

*E-mail:* bobrykpavel2001@gmail.com

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-16>

## Цифровое решение для контроля веса и поддержания здорового образа жизни человека

М.А. Борисов, Т.С. Черноусова

Первый Московский Государственный Медицинский Университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский университет), г. Москва, Российская Федерация

### Введение

В настоящее время, в связи с повышенным вниманием к здоровому образу жизни и правильному питанию, вопрос контроля за количеством потребляемых калорий становится все более актуальным. Многие люди хотят знать, сколько калорий они потребляют в день, чтобы следить за своим весом и здоровьем. Однако, не всегда легко определить точное количество калорий в продуктах, особенно если вы не являетесь экспертом в области питания.

В этом тезисе мы рассмотрим разработку программного обеспечения для подсчета калорий, которое поможет пользователям контролировать

свой рацион и следить за потреблением калорий. Мы также рассмотрим различные методы подсчета калорий и сравним их эффективность.

#### Материалы и методы

Архитектура Telegram бота счетчика калорий организована следующим образом: 1. Серверная часть: – База данных: MySQL или PostgreSQL, которая хранит информацию о калориях и других параметрах пользователей. – API: RESTful API для взаимодействия с Telegram ботом. 2. Клиентская часть: – Telegram бот: клиентская часть, которая принимает запросы от пользователей и передает их на серверную часть. 3. Пользовательский интерфейс: – Веб-приложение: пользовательский интерфейс, который позволяет пользователям просматривать информацию о своих калориях, устанавливать цели по похудению и т.д. Взаимодействие между серверной и клиентской частью происходит через API. Telegram бот получает запросы от пользователей, обрабатывает их и передает на серверную часть, где происходит обработка данных и отправка ответа обратно боту. Затем ответ отправляется пользователю в виде сообщения в Telegram. Пользовательский интерфейс веб-приложения обеспечивает удобный интерфейс для просмотра информации о калориях пользователя и установки целей по похудению. Также в веб-приложении может быть предусмотрена возможность добавления новых пользователей, просмотра статистики и т.д.

#### Результаты

В ходе работы были решены следующие задачи:

1. Изучен теоретический материал, связанный с подсчетом калорий, а также с программными средствами, предназначенными для этого.

2. Проведен анализ существующих счетчиков калорий и их возможностей.

3. На основе проведенного анализа были сформулированы требования к разрабатываемому программному продукту.

4. Разработан дизайн приложения, включающий пользовательский интерфейс, функциональность и алгоритмы расчета калорий.

5. Было разработано приложение для подсчета калорий, которое было успешно протестировано и продемонстрировало свою работоспособность.

6. На основе полученных результатов и опыта разработки, были сделаны выводы о перспективах дальнейшего развития и улучшения программного продукта.

#### Заключение

Как и любое другое приложение, счетчик калорий может иметь свои недостатки. Например, некоторые люди могут считать калории слишком строго и ограничивать себя в еде, что может привести к недоеданию и другим проблемам со здоровьем.

Также стоит учитывать, что количество калорий, которое вы потребляете, зависит от многих факторов, таких как пол, возраст, рост, вес, физическая активность и т.д. Поэтому, если вы используете

счетчик калорий, то важно учитывать эти факторы при расчете своего ежедневного рациона.

Кроме того, некоторые люди считают, что использование счетчика калорий может привести к чувству вины и недовольства собой, если они не достигают своих целей. Однако, если использовать счетчик калорий правильно и с умом, то он может стать полезным инструментом для достижения своих целей в области здоровья и фитнеса.

Разработка программного обеспечения для подсчета калорий является актуальной задачей в области диетологии и здорового образа жизни. Разработанный счетчик калорий позволяет пользователям быстро и удобно рассчитывать количество калорий, белков, жиров и углеводов, потребляемых при различных видах питания.

**Ключевые слова:** Счетчик калорий, Калории, Здоровый образ жизни, Продукты питания, Белки, Жиры, углеводы, Статистика, Чат-бот, Телеграмм-бот  
*Контактное лицо:* Борисов Михаил Алексеевич, студент 5 курса Института Клинической Медицины, ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия.

Телефон: +7 (925)-967-86-05

E-mail: [Michaelelborisov@yandex.ru](mailto:Michaelelborisov@yandex.ru)

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-17>

## Дистанционный скрининг заболеваний сетчатки и диска зрительного нерва с использованием портативной немидриатической фундус-камеры

Е.П. Брянцева<sup>1,3</sup>, А.О. Укина<sup>2,3</sup>, А.А. Крючкова<sup>3</sup>, Л.Н. Малюгина<sup>3</sup>, Л.В. Айрапетова<sup>3</sup>, И.В. Михайлова<sup>3</sup>

<sup>1</sup> БУ ХМАО Югры «Сургутская окружная клиническая больница», Сургут

<sup>2</sup> ГБУЗ ЛО «Гатчинская Клиническая межрайонная больница», Ленинградская область

<sup>3</sup> ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО» (Университет ИТМО), Санкт-Петербург

#### Введение

Среди населения старше 50 лет основными причинами слепоты являются глаукома, возрастная дегенерация макулы и диабетическая ретинопатия. Эти заболевания на начальных стадиях часто протекают бессимптомно. Поэтому скрининг с фотофиксацией глазного дна имеет большое значение.

Немидриатическая фундус-камера – это специальное портативное устройство, которое позволяет медицинским работникам проводить фотографирование глазного дна и диска зрительного нерва без использования расширяющих зрачок капель (мидриатиков). Возможно проводить



исследования без участия врача, врач может дистанционно обрабатывать результаты. Это удобно как для пациента, так и для врача, и делает процесс скрининга более доступным и удобным.

#### Цель работы

Изучить возможности, преимущества и недостатки дистанционного скрининга заболеваний сетчатки и зрительного нерва с использованием немидриатической фундус-камеры в академической среде (студенты и сотрудники Университета ИТМО)

#### Материалы и методы

В течение 5 месяцев (декабрь 2022 – май 2023) с помощью немидриатической портативной фундус-камеры Aurora Optomed было обследовано 214 участников (67 мужчин и 147 женщин) – студентов и сотрудников Университета ИТМО (428 глаз). Специально обученные волонтеры выполняли снимки переднего и заднего отрезка глазного яблока. Команда офтальмологов удаленно анализировала изображения и отправляла отчеты о результатах. Основными оцениваемыми параметрами являлись обнаружение аномалий сетчатки и зрительного нерва или констатация нормальных вариаций. Дополнительно оценивалось качество получаемых изображений.

#### Результаты

У всех участников исследования выявлены нормальные вариации строения сетчатки и зрительного нерва. Несколько изображений (13) были размытыми, что в целом не повлияло на оценку изображений специалистами. Всем участникам отправлен подробный отчет о состоянии глазного дна. Полученные данные представляют интерес не только для практикующих врачей, но и дают возможность выстраивать собственную базу фотографий глазного дна, что открывает перспективу для дальнейших исследований.

#### Заключение

Применение немидриатической портативной фундус-камеры для скрининга заболеваний в офтальмологии имеет ряд преимуществ и вскоре несомненно обретет широкое применение, что позволит интегрировать системы искусственного интеллекта в обработку и анализ изображений глазного дна. К преимуществам метода можно отнести: возможность проводить обследование глаз удаленно без необходимости применения капель для расширения зрачка, что повышает комфорт и безопасность для пациентов, возможность делать фотографии глазного дна с высоким разрешением без необходимости посещения медицинского учреждения, что продемонстрировано на примере Университета ИТМО.

Несмотря на ряд ограничений – пациенты с непрозрачными оптическими средами, пациенты с узким зрачком и ряд других, дистанционный скрининг улучшает доступность заболеваний сетчатки и диска зрительного нерва, особенно для людей,

проживающих в отдаленных районах или с ограниченным доступом к специалистам.

**Ключевые слова:** патология сетчатки, дистанционный скрининг, фундус-фото глазного дна  
**Контактное лицо:** Укина Анастасия Олеговна, врач-офтальмолог ГБУЗ ЛО «Гатчинская КМБ», студентка магистратуры ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО» (Университет ИТМО), Санкт-Петербург  
**Телефон:** +7 (952)392-72-06  
**E-mail:** anastasiukina@yandex.ru

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-18>

## Подготовка эталонного набора данных рентгенографических исследований с визуализацией легочных узлов различной сложности

Ю.С. Бусыгина<sup>1,2</sup>, К.М. Арзамасов<sup>1</sup>, Д.У. Шихмурадов<sup>1</sup>,  
А.В. Панкратов<sup>1</sup>, В.П. Новик<sup>1</sup>, С.С. Семенов<sup>1</sup>,  
Л.Д. Стецюк<sup>1</sup>, Т.М. Бобровская<sup>1</sup>, М.А. Зеленова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы»

<sup>2</sup>Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва

#### Введение

Искусственный интеллект (ИИ) все чаще находит применение в здравоохранении, особенно в лучевой диагностике. Однако для решения вопроса о целесообразности внедрения программного обеспечения (ПО) на основе ИИ необходимо установить пороговые метрики диагностической точности для внедрения в клиническую практику. Рентгенография органов грудной клетки (РГ ОГК) является одним из наиболее распространенных исследований в лучевой диагностике, позволяющим обнаружить в том числе и легочные узлы. При выявлении данного признака требуется дифференциальная диагностика с социально значимыми заболеваниями легких, в том числе с раком легкого. При подготовке набора данных для оценки алгоритмов в литературе широко используется подход «экспертного пересмотра», при котором вероятность достижения консенсуса экспертов выше для простых и однозначных случаев, соответственно в финальный набор попадают очевидные для интерпретации исследования. Однако, при этом показатели диагностической точности ПО будут завышены, так как не отражают условия реальной клинической практики.

#### Цель исследования

Разработать эталонный набор данных РГ ОГК, содержащий исследования разного уровня

сложности с легочными узлами и без патологических изменений

#### Материалы и методы

Из 7 670 212 рентгенологических исследований, проведенных в медицинских организациях Департамента Здравоохранения г. Москвы с 2020 по 2022 год были отобраны пары исследований РГ и компьютерная томография (КТ), выполненные в промежутке 14 дней. На следующем этапе был проведен отбор по ключевым словам в разделе «Заключение» с помощью предварительно разработанного кода. Затем производился ручной анализ текстовых заключений. На следующем этапе двумя врачами-рентгенологами был проведен визуальный просмотр исследований на предмет наличия легочных узлов (согласно глоссарию общества Фляйшнер (Fleischner) «легочный узел» определяется как образование более 6 мм, но менее 30 мм, расположенными в паренхиме легких). Для балансировки набора данных были добавлены исследования РГ ОГК без патологии. Дополнительно производился полный пересмотр финального набора данных врачом-экспертом (рентгенологом со стажем работы более 10 лет).

#### Результаты

Временному критерию выполнения исследований было отобрано 92 436 пар РГ-КТ, по текстовым протоколам отобрано 8 503 с признаками патологии, из оставшихся была сформирована выборка из 44 00 для исследований без признаков патологии. Из группы с патологией (103 пары исследований) и без патологии (100 пар исследований) была сформирована выборка, которая проанализирована тремя врачами-рентгенологами. В результате просмотра отобрано 100 исследований РГ ОГК, из них 50 с патологическими изменениями (узлами в легких) и 50 исследований РГ ОГК без патологии (25 – без изменений и 25 – изменения, имитирующие патологию (очаговая тень), которая не была подтверждена по данным на КТ ОГК).

#### Заключение

Разработанный набор данных позволяет оценить показатели диагностической точности ПО на основе ИИ на данных, отражающих условия реальной клинической практики. Кроме этого, набор данных поможет быть рекомендован для тестирования врачей-рентгенологов.

*Контактное лицо: Бусыгина Юлия Сергеевна, техник Научно-практического клинического центра диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия*

*Телефон: +79153350488*

*E-mail: busyus@mail.ru*

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-19>

## Вычислительная биология и искусственный интеллект для персонализированной медицины-2023

А.А. Венерин, Н.И. Каневский

ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва

#### Введение

Вирусные и бактериальные инфекции являются одними из лидирующих причин смерти и летальных осложнений. Одним из ключевых методов диагностики является общий анализ крови, позволяющий предположить этиологию заболевания. Дифференциальная диагностика бактериального и вирусного воспаления методами машинного обучения – новый рубеж медицинской науки.

#### Материалы и методы

Данные для анализа были получены в результате синтеза объектов с помощью библиотеки numpy языка Python. Были созданы три первичных блока данных: норма, бактериальное и вирусное воспаление ( $n=1000$  каждого). Далее данные были соединены конкатенацией из библиотеки pandas и перемешаны с помощью метода shuffle из библиотеки sklearn.utils. Целевой признак столбца norm конечного датасета был подготовлен к анализу числовым кодированием. Итоговый датасет data содержит 3000 строк и 19 столбцов. Среда разработки: colab. Язык разработки: Python 3.11. Основные библиотеки: pandas, numpy, sklearn. Используемые методы машинного обучения: DecisionTreeClassifier, RandomForestClassifier. Логистическая регрессия не использовалась в работе, поскольку целевой признак был составлен с помощью числового кодирования данных, несовместимого с регрессионными моделями. В качестве основной метрики была использована f1-мера – взвешенное среднее гармоническое точности и полноты, чтобы не останавливаться отдельно на метриках precision и recall. Проверка моделей на адекватность проводилась с использованием DummyClassifier, прогнозирующего признак случайным образом. Во всех моделях random\_state был равен 1. С кодом можно ознакомиться в открытом репозитории по адресу: <https://github.com/AAVenerin>.

#### Результаты

Подготовленный датасет не содержал пропусков, явных и неявных дубликатов, дисбаланса признаком и мультиколлинеарности в данных. При работе решающего дерева был подобран гиперпараметр max\_depth=10 при range(1, 21, 1). F1-мера при использовании данного гиперпараметра равнялась 0.974, что является отличным показателем для классификатора. При работе случайного леса были подобраны гиперпараметры max\_depth=5 и n\_estimators=4. F1-мера



при использовании данных гиперпараметров равнялась 0.979, что незначительно лучше результатов работы решающего дерева. При работе случайного классификатора использовалась стратегия 'uniform'. F1-мера при использовании данного гиперпараметра равнялась 0.317, что значительно хуже показателей работы выбранных моделей обучения. Таким образом, нами была обучена модель случайного леса, практически безошибочно классифицирующая объекта тестовой выборки после обучения и валидации.

#### **Заключение**

Нами была проделана работа по созданию простого классификатора гемограмм. В работе успешно себя показали методы DecisionTreeClassifier и RandomForestClassifier из библиотеки sklearn языка программирования Python. Развитие работы должно учитывать все дискуссионные аспекты, указанные в обсуждении к этой статье, что существенно ускорит внедрение данной и подобных методик в практической профилактическое здравоохранения.

*Контактное лицо: Венерин Андрей Андреевич, аспирант кафедры нормальной физиологии ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия*

*Телефон: +7(985)-305-79-55*

*E-mail: venerin.andrey@gmail.com*

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-20>

## **Тезисы работы «Применение методов машинного обучения для предиктивных прогнозов в задачах гематологии» для конференции «Вычислительная биология и искусственный интеллект»**

**В.А. Веселов, В.Д. Пыжьянов**

ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И. М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва

#### **Введение**

Использование машинного обучения в области гематологии предоставляет новые возможности для предиктивных прогнозов и улучшения диагностики и лечения различных гематологических заболеваний. Алгоритмы машинного обучения позволяют анализировать большие объемы данных и выявлять скрытые закономерности, что может помочь в предсказании развития заболеваний и определении оптимального лечения для пациентов. Применение алгоритмов машинного обучения как единой системы в центрах гематологии позволит использовать более богатый опыт анализов и диагнозов, что повысит точность прогнозов.

#### **Материалы и методы**

Сбор и предварительная обработка данных о пациентах с гематологическими заболеваниями, включая клинические показатели, лабораторные анализы и результаты обследований. Применение различных алгоритмов машинного обучения, таких как дерево решений, случайный лес, метод опорных векторов, логистическая регрессия, глубокое обучение для анализа данных и создания моделей прогнозирования, обученных на тренировочных базах данных (датасетах) и протестированных на тестовых базах данных, предоставленных центром гематологии. Оценка производительности моделей с помощью метрик точности, чувствительности, специфичности и других показателей, а также постройка графиков для визуализации.

#### **Результаты**

Разработка моделей машинного обучения, способных предсказывать развитие и прогнозировать исходы гематологических заболеваний на основе исходных данных. Демонстрация эффективности предиктивных прогнозов на тестовых наборах данных и сравнение результатов с традиционными методами диагностики и прогнозирования.

#### **Заключение**

Применение машинного обучения в гематологии позволяет создавать предиктивные модели, которые помогают в диагностике и прогнозировании заболеваний, улучшении результатов лечения пациентов. Дальнейшее развитие и исследование методов машинного обучения в гематологии может привести к новым открытиям и улучшению понимания гематологических заболеваний, а также повышению качества здравоохранения, так как машинное обучение показывает высокую точность верных прогнозов при решении задач в области гематологии. Что же касается глубинного обучения (нейросеть), то оно показывает менее точные прогнозы, чем другие алгоритмы. Методы машинного обучения могут не только дать предиктивный прогноз о наличии либо отсутствии в будущем хронической реакции трансплантат-против хозяина, но и дать предиктивный прогноз о сроках её проявления, основываясь на интенсивности флуоресценции генов.

**Ключевые слова:** машинное обучение, гематология, предиктивные прогнозы, диагностика, хроническая реакция трансплантат-против хозяина, искусственный интеллект.

*Контактные лица: Веселов Валентин Александрович, студент пятого курса ИОЗ ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И. М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия.*

*Пыжьянов Всеволод Дмитриевич, студент пятого курса ИОЗ ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И. М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия.*

*Телефон: +7 (903) 674-45-44; +7 (985)-695-73-55*

*E-mail: vpyzhyanov@inbox.ru; valentin-veselov@mail.ru*



<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-21>

## Тезисы по теме «Искусственный интеллект и IT в психотерапии» для конференции «Вычислительная биология и искусственный интеллект для персонализированной медицины – 2023»

А. Д. Гаврилина

ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова  
Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва

### Введение

Общество 21 века ежедневно видит надписи ЗОЖ и полезные привычки, однако расшифровка данной аббревиатуры подразумевает не только физическое здоровье, но и ментальное. Здоровый образ жизни – это состояние полного физического, душевного и социального благополучия, а не только отсутствие болезней и физических дефектов (ВОЗ).

События, происходящие в мире, приводят людей к психологическим проблемам и расстройствам. Психологи ежедневно выкладывают статьи с кликбейтным названием «о том, как пережить происходящее в мире». Спрос на антидепрессанты, транквилизаторы и успокоительные растут каждый год. Победа над различными психологическими заболеваниями или хотя бы попытка перевести в состояние ремиссии – новая точка роста для человеческой цивилизации.

### Материалы и методы

Развитие информационных технологий в медицине, могут помочь врачам закрыть некоторые задачи со стороны ментальных заболеваний в области психологии:

1. Выявление психических расстройств на ранних этапах. Врачи нуждаются в раннем обнаружении заболевания у пациента/клиента, чтобы предотвратить развитие и осложнение проблемы. Благодаря искусственному интеллекту можно собрать большие объемы данных, чтобы определить риски возникновения тех или иных психологических расстройств. Это поможет врачу собрать всю информацию и подобрать необходимый метод лечения своего пациента.

2. Прогнозирование риска суицида. Из пункта 1 следует, что ИИ является сборщиком данных и умеет анализировать их. С помощью этой технологии можно собрать информацию о поведении и коммуникации пациента, а также узнать о прошлых попытках самоубийства, чтобы предсказать риск суицида у конкретного человека. Это поможет врачу отслеживать более уязвимых

пациентов и подобрать необходимое лечение для предотвращения суицидального поведения.

3. Анализ медицинских данных и статистики. Сбор информации является важной частью в любой сфере медицины. Благодаря анализу медицинских данных и статистики в психотерапии можно улучшать методы лечения: выявление закономерностей и отклонений в терапии с определенным пациентом, определение частых заболеваний среди определенной группы людей (объединенным единым фактором).

4. Разработка новых методов лечения. Анализ медицинских данных и статистика активно применяются в сфере создания новых методов лечения. Это может способствовать развитию новых лекарственных препаратов, терапевтических подходов и разработке новых методик для лечения психологических заболеваний и расстройств.

5. Создание новых психотерапевтических инструментов. Сегодня существует немало сервисов, которые дистанционно оказывают терапию пациентам. К созданию новых психотерапевтических инструментов можно отнести: сайты и приложения для связи с психотерапевтом, создание многопрофильных тестов для определения проблемы, дистанционные дневники эмоций и переживаний и многие другие технологии, которые уже есть в ежедневном пользовании у огромного количества пациентов.

### Результаты

На данный момент проведен анализ литературы, сравнение информации и изучение применений информационных технологий в других сферах медицины.

### Заключение

Традиционная медицина активно меняет свой формат, стараясь иметь дистанционную связь со своим пациентом и применять новые методы лечения. Искусственный интеллект уже активно работает в медицинской сфере, позволяя анализировать огромное количество данных, а IT-инженеры и веб-разработчики создают всё больше новых продуктов.

**Ключевые слова:** психотерапия, искусственный интеллект и психология, здоровый образ жизни.

*Контактное лицо: Гаврилина Алёна Дмитриевна, студентка ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия.*

*Телефон: +7 (925)-110-25-67*

*E-mail: alena\_alena\_alena\_2003\_alena@mail.ru*

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-22>

# Использование цифровых технологий для профилактики биологических угроз среди школьников и студентов: новые возможности и вызовы

Р.А. Гаджиев

ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова  
Минздрава России (Сеченовский Университет),  
Москва, Россия

## Введение

В современном мире угрозы биологического характера становятся все более актуальными. Школьники и студенты, как наиболее уязвимая группа населения, нуждаются в особой защите от болезней и иных биологических угроз. В контексте быстро развивающихся цифровых технологий, применение последних может стать эффективным инструментом для профилактики и предотвращения биологических угроз среди данной группы. Изучение возможных методов защиты от биологических угроз является важной задачей для современного общества, в котором многие заболевания становятся распространёнными и очень опасными, поэтому, вопросы безопасности стали приоритетными для всех. Цифровые технологии являются все более значимым фактором в повседневной жизни людей. Однако, они могут быть применены не только для облегчения нашей работы, общения и развлечения, но и для решения более серьезных задач, таких как профилактика биологических угроз, которые в свою очередь должны быть доступными и эффективными для всех слоев населения, включая школьников и студентов, а именно, увеличение их доли во многих аспектах жизни. В данной статье обсуждаются возможности применения цифровых технологий для профилактики биологических угроз среди школьников и студентов.

## Материалы и методы

Для более детального изучения применение цифровых технологий для профилактики биологических угроз среди школьников и студентов. Метод анализа литературных источников; теоретический анализ публикаций по данной теме.

## Результаты

Цифровые технологии – это совокупность инструментов и технологий, основанных на использовании компьютерных систем, программного обеспечения и электронных устройств, которые позволяют обрабатывать информацию, создавать и передавать ее посредством электронных средств связи. Обучение с использованием цифровых технологий позволяет школьникам и студентам быстро получать актуальную информацию о различных биологических

угрозах, их превентивных методах и предостережениях. Это помогает повысить осведомленность и сознательность в отношении здоровья и безопасности. Виртуальные лаборатории, симуляции и обучающие программы позволяют школьникам и студентам получать практические навыки в области биологии и медицины без физического доступа к реальным опасным веществам или микроорганизмам. Это снижает риск возникновения несчастных случаев и помогает снизить возможность распространения инфекций. Мобильные приложения и онлайн-платформы могут служить как инструменты для контакт-трейсинга и мониторинга заболевших в случае эпидемий. Такие инструменты помогают быстро выявлять потенциальные угрозы и принимать необходимые меры в отношении затронутых групп. Роль цифровых технологий в профилактике биологических угроз:

- Образовательные ресурсы и приложения: обучение школьников и студентов с использованием цифровых ресурсов, позволяющих осознанно соблюдать правила личной гигиены и профилактики болезней.

- Мониторинг и информирование: использование цифровых систем и приложений для мониторинга здоровья и распространения биологических угроз, а также информирования школьников и студентов о необходимых мерах предосторожности.

- Уведомления и предупреждения: цифровые системы мгновенного уведомления о вспышках болезней и других биологических угрозах, направленные на быстрое реагирование и предупреждений заболеваний

1. Широкое распространение информации о биологических угрозах среди школьников и студентов с помощью цифровых технологий позволяет повысить уровень осведомленности существующих рисках. Оперативно распространяемая информация помогает избежать паники и вовремя принимать меры в случае необходимости.

2. Организация онлайн-курсов и семинаров на тему биологических угроз, которые могут стать доступными каждому желающему в любое время, улучшает качество образования по этой теме.

3. Использование цифровых технологий позволяет более точно оценить уровень риска. Компьютерное моделирование позволяет быстро проводить оценку уровня риска для различных биологических угроз.

4. Разработка специальных приложений доступных на мобильных устройствах, которые помогают отслеживать новые угрозы, признаки заражения и необходимые меры предосторожности сделали необходимым применение цифровых технологий в этой области.

5. Применение виртуальной реальности для проведения тренировок по биологическому запасу, позволяет улучшить качество обучения и подготовки к действиям в критических ситуациях

6. Социальные сети играют важную роль в распространении информации о биологических угрозах. Являясь удобным и быстрым способом распространения информации, социальные сети позволяют эффективно и быстро предупредить людей о рисках и мерах предосторожности. Различные образовательные страницы, сообщества и прямые трансляции могут предлагать доступную информацию о превентивных мерах, управлении биологическими угрозами и важности личной гигиены.

7. Использование автоматизированных систем оповещения позволяет реагировать быстро и эффективно в случае возникновения угроз.

8. Решением, использующим машинное обучение и искусственный интеллект, возможно применение в распознавании угроз, с помощью которых можно более точно и быстро определять признаки возможных угроз.

9. Создание веб-сайтов, которые содержат информацию о биологических угрозах и методах защиты, сделали повышение уровня осведомленности более удобным и доступным для каждого.

10. Применение цифровых технологий для профилактики биологических угроз среди школьников и студентов является важным фактором для сохранения здоровья и безопасности каждого человека. Без этого важного дополнения к профилактическим мерам, экстремистские и террористические группы могут нанести серьезный вред нашему обществу.

Рассмотрены примеры успешной реализации таких технологий, а также возможности для их развития и улучшения.

Среди основных цифровых технологий, применяемых в профилактике биологических угроз, можно выделить следующие:

1. Мобильные приложения. Мобильные приложения могут использоваться для ознакомления с информацией о биологических угрозах и правильном поведении в случае их возникновения. Такие приложения могут содержать инструкции по профилактике, рекомендации по поддержанию гигиены, оповещения о возможных угрозах и т.д. Они могут предоставлять информацию о заболеваниях, их симптомах, методах профилактики и лечения, а также обновлять пользователей после последних новостей в области здравоохранения. Например, приложение CDC (Центры контроля и профилактики заболеваний) США. Эти приложения предлагают школьникам и студентам доступ к актуальным медицинским советам, информации о предотвращении распространения инфекций и правилах гигиены. Они также предоставляют возможность отслеживать показатели здоровья, включая температуру тела, частоту пульса и уровень физической активности. Это помогает студентам и их родителям быть осведомленными о состоянии здоровья и при необходимости принять меры

для предотвращения заболеваний. Однако, цифровые технологии не ограничиваются только мобильными приложениями. Виртуальная реальность становится все более популярной в образовании, и она также может быть использована для профилактики биологических угроз. Школьники и студенты могут погрузиться в виртуальную среду, где будут размещены опытные симуляции болезней и эпидемий. Такая практика помогает им изучать симптомы болезней, узнавать о предосторожностях и правилах поведения в случае возникновения угрозы заболевания.

2. Облачные сервисы. Облачные сервисы позволяют хранить, сортировать и анализировать большие объемы данных, таких как информация о заболеваниях, эпидемиях и т.д. Это помогает в разработке своевременных мер по профилактике и борьбе с угрозами.

3. Видео- и онлайн-курсы. Видео- и онлайн-курсы становятся все более популярными в профилактике биологических угроз. Такие курсы могут быть доступны как для школьников, так и для студентов. Они могут содержать информацию о различных заболеваниях, методах их профилактики и лечения, о профилактике и борьбе с угрозами, также рекомендации по повышению иммунитета.

4. Игры и другие интерактивные форматы. Игры и другие интерактивные форматы могут быть использованы для обучения детей и молодежи о биологических угрозах. Такие игры могут содержать задания по профилактике, ответы на заболевания и меры по их предотвращению.

Игровые платформы также могут быть использованы для предотвращения биологических угроз среди школьников и студентов. Компьютерные игры, разработанные специально для обучения гигиеническим навыкам и борьбы с инфекциями, помогут молодым людям понять важность предотвращения распространения болезней и научиться применять соответствующие меры защиты.

Однако, необходимо учитывать проблемы, такие как доступ к высокоскоростному интернету и аппаратному обеспечению. Неравенство доступа к технологиям может создать преграды для приобщения определенных групп школьников и студентов к преимуществам цифровой профилактики биологических угроз. Поэтому важно предусмотреть меры для снижения этих неравенств и обеспечения равных возможностей для всех.

#### **Примеры применения цифровых технологий для профилактики биологических угроз**

Существует ряд примеров успешной реализации цифровых технологий для профилактики биологических угроз среди школьников и студентов.

Например, в России проводится проект "Живая энциклопедия здоровья", который призван привлечь внимание школьников к важности здорового образа жизни и предотвращению заболеваний. В рамках проекта созданы мобильные приложения



и игры, а также проводятся онлайн-курсы и мероприятия для школьников.

В США проводится проект «Outbreak at Watersedge», который является виртуальным симулятором угрозы биологических эпидемий. В рамках проекта студентам предоставляется возможность работать в роли эпидемиологов и отслеживать распространение заболеваний, а также разрабатывать меры профилактики и лечения.

Одним из главных преимуществ цифровых технологий в профилактике биологических угроз является возможность быстрой обработки и анализа большого количества данных. Это позволяет реагировать на угрозы быстрее, а также более эффективно прогнозировать распространение заболеваний. В перспективе цифровые технологии могут быть использованы в медицине для улучшения диагностики и лечения различных заболеваний. Например, анализ данных о заболеваниях и их распространении может помочь в разработке новых методов лечения и профилактики. Применение цифровых технологий для профилактики биологических угроз среди школьников и студентов является наиболее эффективным способом обучения, который позволяет создать уникальные варианты учебных курсов, разработанных с учетом последних научных достижений в области биологии и медицины. Сегодня в мире все больше социальных проблем, связанных с заболеваниями, вызванными бактериями, инфекциями и другими биологическими угрозами. Обучение школьников и студентов, основанное на использовании онлайн-курсов, позволяет имеющейся информации о биологических угрозах как можно более эффективно использоваться. Зачастую причиной распространения инфекций являются поведенческие факторы, такие как неряшливость и недостаточная осведомленность о гигиенических нормах. Использование цифровых технологий в обучении позволяет устранить такие проблемы благодаря более эффективному подходу к распространению информации. Один из эффективных способов обучения, основанный на использовании цифровых технологий, это функциональный магистральный курс. Магистральный курс содержит в себе информацию, полностью изложенную визуально, и является более эффективным способом графической интерпретации информации. Кроме того, школьники и студенты могут использовать на своих учебных курсах систему запоминания слов и терминов, которая поможет им лучше усваивать информацию об инфекционных заболеваниях. Это особенно важно для тех учащихся, которые имеют приток информации только из одного источника. Важно отметить, что цифровые технологии для профилактики биологических угроз также учитывают психологические факторы, которые могут оказывать влияние на распространение бактерий.

Как правило, такие программы интуитивно понятны, что способствует лучшему усвоению содержащейся в них информации.

Преимущества применения цифровых технологий для профилактики биологических угроз:

1. Быстрое и эффективное распространение информации о биологических угрозах среди школьников и студентов.

2. Интерактивность и доступность образовательных ресурсов, которые позволяют повысить осведомленность и ответственность в области профилактики.

3. Возможность оперативного реагирования и предотвращения распространения заболеваний.

4. Создание условий для долгосрочной мониторинговой работы в области профилактики биологических угроз среди школьников и студентов.

5. Высокая степень цифровизации общества, особенно среди молодежи. Многие школьники и студенты имеют доступ к компьютерам, смартфонам, интернету и другим гаджетам, что позволяет эффективно использовать цифровые технологии для профилактики биологических угроз.

6. Развитие мобильных приложений и онлайн-образования. Современные молодые люди привыкли получать информацию и обучаться через мобильные устройства и интернет. Мобильные приложения и онлайн-курсы по профилактике биологических угроз могут быть доступны и удобны для молодежи.

7. Онлайн методы обучения. Цифровые технологии позволяют создавать интерактивные занятия и уроки, которые могут привлечь внимание молодежи и помочь им эффективно усваивать информацию о профилактике биологических угроз. Это может быть блоги, подкасты, вебинары и форумы, где эксперты делятся своими знаниями и отвечают на вопросы участников.

8. Виртуальная реальность и компьютерное моделирование. С помощью VR-технологий и компьютерного моделирования можно создавать симуляции и тренировки, которые помогут молодежи понять и изучить опасности и способы предотвращения биологических угроз.

9. Легкость и быстрота распространения информации. Цифровые технологии позволяют размещать информацию о профилактике биологических угроз в сети, а также быстро распространять ее через социальные сети и мессенджеры, что позволяет достигать большей аудитории и эффективно информировать молодежь о возможных угрозах и мерах предосторожности.

10. Возможность сбора и анализа данных. Цифровые технологии позволяют собирать и анализировать данные о распространении биологических угроз среди молодежи, а также о эффективности применяемых профилактических мероприятий. Это помогает выявлять тренды, области повышенного риска и оптимизировать систему профилактики биологических угроз среди молодежи.

11. Обучение. Цифровые технологии могут предоставить дополнительные возможности для обучения о биологических угрозах и превентивных мерах. При помощи интерактивных приложений и визуализаций, студенты могут лучше понять причины и последствия распространения инфекционных заболеваний, а также способы их предотвращения.

12. Трекинг. Цифровые технологии позволяют проводить трекинг возможных вспышек. Это может помочь в принятии превентивных мер и своевременном реагировании на угрозы здоровью.

13. Вакцинационные компании. С помощью цифровых технологий можно организовать эффективные вакцинационные компании с предоставлением информации о необходимости и безопасности вакцинации. Улучшенное управление данными пациентов и расписаниями вакцинации может помочь в достижении более широкой охвата населения и предотвращении распространения заболеваний.

14. Коммуникация: Цифровые технологии обеспечивают легкую и быструю коммуникацию между учреждениями здравоохранения, учителями, студентами и родителями. Это позволяет своевременно передавать важную информацию о биологических угрозах, инструкциях по профилактике, а также отвечать на вопросы и обеспечивать поддержку при возникновении любых проблем или опасностей.

15. Разработка образовательных программ: Создание специальных учебных программ и материалов, которые объясняют основы биологической безопасности и методы профилактики заболеваний, таких как грипп, ОРВИ и другие инфекционные болезни. При этом цифровые технологии могут использоваться, например, в виде презентаций, видеороликов.

В современном мире, где биологические угрозы становятся все более актуальными, использование цифровых технологий для их профилактики становится необходимостью. Школьники и студенты являются особо уязвимой группой населения, поэтому внедрение цифровых инструментов в образовательный процесс может значительно повысить эффективность профилактических мероприятий. Одним из основных преимуществ использования цифровых технологий является их доступность. Современные школьники и студенты активно используют смартфоны, планшеты и компьютеры в своей повседневной жизни. Это означает, что информация о биологических угрозах и меры предосторожности могут быть представлены в виде интерактивных приложений, онлайн-курсов или веб-сайтов. Такой подход позволяет сделать обучение более увлекательным и эффективным. Одним из примеров применения цифровых технологий для профилактики биологических угроз среди школьников и студентов является создание виртуальных лабораторий. Вместо того,

чтобы реально работать с опасными микроорганизмами или веществами, студенты могут проводить эксперименты в виртуальной среде. Это позволяет им получить необходимые навыки и знания без риска заражения или травмирования. Еще одним полезным инструментом является использование мобильных приложений для обучения и информирования школьников и студентов о биологических угрозах. Такие приложения могут содержать информацию о различных болезнях, способы их предотвращения, а также подсказки по гигиене и безопасности. Они могут также предлагать интерактивные игры и тесты, чтобы проверить знания пользователей. Кроме того, социальные сети и онлайн-платформы могут быть использованы для распространения информации о биологических угрозах и мерах профилактики среди школьников и студентов. Создание специальных групп и сообществ, посвященных данной тематике, позволит обменяться опытом и знаниями, а также получить поддержку от экспертов в сфере биологической безопасности. Технологии машинного обучения и анализа данных могут быть использованы для отслеживания распространения заболеваний и предсказания возможных эпидемий. Это позволит более раннему реагированию на угрозы и принятию соответствующих мер для их предотвращения. Также стоит упомянуть использование цифровых технологий для связи с медицинскими специалистами. Виртуальная консультация и удаленное наблюдение пациентов могут помочь в диагностике и лечении заболеваний. Это особенно важно для школьников и студентов, которые могут быть более подвержены биологическим угрозам, таким как грипп или другие инфекционные заболевания. Наконец, цифровые технологии могут быть использованы для мониторинга и предупреждения о возможных биологических угрозах. Например, системы искусственного интеллекта могут анализировать данные о распространении инфекционных заболеваний и предсказывать их дальнейшее развитие. Это позволяет принимать своевременные меры для предотвращения распространения болезни и защиты школьников и студентов. Применение цифровых технологий для профилактики биологических угроз среди школьников и студентов имеет большой потенциал. Они позволяют сделать обучение более интерактивным и эффективным, предоставляют доступ к актуальной информации и помогают предотвращать возможные угрозы здоровью. Поэтому внедрение таких технологий в образовательные программы следует рассматривать как неотъемлемую часть современного образования.

### **Заключение**

Применение цифровых технологий для профилактики биологических угроз среди школьников и студентов представляет собой современный и рациональный подход, позволяющий повысить



осведомленность и ответственность данной группы населения в вопросах профилактики и предотвращения биологических угроз. Это также способствует созданию безопасной и здоровой среды для их обучения и развития. Цифровые технологии играют важную роль в профилактике биологических угроз среди школьников и студентов. Примеры успешной реализации таких технологий свидетельствуют о их эффективности в борьбе с угрозами. Мобильные приложения, виртуальная реальность, игровые платформы и социальные медиа-платформы предоставляют эффективные инструменты для обучения, информирования и мотивации молодежи в вопросах безопасности и здоровья. Это позволяет сократить риск распространения инфекций и способствует общему благополучию молодых поколений. В будущем цифровые технологии могут быть использованы еще более широко в профилактике и борьбе с заболеваниями. Однако, необходимо учитывать различные вызовы, такие как доступность и равенство возможностей, чтобы гарантировать, что цифровые технологии достигнут всех участников образовательного процесса.

**Ключевые слова:** цифровые технологии, профилактика, биологические угрозы, школьники, студенты, информационные ресурсы, образование, учебные программы, интерактивные методы, компьютерные игры, виртуальная реальность, аналитические инструменты, электронные учебники, мобильные приложения, безопасность, онлайн обучение, медицинские приложения, осведомленность, компьютерное моделирование.

**Контактное лицо:** Гаджиев Рустам Анарович, студент ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия.

Телефон: +79936044859

E-mail: rustam.gajiev17@gmail.com

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-23>

## Неинвазивный мониторинг уровня глюкозы в крови: экспертное мнение

С.Н. Гаевская

Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова

**Актуальность темы исследования** определена тем, осложнения, связанные с диабетом, являются серьезной проблемой во всем мире. Пациентам с диабетом необходимо регулярно контролировать уровень глюкозы в крови, чтобы избежать острых и хронических осложнений. Однако традиционные методы мониторинга (использование ланцета для взятия капли крови) могут быть неприятными и вызывают дискомфорт

у пациентов. Неинвазивный мониторинг позволяет контролировать уровень глюкозы без прокалывания кожи, что снижает физический и эмоциональный дискомфорт у пациентов. Неинвазивное мониторирование уровня глюкозы может обеспечить непрерывное и более точное отслеживание изменений в уровне глюкозы. Это позволяет более эффективно управлять диабетом, предупреждать возможные осложнения и быстро реагировать на изменения уровня глюкозы в крови. Также, неинвазивный мониторинг может быть особенно полезен для детей, беременных женщин и пожилых людей, у которых может быть трудно проводить традиционные методы мониторинга.

**Цель исследования** – заключается в оценке эффективности и достоверности таких методов и их применимости в клинической практике. Эксперты считают, что разработка и улучшение неинвазивных методов мониторинга глюкозы может повысить качество жизни пациентов с диабетом и сделать их уход более удобным и понятным.

### Методы

Для проведения глубинных интервью был сформирован перечень из 15 ключевых экспертов по направлению эндокринология. В рамках проведения интервью экспертов была проведена серия встреч, в рамках которых экспертам были озвучены общие положения планируемых к проведению конкурсов, технологические барьеры и предварительные выводы о возможности их преодоления. Получена обратная связь по представленным формулировкам, что было использовано при подготовке перечня вопросов для проведения глубинных интервью.

### Результаты

По Конкурсу «Неинвазивный мониторинг уровня глюкозы» экспертами подтверждено наличие технологической проблемы, которая на текущий момент не была решена в полной мере. При этом было отмечено, что работы в этом направлении ведутся уже несколько десятков лет и вероятнее всего скоро увенчаются успехом. При этом отмечено, что наибольший интерес представляет возможность непрерывного мониторинга глюкозы. Технически измерение глюкозы неинвазивными методами, возможно, таким образом, преодоление барьера достижимо. Однако, формулировка барьера требует уточнения.

В отношении вероятности преодоления барьера в ближайшее время мнение экспертов расходится, так как это зависит от исполнителей и требует проведения клинических испытаний, длительность которых может быть значительной.

В отношении актуальности барьера отмечено, что ключевым параметром также является экономическая целесообразность. Если стоимость устройства для мониторинга будет значительно превышать стоимость тест-полосок, велика вероятность низкого спроса. Также отмечено, что популяризация нового способа контроля уровня глюкозы потребует значительных затрат. Однако, «Если состоится

создание устройства для неинвазивного мониторинга, то мы войдём в новую эру лечения Диабета 1 типа, столько проблем решится. Нужно просто будет учить человека пользоваться этой системой, пациенту не нужно будет думать/считать ХЕ и дозы. Компенсация Диабета станет в разы лучше».

#### Выводы

Эксперты отмечают, что неинвазивные методы мониторинга глюкозы представляют огромный потенциал для облегчения жизни пациентов с диабетом. Они могут значительно улучшить качество самоконтроля и контроля со стороны медицинского персонала. Однако многие респонденты выражают осторожность по поводу точности и надёжности неинвазивных методов мониторинга глюкозы. Несмотря на значительные продвижения в этой области, требуются дальнейшие исследования для подтверждения эффективности и надёжности этих методов. Исследователи указывают на необходимость учета индивидуальных различий и особенностей пациентов при разработке неинвазивных методов мониторинга глюкозы. Уровень физической активности, тип пищи, состояние кожи и другие факторы могут влиять на достоверность результатов. Для успешной реализации неинвазивного мониторинга глюкозы требуется сотрудничество между научными и медицинскими учреждениями, промышленностью и пациентскими сообществами. Обмен знаниями, опытом и ресурсами поможет ускорить разработку и внедрение новых технологий в практику. Использование комбинированных подходов может обеспечить более точные и надёжные результаты.

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-24>

## Мониторинг цен на лекарственные средства в разных странах (Международный инструмент обеспечения прозрачности цен на лекарства, International Medicine's Price Transparency Tool)

С.С. Голенкова, А.А. Абрамова Алиса, В.Д. Авдышев,  
К.А. Кошечкин

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
Первый Московский государственный медицинский  
университет имени И.М. Сеченова Министерства  
здравоохранения Российской Федерации  
(Сеченовский Университет),  
Москва, Российская Федерация, ул. Трубецкая, 8, стр. 2

#### Введение

После пандемии COVID-19 растёт интерес к здоровью населения. Потребность в фармацевтических

интернет-ресурсах значительно возросла, но доступ к достоверной информации о ценах на лекарства остается проблемой.

Исследование 11 мая 2010 года собрало данные о ценах на инсулин в 60 странах, выявив различия до 5000%. Низкий доступ к инсулину для людей с малыми доходами – основная проблема. Китай и Канада применяют системы мониторинга цен на лекарства. Необходим международный ресурс для мониторинга цен.

Основная цель – создание информационной платформы для мониторинга лекарственных средств. Препятствия включают ограниченное продвижение интернет-аптек и недоступность диагностики для половины населения.

#### Материалы и методы

Проведен анализ литературы (2012–2023) в Google Scholar, Scopus и Google. Определен план: 1) машинное обучение для лекарств; 2) коммуникация с регуляторами для интеграции рынка. Материалы: цены на лекарства в странах, реестры. Этапы: анализ данных, сравнение ресурсов. Критерии включения: статьи с 2012 г., доступ, прозрачность цен. Критерии исключения: наркотики, другие услуги. Поисковые слова: мониторинг цен, прозрачность, сравнение цен. Найдено 47 релевантных источников. План: математические методы, веб-ресурс фарм мониторинга.

#### Результаты и обсуждение

Поисковый вывод – Health Action International (Нидерланды) предоставляет международные цены на лекарства. Плюсы: разнообразие стран, валют; недостатки: ограниченные страны, препараты, нет сравнения цен. Другой проект сфокусирован на фармацевтике. Филиппины обладают единым реестром цен через EDPMS. РЛС – Россия, лекарства, аптеки, индивидуальные предложения. Минусы: цены из реестра аптек-партнеров. UNICEF – прозрачность, цены. Наш проект: обновления, аналоги, доступность, объемы онлайн-продаж.

#### Заключение

Лекарственное обеспечение и ценовая политика – актуальные проблемы здравоохранения. Многослойные нейронные сети в мониторинге дефицита ЛП позволят перейти от эмпирических наблюдений к научному прогнозированию через предиктивную аналитику и алгоритмы машинного обучения. Это облегчит выявление рыночных закономерностей и обоснованное изменение цен.

**Ключевые слова:** Сравнение цен на лекарства, прозрачность цен, платформа мониторинга, машинное обучение, нейронные сети  
*Контактное лицо: Голенкова Светлана Сергеевна, студентка 5 курса Института клинической медицины, ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия.*

*E-mail: sveta2012s23@gmail.com*



<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-25>

## Перспективы развития управленческих сервисов с элементами искусственного интеллекта в сфере здравоохранения

В.В. Голиков

ООО «Цифромед», Москва

### Введение

Цифровизация здравоохранения предоставляет возможности по использованию большого объема агрегируемых данных, формируемых в рамках персонализированного оказания медицинской помощи, для создания управленческих сервисов, с помощью которых можно повысить эффективность использования медицинских ресурсов: коечного фонда, зданий, лекарственных препаратов.

### Материалы и методы

Задача является многоплановой и затрагивает целый ряд разделов прикладной математики:

- Имитационное моделирование стохастических процессов;
- Теория массового обслуживания;
- Теория вероятностей и математическая статистика (оценивание вероятностных распределений и интенсивности потоков);
- Теория оптимизации (согласование мощностей МО и ресурсов с обслуживаемыми потоками).

### Результаты

1. Цифровизация здравоохранения предоставляет возможности по использованию большого объема агрегируемых данных, формируемых в рамках персонализированного оказания медицинской помощи, для создания управленческих сервисов, с помощью которых можно повысить эффективность использования медицинских ресурсов: коечного фонда, зданий, лекарственных препаратов.

2. Эмпирические модели искусственного интеллекта, ввиду непрозрачности и неопределенности механизма выработки решений, плохо пригодны в качестве самостоятельных технологических решений, на базе которых будут создаваться управленческие сервисы в сфере здравоохранения. Методы математической статистики для решения указанных задач являются более надежными и обоснованными.

3. Решающее преимущество методов математической статистики в том, что они позволяют, построив статистическую модель явления, решать широкий спектр задач по глубокому долгосрочному прогнозированию, где еще нет данных. Модели искусственного интеллекта, в связи с тем, что обучаются на существующих данных из прошлых временных периодов, не могут эффективно решать задачи по долгосрочному прогнозированию.

4. Вместе с тем, модели искусственного интеллекта могут быть эффективно применимы в сфере здравоохранения для решения таких задач, как взаимодействие, очистка и синтезирование недостающих данных, сокращение рутинных операций, агрегация информации из разрозненных источников.

5. С учетом технической возможности по агрегации, обработке и хранению медицинских данных со всей страны, широкому набору методов математической статистики и анализа, а также темпам развития моделей искусственного интеллекта, наибольший потенциал в развитии управленческих сервисов заключается в создании комплексных решений на базе формализованных математических методов с включением функциональных модулей, реализованных с применением искусственного интеллекта.

### Заключение

В целях апробации предложенного в концепции подхода, заключен государственный контракт с Министерством здравоохранения Российской Федерации, в рамках которого предусматривается создание прототипа управленческим сервисов до конца 2023 года.

**Ключевые слова:** цифровизация, медицинская помощь, управленческие сервисы, эффективность медицинских ресурсов, искусственный интеллект.

*Контактное лицо: Голиков Владимир Владимирович, Руководитель направления ООО «Цифромед» Москва, Россия.  
Телефон: +7 (903)-819-17-51  
E-mail: v.golikov@digitalms.ru*

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-26>

## Оптимизация программного обеспечения для анализа протеомных данных

Н.И. Голушко

Санкт-Петербургский Государственный Университет,  
Кафедра Биохимии, Санкт-Петербург, Россия

Протеомика – это комплекс методов молекулярной биологии, которые используются для изучения белков в биологических системах, таких как клетки, ткани или организмы. Протеомика позволяет идентифицировать и количественно измерять белки, а также определять их структуру, взаимодействия, модификации и локализацию, что имеет множество приложений в различных областях науки и медицины, таких как биотехнология, фармакология, онкология, нейробиология и другие.

Одним из основных методов протеомики является хромато-масс-спектрометрия, которая сочетает в себе хроматографию и масс-спектрометрию для разделения и анализа смесей белков. Хроматография позволяет разделить белки



по различным свойствам, таким как размер, заряд, полярность или аффинность. Масс-спектрометрия позволяет определить массу и состав белков или их фрагментов. Для обработки и интерпретации хромато-масс-спектрометрических данных требуются специальные программы и инструменты биоинформатики, которые помогают выравнивать хроматограммы, обнаруживать пики, сопоставлять массовые спектры с базами данных белков, анализировать динамику экспрессии белков и строить сети взаимодействий белков. Однако сейчас использование многих известных платформ программного обеспечения является затруднительным. Было решено адаптировать для обработки протеомных данных метаболомное программное обеспечение MS-DIAL с помощью языка Python.

В рамках данной работы был создан новый метод для обработки протеомных данных с помощью программы MS-DIAL. Данный метод был применен для анализа хромато-масс-спектрометрических данных для лечения пациентов с сахарным диабетом II типа.

Созданный метод для обработки протеомных данных с помощью программы MS-DIAL является новаторским и эффективным подходом для анализа больших объемов хромато-масс-спектрометрических данных. Данный метод позволяет получать более точную и полную информацию о белках в образцах, а также упрощает и ускоряет процесс анализа данных. Данный метод может быть использован не только для исследования сахарного диабета II типа, но и для других заболеваний, связанных с изменениями в протеоме. Данный метод также способствует развитию протеомики как научной дисциплины, которая имеет большое значение для понимания молекулярных основ жизни.

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-27>

## Математические инструменты расчета финансирования медицинской помощи на примере первичного гиперпаратиреоза

А.М. Горбачева<sup>1</sup>, П.В. Мартынова<sup>1</sup>, А.Р. Елфимова<sup>1</sup>,  
О.В. Обухова<sup>2</sup>, Н.Г. Мокрышева<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «НМИЦ эндокринологии» Минздрава России

<sup>2</sup> ФГБУ «ЦНИИОИЗ» Минздрава России

### Введение

С увеличением продолжительности и качества жизни растет значимость неинфекционных нозологий в структуре заболеваемости и смертности, а значит, и в структуре расходов системы здравоохранения на лечения пациентов с данными патологиями. Для оптимизации затрат, достижения их максимальной эффективности разрабаты-

ваются различные модели финансирования, одной из которых является модель пакетных платежей. Также актуальной задачей является совершенствование тарифов в системе ОМС.

### Материалы и методы

На базе ФГБУ «НМИЦ эндокринологии» Минздрава России было проведено одноцентровое одномоментное сравнительное исследование, в которое вошли пациенты с первичным гиперпаратиреозом, прошедших стационарное обследование и лечение в центре. Были сформированы две подгруппы пациентов, соответствовавшие пациентам с ПГПТ, проходившим первичное/регулярное стационарное обследование и группа пациентов, прошедших впоследствии хирургическое лечение. Для унификации подхода информация о стоимости госпитализации была собрана на основании действующего на 31.12.2022г в ГНЦ ФГБУ «НМИЦ эндокринологии» прейскуранта и перечня оказанных в ходе госпитализации услуг. Это позволило избежать ошибок, связанных с изменением стоимости услуг по прейскуранту, а также с источником финансирования госпитализации конкретных пациентов. Статистический анализ проводился в пакете программ Statistica 13 (TIBCO Software Inc., США), кластерный анализ и ROC-анализ проводился в среде Google Colab. Для разделения пациентов по группам на основании стоимости их госпитализации применялся кластерный анализ. Применялись следующие виды анализа: k-средних (k-means), иерархической кластеризации, алгоритма распространения близости (affinity propagation), сдвига среднего (mean shift), спектральной кластеризации (spectral clustering), сбалансированного итеративного сокращения и кластеризации с помощью иерархий (BIRCH).

### Результаты

Медиана стоимости госпитализации в терапевтическое отделение в общей выборке составила 50 570 рублей [39 380; 62 480]. В соответствии с данной медианой все эпизоды были разделены на две группы: в группу А1 вошли эпизоды итоговой стоимостью более 50 570 рублей (n=420), в группу В1 – все эпизоды, стоимость которых была меньшей, или равной этой сумме (n=421). Более высокая стоимость госпитализации в терапевтическое отделение по поводу ПГПТ была ассоциирована с более тяжелым течением заболевания (более высокими показателями кальциемии, ПТГ) и более выраженными осложнениями со стороны костной системы. Иные факторы, в т.ч. сопутствующие сердечно-сосудистые и метаболические заболевания, а также иные осложнения ПГПТ влияния на стоимость стационарного терапевтического эпизода.

На втором этапе работы была проанализирована стоимость лечения пациентов, которым было рекомендовано и проведено хирургическое лечение ПГПТ (n = 633). Медиана стоимости лечения (в ходе госпитализации в терапевтическое и хирургическое



отделения) составила 200 980 [153 890;223 260] рублей. По выявленной медиане пациенты были разделены на 2 группы: в группу А2 вошли эпизоды итоговой стоимостью более 200 980 рублей (n=316), в группу В2 – все эпизоды, стоимость которых была меньшей, или равной этой сумме (n=317). статистически значимое отличие между группами наблюдалось только в отношении возраста: пациенты группы А2 были статистически значимо старше.

Далее на основании ранее выявленных факторов, влияющих на стоимость госпитализации в терапевтическое отделение, был проведен кластерный анализ. При использовании метода иерархической кластеризации все случаи, включенные в исследование, стало возможно подразделить на два кластера: кластер 0 (более дешевые случаи госпитализации) и кластер 1 (более дорогие случаи). С учетом минимальных и максимальных концентраций ПТГ и значений верхнего и нижнего квартиля концентрации общего кальция в качестве группы с наибольшей стоимостью госпитализации были определены пациенты с сочетанием гиперкальциемии  $\geq 3,0$  ммоль/л и повышением ПТГ  $\geq 1200$  пг/мл (группа 1). В этой группе шанс превышения стоимости госпитализации отметки в 65840 рублей увеличивался в 17 раз по сравнению с пациентами с меньшими значениями (группа 2). Операционные характеристики при ROC-анализе: AUC = 0,873 (95%-й ДИ 0,783–0,962), ОШ = 16,9, 95%-й ДИ 5,5–52,2).

#### **Заключение**

Финансирование предоперационной подготовки пациентов с ПГПТ (включающей оценку состояния минерального обмена, скрининг осложнений ПГПТ, топическую диагностику образований ОЩЖ) в настоящее время осуществляется отдельно от хирургического лечения и не учитывает тяжесть течения основного заболевания. При этом именно терапевтическая лечебно-диагностическая помощь наиболее вариабельна по стоимости и зависит от тяжести течения ПГПТ. Применение метода пакетных платежей, т.е. объединение финансирования такой предоперационной подготовки и хирургического лечения, может помочь сократить сроки оказания медицинской помощи и снизить финансовые риски для терапевтических подразделений при сохранении высокого качества медицинской помощи при ПГПТ. Также оптимизировать финансирование предоперационной подготовки для пациентов с ПГПТ может применение дифференцированных тарифов ОМС. В качестве критериев для дифференциации рекомендуется применять концентрации альбумин-скорректированного кальция и ПТГ сыворотки крови.

**Ключевые слова:** первичный гиперпаратиреоз, пакетные платежи, тарифы, кластерный анализ.

**Контактное лицо:** Горбачева Анна Максимовна, врач-эндокринолог отделения патологии околощитовидных желез и нарушений минерального об-

мена, ассистент директора ФГБУ «НМИЦ эндокринологии» Минздрава России, Москва, Россия

Телефон: 8 (985) 746-63-07

E-mail: gorbacheva.anna@endocrincentr.ru

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-28>

## **Интерпретируемые базы знаний и объяснительный искусственный интеллект для персонализированной медицины эндокринных заболеваний**

В.В. Грибова, Е.А. Шалфеева

Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН

#### **Введение**

Для интеллектуальной поддержки дифференциальной диагностики и назначения персонализированного лечения эндокринных заболеваний требуются сложные модели знаний, соответствующие системе понятий специалистов-эндокринологов. С развитием семантических представлений знаний, рассуждения на основе таких знаний стали широко использоваться для поддержки принятия решений. Важным требованием является генерация объяснений результатов, предложенных системой искусственного интеллекта: отсутствие прозрачности является проблемой для клинициста, врач, несущие медицинскую ответственность, вряд ли могут доверять результатам системы без объяснения процесса принятия решений. На рынке имеются системы, как правило, это симптом-чекеры, которые дифференцируют ряд эндокринных заболеваний (например, Гипертиреоз, Болезнь Грейвса, Синдром поликистоза яичников, Гипопаратиреоз, Несахарный диабет, Гиперпролактинемия, Гипоталамический синдром, Аддисонова болезнь), однако многие из них ([www.klinika.com.ua](http://www.klinika.com.ua), [www.healthdirect.gov.au](http://www.healthdirect.gov.au), <https://kiberis.ru> и др.) формируют объяснение в соответствии со своей упрощенной моделью знаний, как правило, ограниченный жалобами пациента и не учитывают результаты объективного, лабораторного и инструментального исследований. Помимо упрощенной модели знаний симптом-чекеры имеют и другие ограничения, в частности не обеспечивают интеграцию их обработчиков (интерпретаторов) с медицинскими документами (электронными медицинскими картами, историями болезни). Поэтому важной задачей является разработка таких систем искусственного интеллекта, которые основаны на реальных, а не упрощенных знаниях; знания представлены в структуре и системе понятий, принятой в медицинском сообществе; изменение знаний не ведет к изменению программного кода системы, а сами

изменения могут вноситься непосредственно экспертами без участия программистов.

#### Материалы и методы

Для создания систем поддержки принятия решений используется онтологический подход и семантическое представление информации (знаний и данных), которые обеспечивают понятность и интерпретируемость получаемых результатов. Редакторы знаний и данных, автоматически генерируемые по онтологиям, обеспечивают возможность включения экспертов в процесс разработки баз медицинских знаний по диагностике и лечению заболеваний. Реализация всех предложенных решений выполнена на облачной платформе IACPaas (<https://iacpaas.dvo.ru/>).

#### Результаты

Коллективом авторов разработаны и на протяжении ряда лет апробированы онтологии по диагностике и построению плана лечения заболеваний, не зависящие от конкретного раздела медицины или группы заболеваний; интерпретатор знаний (онтологический решатель); редакторы баз знаний и терминологический справочник, которые обеспечивают создание баз медицинских знаний экспертами предметной области и, таким образом, обеспечивают создание специализированных систем поддержки принятия решений по диагностике и лечению заболеваний без написания программного кода. Цикл построения и обновления баз знаний экспертами обязательно включает этапы тестирования, проверки правильности на эталонном, регулярно расширяемом, наборе прецедентов.

Онтологии диагностики и построения плана лечения отражают структуру используемых знаний и устанавливают стратегии поиска решения. Они могут зависеть от предпочтений пользователей (например, предлагать и обосновывать лучшее решение, предлагать все возможные решения, критиковать каждое пользовательское решение и т.п.) Стратегии поиска являются одним из видов онтологических соглашений по применению явных знаний для конкретных задач. Принципиально важным свойством системы является не только детализированное объяснение предлагаемого решения, но и подсказка врачу на каждом шаге лечебно-диагностического процесса каких диагностических признаков недостаточно для однозначной постановки диагноза либо назначения лечения.

#### Заключение

Авторами представлена программная оболочка для создания систем поддержки принятия решений по диагностике и лечению заболеваний, основанная на интерпретируемых базах знаний с возможностью выбора стратегии поиска решений и генерацией объяснений. Для создания интеллектуальных помощников врача по диагностике и лечению эндокринных заболеваний на основе разработанной интеллектуальной оболочки,

наполнению баз медицинских знаний, приглашаются заинтересованные эксперты.

*Контактное лицо: Шалфеева Елена Арефьевна, ведущий научный сотрудник лаборатории интеллектуальных систем Института автоматизации и процессов управления ДВО РАН, д.т.н., Владивосток, Россия*

*E-mail: shalf@dvo.ru*

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-29>

## Перспективы применения искусственного интеллекта для реализации персонализированного подхода в медико-биологическом обеспечении элитных спортсменов

Ж.В. Гришина<sup>1</sup>, А.И. Кадыкова<sup>1</sup>, В.С. Щекина<sup>2</sup>,  
Ю.А. Алымова<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», Россия, 121059, Москва, Большая Дорогомилловская улица, 5

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)», Лаборатория Геномной Инженерии, 141700, Россия, Московская обл. Институтский переулок д.9 строение 7, МФТИ, офис 618

<sup>3</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской гематологии, онкологии и иммунологии им. Дмитрия Рогачева» Минздрава России, Москва, ул. Саморы Машела, д.1

Создание системы поддержки принятия врачебных решений в спорте высших достижений с использованием искусственного интеллекта (ИИ) является перспективным направлением, поскольку часто врачу сборной команды приходится в короткий срок корректировать состояние здоровья спортсмена, учитывая множество факторов, таких как пол, возраст, медицинский и спортивный анамнез, характер текущей физической нагрузки и т.д. [1].

К настоящему времени накоплен большой массив данных углубленного медицинского обследования (УМО), которое каждый спортсмен сборной команды РФ проходит дважды в год на базе клиники ФМБА России. В список УМО входят различные исследования, включая общий и биохимический анализ крови, общий анализ мочи, результаты электрокардиограммы (ЭКГ), нагрузочное тестирование, осмотры врачей разных специальностей, а также начинают накапливаться данные высокопроизводительного секвенирования [1, 2].

Для того, чтобы выявить неочевидные взаимосвязи большого списка показателей одного атлета на протяжении его спортивной карьеры и на основе этого формировать персональные рекомендации

по коррекции состояния его здоровья, питания, гидратации, тренировочной нагрузки и других параметров, отвечающих не только за его здоровье, но и за результативность, необходимо использовать методы машинного обучения [2, 3, 4].

Недавние исследования по внедрению ИИ в медицине продемонстрировали большие перспективы в прогнозировании риска травм у спортсменов в будущем, интерпретации изображений МРТ, составлении отчетов на основе различных показателей здоровья и дальнейшее распространение телемедицины [3, 4]. Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (Food and drug administration, FDA) одобрило применение диагностического программного обеспечения, предназначенного для обнаружения переломов запястья у взрослых пациентов [5].

Большинство подходов к машинному обучению делятся на две основные категории: с учителем и без учителя. Методы с учителем отлично подходят для классификации и регрессии. Среди недавних примеров – определение узелка в легком по рентгенограмме грудной клетки [6]; модели оценки риска антикоагуляционной терапии [7]; имплантация автоматических дефибрилляторов при кардиомиопатии [8]; использование в классификации инсульта и его имитаторов [9]; моделирование гетерогенности CD4+ Т-клеток [10]; прогнозирование исхода при инфекционных заболеваниях [11]; выявление аритмии по электрокардиограмме (ЭКГ) [12]; дизайн и разработка in silico клинических испытаний [13] и др.

Обучение без учителя не требует маркированных данных. Оно направлено на выявление скрытых закономерностей, присутствующих в данных, и часто используется при исследовании данных и генерации новых гипотез [6]. В трех отдельных исследованиях сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса у пациентов с гетерогенным заболеванием, не имеющим доказанных методов лечения без вмешательства человека [14], исследователи использовали обучение без учителя [6] для пересмотра неудачных клинических испытаний, таких как лечение спиронолактоном, эналаприлом и силденафилом в сравнении с плацебо, чтобы выявить подкласс пациентов, которым может помочь конкретная терапия.

Существуют и другие алгоритмы, такие как обучение с подкреплением, которые можно рассматривать как комбинацию методов обучения с учителем и без учителя, позволяющую добиться максимальной точности при использовании метода проб и ошибок [15].

Таким образом, создание системы поддержки принятия врачебных решений в спорте высших достижений с использованием ИИ является современным и перспективным направлением. Внедрение ИИ в спортивную медицину позволит выявлять взаимосвязи между различными показателями

здоровья спортсмена и на основе этого формировать персональные рекомендации по коррекции состояния его здоровья.

### Литература

1. Практическая спортивная медицина для тренеров / М. Г. Авдеева, М. В. Арансон, Э. Н. Безуглов [и др.]. – Москва : Спорт, 2022. – 624 с.
2. Особенности составления программ метаболической коррекции для профессиональных спортсменов и возможности их оптимизации с использованием цифровых технологий / Т. А. Яшин, Ж. В. Гришина, А. И. Кадыкова [и др.] // Спортивная медицина: наука и практика. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 5-12. – DOI 10.47529/2223-2524.2022.2.8.
3. Ramkumar P. N. [и др.]. Sports Medicine and Artificial Intelligence: A Primer // The American Journal of Sports Medicine. 2022. № 4 (50). С. 1166–1174.
4. Noorbakhsh-Sabet N., Zand R., Zhang Y., Abedi V..Artificial Intelligence Transforms the Future of Health Care // The American Journal of Medicine, Vol 132, No 7, 795-801
5. Stephanie Caccamo FDA permits marketing of artificial intelligence algorithm for aiding providers in detecting wrist fractures // US Food and Drug Administration. 2018.
6. Deo RC. Machine learning in medicine. Circulation. 2015;132:1920– 1930.
7. Lip GY, Nieuwlaat R, Pisters R, Lane DA, Crijns HJ. Refining clinical risk stratification for predicting stroke and thromboembolism in atrial fibrillation using a novel risk factor-based approach: the euro heart survey on atrial fibrillation. Chest. 2010;137:263–272.
8. O'Mahony C, Jichi F, Pavlou M, et al. A novel clinical risk prediction model for sudden cardiac death in hypertrophic cardiomyopathy (HCM risk-SCD). Eur Heart J. 2014;35:2010–2020.
9. Abedi V, Goyal N, Tsvigoulis G, et al. Novel screening tool for stroke using artificial neural network. Stroke. 2017;48:1678–1681.
10. Lu P, Abedi V, Mei Y, et al. Supervised learning methods in modeling of CD4+ T cell heterogeneity. BioData Min. 2015;4:27.
11. Bogle B, Balduino R, Wolk DM, et al. Predicting mortality of sepsis patients in a multi-site healthcare system using supervised machine learning. In: Int'l Conf. of Health Informatics and Medical Systems; 2018.; Available at: <https://csce.ucmss.com/cr/books/2018/LFS/CSREA2018/HIM3645.pdf> [Accessed February 5, 2019].
12. Chen Y, Wang X, Jung Y, et al. Classification of short single lead electrocardiograms (ECGs) for atrial fibrillation detection using piecewise linear spline and XGBoost. Physiol Meas. 2018;39:104006. <https://doi.org/10.1088/1361-6579/aadf0f>.
13. Leber A, Hontecillas R, Abedi V, et al. Modeling new immunoregulatory therapeutics as antimicrobial alternatives for treating Clostridium difficile infection. Artif Intell Med. 2017;78:1–13.

14. Udelson JE. Heart failure with preserved ejection fraction. *Circulation*. 2011;124:540–543.

15. Krittanawong C, Zhang H, Wang Z, Aydar M, Kitai T. Artificial intelligence in precision cardiovascular medicine. *J Am Coll Cardiol*. 2017;69:2657–2664.

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-30>

## Мониторинг уровня глюкозы и иных показателей здоровья в домашних условиях с удалённым контролем врачом онлайн

В. Дмитриев<sup>1</sup>, П.А. Комарь<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ООО «ТелеМедХаб»

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «ВолгГМУ» Минздрава России, Волгоград

### Введение

Проблема сахарного диабета (СД) 1 и 2 типа в последние годы приобрела масштабы эпидемии. Согласно данным Федерального регистра сахарного диабета РФ, по состоянию на 2023 г. число больных СД в РФ достигло 5,014 млн человек (прирост 166 тыс. человек/год). При этом на долю СД типа 2 приходится порядка 93 % случаев. Важной мерой по профилактике осложнений СД считается регулярный самоконтроль уровня глюкозы в крови, который осуществляется с помощью портативных глюкометров. В настоящее время все более серьезно рассматривается подход к организации телемедицинской помощи, направленной на удобство и эффективность получения медицинской помощи. В целях оптимизации подхода к оказанию телемедицинской помощи населению и внедрения удаленного мониторинга состояний разработан комплекс удаленного мониторинга состояния здоровья пациентов, отвечающий современным стандартам оказания медицинской помощи населению.

### Материалы и методы

Разработана и апробирована система удаленного мониторинга пациентов – платформа «Телемедхаб», позволяющая собирать данные с медицинских изделий, в частности глюкометров. Собранные данные интегрируются с современными медицинскими информационными системами (МИС). Апробация платформы проходила с участием пациентов (n = 14, средний возраст 43,8 ± 17,6 лет), страдающих СД типа 1 и 2, а также артериальной гипертензией (АГ).

### Результаты

В течение периода апробации платформы пациенты с СД провели 424 измерения в течение 2 недель. В течение данного периода было отмечено удобство интеграции данных в МИС, а также возможность в любое время проверять значения показателей на платформе, наблюдать графики и тренды как пациентами, так и лечащим врачом.

При этом отмечалось повышение приверженности проведения глюкометрии пациентами. Платформа «Телемедхаб» также позволила хранить данные и других измерений, таких как артериальное давление, частота сердечных сокращений, вариабельность сердечного ритма, сатурация, температура тела. Данные измерения могут вноситься в систему автоматически за счет подключения медицинских изделий к платформе. При этом после каждого измерения данные передаются на сервер и могут быть добавлены в электронную медицинскую карту пациента, находящуюся в медицинской информационной системе.

### Заключение

Значимость дистанционного мониторинга пациентов клинически обоснована и направлена на достижение целевых значений физиологических параметров за счет улучшенного самоконтроля со стороны пациентов, а также возможностью непрерывного мониторинга здоровья пациентов со стороны медицинской организации и непосредственно лечащим врачом. Согласно результатам исследования достижение и поддержание целевых значений артериального давления и уровня сахара в периферической крови определялось только при длительном осуществлении дистанционного наблюдения. Данные результаты подтверждаются и другими аналогичными исследованиями. Современная платформа «Телемедхаб» повышает приверженность пациента и автоматизирует передачу данных пациента в условиях удаленного мониторинга показателей с применением медицинских изделий и мобильного приложения.

**Ключевые слова:** Удаленный мониторинг пациента, Телемедицина, Сахарный диабет, МИС, Телемедхаб, Remote patient monitoring, RPM

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-31>

## Математическая модель прогнозирования развития гипокальциемии в раннем послеоперационном периоде после паратиреоидэктомии у пациентов с первичным гиперпаратиреозом

А.Р. Елфимова<sup>1</sup>, А.К. Еремкина<sup>1</sup>, О.Ю. Реброва<sup>1,2</sup>,  
Е.В. Ковалева<sup>1</sup>, Н.Г. Мокрышева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ «НМИЦ эндокринологии» Минздрава России

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России

### Актуальность

Первичный гиперпаратиреоз (ПГПТ) характеризуется избыточной секрецией паратиреоидного гормона (ПТГ) при верхненормальном или повышенном уровне кальция крови вследствие



первичной патологии околотитовидных желез (ОЦЖ). Единственным радикальным методом лечения ПГПТ является паратиреоидэктомия (ПТЭ), которая заключается в удалении одной или нескольких патологически измененных ОЦЖ. Однако ПТЭ может сопровождаться осложнениями, включая гипокальциемию в раннем послеоперационном периоде. Гипокальциемия развивается до 50% случаев и может приводить к нарушениям сердечного ритма и генерализованным судорогам.

#### Цель

Разработать математическую модель, прогнозирующую развитие гипокальциемии на 1-3 сутки после ПТЭ у пациентов с ПГПТ.

#### Материалы и методы

В исследование включено 324 пациента с проведенной ПТЭ в ФГБУ «НМИЦ эндокринологии» Минздрава России за периоды с 1993-2010 и 2017-2020 гг. Для прогнозирования развития гипокальциемии на 1-3 сутки после ПТЭ у пациентов с ПГПТ использовали искусственную нейронную сеть топологии многослойный персептрон, использующий демографические (пол, возраст), клинико-лабораторные показатели (ПТГ, общий кальций, фосфор, щелочная фосфатаза, остеокальцин, С-концевой телопептид коллагена I типа, степень снижения минеральной плотности кости) и факт приема предоперационной лекарственной терапии (колекальциферол, бисфосфонаты, деносумаб, цинакальцет).

#### Результаты

У 172 (53%) из 324 пациентов развилась гипокальциемия в раннем послеоперационном периоде. В данном исследовании была проведена дифференциация пациентов на обучающую и тестовую выборки. Размер обучающей выборки составил 219 пациентов, из них у 117 (53%) развилась гипокальциемия; размер тестовой составил 105 пациентов, из них гипокальциемия после ПТЭ развилась у 55 (52%) человек. В рамках исследования был построен многослойный персептрон, содержащий 21 нейрон во входном слое, 7 нейронов в скрытом слое, 2 нейрона в выходном слое. В качестве функции активации для скрытого слоя был выбран гиперболический тангенс, в то время как функция softmax использовалась для выходного слоя. Операционные характеристики на обучающей выборке; диагностическая чувствительность (ДЧ) = 79% (95% ДИ: 72%-84%), диагностическая специфичность (ДС) = 69% (95% ДИ: 62%-75%), прогностическая ценность положительного результата (ПЦПР) = 74% (95% ДИ: 68%-79%), прогностическая ценность отрицательного результата (ПЦОР) = 74% (95% ДИ: 66%-80%); на тестовой выборке составили: ДЧ = 75%, ДС = 68%, ПЦПР = 72%, ПЦОР = 71%.

Заключение: Впервые разработан и предложен к использованию в повседневной врачебной практике калькулятор расчета риска послеоперационной гипокальциемии. В результате его внедрения

в лечебный процесс будет возможно совершенствование клинических рекомендаций особенно для симптомных форм ПГПТ, сопровождаемых выраженной гиперкальциемией. Дальнейшая разработка мер по снижению риска развития гипокальциемии после ПТЭ у пациентов с ПГПТ возможна путем совершенствования предложенной модели.

**Ключевые слова:** первичный гиперпаратиреоз, паратиреоидэктомия, гипокальциемия, многослойный персептрон.

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-32>

## Применение методов искусственного интеллекта при диагностировании сложных патологий зрения

А.П. Еремеев<sup>1</sup>, М.В. Зуева<sup>2</sup>, И.В. Цапенко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Национальный исследовательский университет «МЭИ» Минобрнауки России, Москва

<sup>2</sup>ФГБУ «НМИЦ ГБ им. Гельмгольца» Минздрава России, Москва

#### Введение

Рассматриваются возможности применения методов искусственного интеллекта при диагностике на ранних стадиях сложных патологий зрения на примере заболеваний сетчатки. В качестве исходных данных используются электроретинограммы (ЭРГ) медицинского прибора электроретинографа, которые обрабатываются с помощью методов предварительной обработки данных, системного анализа и искусственного интеллекта. Исследования и разработки выполняются специалистами НИУ «МЭИ» и НМИЦ ГБ им. Гельмгольца в плане разработки интеллектуальной (экспертной) системы поддержки принятия решений (ИСППР) для ранней диагностики патологий зрения [1-3].

#### Материалы и методы

Специалистами НИУ «МЭИ» (кафедры Прикладной математики и искусственного интеллекта и Управляющих и интеллектуальных технологий) и экспертами-физиологами НМИЦ ГБ им. Гельмгольца (отдел Клинической физиологии зрения им. С.В. Кравкова) выполняются исследования и разработки методов и программных средств для прототипа ИСППР на основе знаний экспертов для помощи врачам при анализе и ранней диагностике заболеваний сетчатки, а также для обучения молодых специалистов-офтальмологов (ординаторов). Используется интеграция различных методов и подходов для предварительной обработки (препроцессинга) сигналов ЭРГ с использованием вейвлет-преобразований, системного анализа (анализа амплитудных и фазовых характеристик ЭРГ) и методов искусственного интеллекта на основе искусственных нейронных сетей (ИНС), когнитивной графики и нечеткой логики.

**Результаты**

В настоящее время создан и проходит апробацию прототип на реальных данных ЭРГ пациентов. Препроцессинг с применением вейвлет-преобразований позволяет сократить объем обучающей выборки (за счет удаления второстепенных данных). Анализ амплитудных и фазовых характеристик ЭРГ представляет дополнительную информацию для постановки диагноза. Сверточные ИНС глубокого обучения, организованные по каскадной схеме, используются непосредственно для интеллектуального анализа данных и диагностики. Методы когнитивной графики и нечеткой логики (нечеткие правила вывода) используются для образного представления патологий сетчатки при различных заболеваниях, динамики изменения сетчатки и представления экспертных знаний.

**Заключение**

Планируется продолжение исследований в плане расширения возможностей прототипа посредством формирования библиотеки прецедентов по обследованным пациентам и применения активно используемого в системах искусственного интеллекта поиска решений на основе прецедентов и аналогий.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, заболевания сетчатки, диагностика, поддержка принятия решений.

**Литература**

1. Eremeev A.P., Tsapenko I.V. The use of cognitive graphics in the diagnosis of complex vision pathologies // International Journal "Information Theories and Applications", Vol. 26, Number 1, 2019. Pp. 83-99. ISSN 1310-0513 (printed). ISSN 1313-0463 (online).

2. Еремеев А.П., Ивлиев С.А. Методы и программные средства прототипа интеллектуальной системы поддержки принятия решений для анализа и диагностики сложных патологий зрения // Вестник МЭИ. 2020. № 5. С. 140-147. DOI: 10.24160/1993-6982-2020-5-140-147.

3. Еремеев А.П., Колосов О.С., Зуева М.В., Чапенко И.В. Интеграция методов системного анализа и когнитивной графики при ранней диагностике патологий зрения // Двдцатая Национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием, КИИ-2022 (Москва, 21-23 декабря 2022 г.). Труды конференции. Т. 2. М.: Издательство МЭИ, 2022. 464 с. С. 313-329. ISBN 978-5-7046-2735-7. ISBN 978-5-7046-2735-1

*Контактное лицо: Чапенко Ирина Владимировна, главный специалист отдела клинической физиологии зрения ФГБУ «НМИЦ ГБ им. Гельмгольца» Минздрава России, Москва, Россия. Телефон: +7 (926)-354-89-74*

*E-mail: sunvision@mail.ru*

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-33>

## Метаболомный анализ семян пшеницы как метод поиска биомаркеров качества продукции и адаптации к климатическим изменениям

Н.О. Ерофеева<sup>1</sup>, А.А. Орлова<sup>2</sup>, С.А. Силинская<sup>2</sup>,  
Т.Е. Билова<sup>1,2</sup>, К.У. Куркиев<sup>3</sup>, Е.К. Хлесткина<sup>3</sup>,  
А.А. Фролов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский Государственный Университет, Кафедра Физиологии и Биохимии Растений, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> Институт Физиологии Растений им. К.А. Тимирязева Российской Академии Наук, Лаборатория Аналитической Биохимии и Биотехнологии, Москва, Россия

<sup>3</sup> Федеральное исследовательское учреждение Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Министерство науки и высшего образования, Санкт-Петербург, Россия

Пшеница является одним из основных источников питания для человека, поэтому повышение ее урожайности и качества продукции имеет большое значение для продовольственной безопасности и здоровья населения.<sup>1</sup> Качество сельскохозяйственной продукции зависит от многих факторов, в том числе от химического состава растений, который определяется паттернами первичных и вторичных метаболитов.<sup>2</sup> Первичные метаболиты являются веществами «домашнего хозяйства», т.е. вовлечены в выполнение жизненно важных функций растения – таких как фотосинтез, дыхание, ассимиляция азота и т.д. Вторичные метаболиты обладают разнообразными и в большей или меньшей степени специализированными биологическими свойствами – защита от абиотических стрессоров, вредителей, болезней и других воздействий среды. Кроме того, вторичные метаболиты могут оказывать положительное или отрицательное влияние на пищевую ценность и нутрицевтический потенциал продуктов питания. Изучение разнообразия первичных и вторичных метаболитов в семенах пшеницы разных сортов может помочь выявить биомаркеры, которые связаны с качеством продукции и адаптацией к климатическим изменениям.<sup>3</sup>

В рамках данного исследования был проведен анализ первичных и вторичных метаболитов семян 30 сортов пшеницы с использованием комплексного метаболомного подхода, который позволяет измерять как первичные, так и вторичные метаболиты с помощью газо-жидкостной хроматографии-масс-спектрометрии (ГХ-МС) и обращенно-фазовой ультра-высокоэффективной жидкостной хроматографии с tandemным масс-спектрометрическим детектированием (УВЭЖХ-МС/МС). Были сравнены паттерны метаболитов семян пшеницы разных сортов и определены статистически значимые различия между ними.



Выделены потенциальные биомаркеры качества продукции и адаптации к климатическим изменениям на основе анализа данных.

### Литература

1. Peng J.H., Sun D., Nevo E. Domestication evolution, genetics and genomics in wheat // *Molecular Breeding*. 2011. Vol. 28, No. 3. P. 281–301.
2. Jangra S., Chaudhary V., Yadav R.C., Yadav N.R., High-Throughput Phenotyping: A Platform to Accelerate Crop Improvement // *Phenomics*. 2021. Vol. 2, No. 1. P. 31–53.
3. Shah A., Nazari M., Antar M., Msimbira L.A., Naamala J., Lyu D., Rabileh M., Zajonc J., Smith D.L., PGPR in Agriculture: A Sustainable Approach to Increasing Climate Change Resilience // *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2021. Vol. 5. P. 1–21.

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-34>

## Цифровые технологии для контроля нарушений ритма сердца

С.Е. Есева<sup>1,2</sup>, А.В. Тарасов<sup>3</sup>, Э.В. Бровко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ООО «Здоровье города», г. Санкт-Петербург

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого  
Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург

<sup>3</sup>ФГБУ «НМИЦ Терапии и профилактической медицины»  
Минздрава России

### Введение

Консенсусом экспертов «Контроль аритмий с помощью технологий мобильного здравоохранения: цифровые медицинские технологии для специалистов по сердечному ритму» (2021) рекомендуется использование мобильных технологий для скрининга нарушений ритма сердца (НРС) у пациентов высокого риска или выбора тактики и оценки эффективности лечения при установленном диагнозе. Особенно это актуально для пациентов с фибрилляцией предсердий (ФП).

### Материалы и методы

На базе мобильных приложений «Здоровье.ру» и «Здоровье.ру Врач» в 2023 году была разработана программа «В ритме сердца», предназначенная для контроля эффективности антиаритмической терапии пациентов с ФП. В рамках программы пациенту на 1 месяц выдается одноканальный ЭКГ-регистратор (кардиоКарта, ООО «КардиоКВАРК»), который передает результаты измерений ЭКГ в приложение пациента. Пациенту также доступны дневник АД и ЧСС, дневник терапии, сервис онлайн-записи к врачу и образовательные материалы. Врач в своем приложении может просматривать данные дневников пациента, скачивать ЭКГ, оценить приверженность пациента к терапии, а также изучить материалы курса по антиаритмической терапии с участием заведующего отделением хирургического лечения сложных нарушений ритма сердца

и электрокардиостимуляции ФГБУ «НМИЦ Терапии и профилактической медицины» Тарасова А.В. Кроме того, умный алгоритм оповещает врача о появлении отклонений ЭКГ-параметров у пациентов, находящихся на его наблюдении. Программа рассчитана сроком на 1 год и реализуется в партнерстве с фармацевтической компанией Олайнфарм.

### Результаты

Официально программа стартовала 6 июня 2023 года. За первый месяц работы «В ритме сердца» к программе присоединились 18 врачей из 10 городов России. 33 пациента с ФП подключились к программе по приглашению врачей и начали пользоваться мобильным приложением и ЭКГ-регистратором, из них 58% женщин (n=19), 42% пациентов старше 50 лет (n=14). В первый месяц работы было снято пациентами и просмотрено врачами 533 ЭКГ.

### Заключение

Первый месяц работы программы продемонстрировал высокий интерес врачей и пациентов к использованию цифровых технологий для повышения качества оказания медицинской помощи при ФП. Мы предполагаем, что использование программы «В ритме сердца» на мобильной платформе «Здоровье.ру» может упростить наблюдение за пациентами с ФП, увеличить приверженность пациента к терапии, увеличить процент нахождения введенных данных АД и ЧСС в целевом диапазоне, снизить частоту использования ресурсов здравоохранения. Первые результаты программы будут озвучены на Российской национальном конгрессе кардиологов 2023.

**Ключевые слова:** цифровое здравоохранение, mHealth, фибрилляция предсердий  
*Контактное лицо:* Есева Софья Евгеньевна, медицинский эксперт ООО «Здоровье города», ассистент кафедры сервиса и оздоровительных технологий ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, Россия.  
Телефон: +7 (961)-761-68-64  
E-mail: [eseva-s@mail.ru](mailto:eseva-s@mail.ru)

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-35>

## Telegram чат-бот для соблюдения режима приема лекарственных препаратов

С.А. Заверьячев<sup>\*</sup>, Е.Е. Лотник, М.А. Гилявян,  
Е.А. Юсуповская, К.А. Кошечкин

ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), ул. Трубецкая, д. 8/2, Москва, 119048, Российская Федерация

### Введение

Соблюдение режима приема лекарственных препаратов (ЛП) является основным условием



эффективного и безопасного лечения. К сожалению, согласно официальной статистике, в мире около 50% людей регулярно пропускают время приема препаратов. Именно поэтому крайне актуальным в реалиях современного мира будет цифровизация решений для помощи пациентам в улучшении эффективности и безопасности фармакотерапии.

### Цель

Разработка прототипа telegram чат-бота для сопровождения фармакотерапии с функцией напоминания о времени приема лекарственных препаратов.

### Материалы и методы

В результате проведенного анализа, мы определили, что наш чат-бот должен быть реализован в виде удобной и простой последовательной системы в telegram. А также должен включать в себя следующие функции: персональные уведомления для напоминания о времени приема ЛП, база данных с краткими инструкциями к ЛП, форма обратной связи для регистрации спонтанных нежелательных реакций на фоне терапии, компактная электронная карта с первичной медицинской информацией. В качестве языка программирования был выбран python актуальной версии, инструментом СУБД – sqlite3. Основной программный код был написан с использованием библиотек aiohttp, aiohttp, aiohttp, aiohttp, aiohttp. Интегрированной средой для разработки выступил Pycharm.

### Результаты

20.06.2023 на демо-дне студенческих проектов Цифровой кафедры Сеченовского университета был представлен доклад по прототипу нашей системы. Мы рассказали о преимуществах и ценности нашего It-проекта, а также определили, что данное решение будет особенно актуально для пациентов с полипрагмазией, хроническими заболеваниями и для групп препаратов с критически важным временем приема (например, гормональные контрацептивы, сахароснижающие ЛП). Актуальность темы нашей работы, а также современный и грамотный подход позволили получить высокую оценку экспертов и одержать победу как лучший проект в рамках конференции.

### Заключение

Наш чат-бот является удобным и эффективным инструментом для соблюдения принципов рациональной фармакотерапии. На данный момент мы планируем совершенствовать систему в техническом отношении, использовать новые методы визуализации и развивать функционал системы, ориентируясь на запросы рынка.

**Ключевые слова:** Цифровые решения, чат-бот, фармакотерапия, фармаконадзор, нежелательные реакции на лекарственный препарат, приверженность, комплаенс, напоминания, сопровождение, режим приема.

*Контактное лицо: Заверячев Станислав Артемович, студент Института фармации и выпускник*

*Цифровой кафедры ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия.*

*Телефон: +7 (917) 588-51-84*

*E-mail: Szaver4@gmail.com*

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-36>

## Построение инфраструктуры для освоения цифровых компетенций в медицинском вузе: подход Мордовского государственного университета

*П.С. Замышляев, А.А. Федин, Л.А. Балыкова*

*ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва», Саранск*

### Введение

Построение в вузе инфраструктуры для освоения и применения цифровых компетенций (например, по анализированным, системам искусственного интеллекта) обучающимися и сотрудниками Медицинского института — одно из мероприятий стратегического проекта «Медицина будущего: таргетная фармакотерапия и здоровьесберегающие технологии» Программы развития Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарёва на 2021–2030 годы по программе «Приоритет2030». В рамках этого мероприятия в Медицинском институте нашего вуза создается лаборатория информационных технологий в медицине (ЛИТМ).

Под создаваемой в рамках ЛИТМ инфраструктурой для освоения и применения цифровых компетенций мы понимаем, в первую очередь, доступные для любого обучающегося и сотрудника, размещенные во внутренней сети университета взаимосвязанные цифровые ресурсы, базирующиеся на свободном и отечественном программном обеспечении и нацеленные на учебно-методическую поддержку освоения и применения цифровых компетенций для образования, науки и практики.

Работу по созданию инфраструктуры ЛИТМ мы начали с развертывания двух ресурсов: электронной базы знаний для разработки, публикации и обсуждения методических материалов на основе проекта Outline с открытым кодом и среды JupyterHub для организации виртуальных рабочих мест — интерактивных Python-блокнотов для классического анализа биомедицинских данных и работы с моделями машинного обучения. База знаний размещена на базе системы виртуализации университетского Центра Интернет, JupyterHub разворачивается на мощностях вузовского Центра суперкомпьютерных технологий.

Разворачиваются и физические рабочие места для обучающихся и сотрудников Медицинского



института: компьютерный класс с ноутбуками для работы в интерактивных системах обработки данных на базе модулей развернутой на каждом компьютере бесплатной системы Anaconda, с настроенными средами PyCharm, Spyder, Jupyter Notebook, возможностью использования перечисленных выше цифровых ресурсов лаборатории и широкополосным доступом в интернет.

Работа с использованием обозначенных ресурсов и компьютерного класса начнется в новом учебном году, в первую очередь — в рамках научно-исследовательской практики студентов-медиков старших курсов и при освоении цифровых компетенций слушателями программ профессиональной переподготовки по проекту «Цифровые кафедры».

**Ключевые слова:** цифровые компетенции, медицинское образование, анализ данных

**Контактное лицо:** Замышляев Павел Сергеевич, старший преподаватель кафедры госпитальной терапии, и. о. заместителя директора по информатизации, Медицинский институт, ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва», Саранск, Россия.

Телефон: +7 927 197-47-93

E-mail: zamyshlyayev@mrsu.ru

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-37>

## Отличительные особенности структурной и регуляторной эволюции генов человека для основных молекулярных путей, вовлеченных в развитие злокачественных опухолей

Г.С. Захарова<sup>1</sup>, А.А. Модестов<sup>2</sup>, П.А. Пугачева<sup>2</sup>,  
Р. Мекич<sup>3</sup>, А.А. Гурьянова<sup>3</sup>, М.И. Секачева<sup>1</sup>,  
М.В. Сунцова<sup>1</sup>, М.И. Сорокин<sup>2,3,4</sup>, А.А. Буздин<sup>1,3,4</sup>,  
М. А. Золотовская<sup>2,3\*</sup>

<sup>1</sup> Исследовательский центр

«Цифровой биодизайн и персонализированная медицина»,  
Первый Московский государственный медицинский  
университет имени Сеченова, Москва, Россия

<sup>2</sup> Первый Московский государственный медицинский  
университет имени Сеченова, Москва, 119991, Россия

<sup>3</sup> Московский физико-технический институт, Долгопрудный,  
Московская область, 141701, Россия

<sup>4</sup> Институт биоорганической химии имени Шемякина-  
Овчинникова, Москва, 117997, Россия

### Введение

Эволюция генов, кодирующих белки, характеризуется структурным и регуляторным компонентами. Первый может быть оценен путем измерения отношения несинонимичных замен нуклеотидов к синонимичным. Второй компонент может быть измерен как нормализованная доля ретроэлементов

среди всех регуляторных элементов в области старта транскрипции.

### Материалы и методы

Для количественной характеристики скорости компонентов эволюции были использованы отношение dN/dS и относительный показатель обогащения ретроэлементов (метод Retrospect). Регуляторные элементы были определены с использованием данных ChipSeq для сайтов связывания транскрипционных факторов или модифицированных гистоновых сайтов ДНК. Данные ChipSeq для различных тегов гистонов и мест связывания транскрипционных факторов были установлены для 5-13 клеточных линий опухолей человека в зависимости от характера функционального сайта.

### Результаты

Впервые были одновременно охарактеризованы регуляторные и структурные эволюционные профили для 10 890 генов и 2 972 молекулярных путей человека. Мы разместили результаты в общедоступной базе данных RetroSpect, доступной по адресу <https://retrospect.oncobox.com>. Мы также проанализировали эволюционную динамику шести молекулярных путей, представляющих два основных сигнальных каскада, важных для развития и прогрессирования злокачественных опухолей: Notch/WNT/Hedgehog и AKT/mTOR/EGFR. Корреляция между структурными и регуляторными метриками на уровне путей (0,4,  $p < 0,001$ ) была выше, чем на уровне генов (0,1,  $p < 0,001$ ). Путь Hedgehog характеризовался медленной эволюцией обоих компонентов, тогда как путь Akt – быстрой структурной эволюцией. Кроме того, центральные участники путей, такие как Akt и бета-катенин показали снижение обоих компонентов, в то время как два основных регулятора Akt-пути TCL1 и CTMP имели высокие показатели. Также наблюдалась низкая скорость эволюции для серин/треонинкиназ и генов, связанных с обменом гуанозина, в сигнальных путях злокачественных опухолей: GPCR, G-белки и малые регуляторные GTPазы (Src, Rac, Ras); однако это было компенсировано ускоренной регуляторной эволюцией.

### Заключение

Структурный и функциональный компоненты позволяют наиболее полно характеризовать молекулярную эволюцию генов и молекулярных путей человека. Впервые был объединен анализ dN/dS с новой метрикой скорости регуляторной эволюции.

**Ключевые слова:** ретроэлементы; RetroSpect; ретротранспозоны; эпигенетика; регуляция экспрессии генов; молекулярные пути в злокачественных опухолях; эволюция генов, кодирующих белки; эволюция генома человека; анализ молекулярных путей.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 22-74-10031).

**Контактное лицо:** Золотовская Марианна Арсеновна, научный сотрудник Института персона-

лизированной онкологии Центра «Цифровой био-дизайн и персонализированное здравоохранение» ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия.

Телефон: +7 (916)5612175

E-mail: zolotovskaya\_m\_a@staff.sechenov.ru

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-38>

## Методы искусственного интеллекта при моделировании клинических показателей степени тяжести заболевания и выживаемости у пациентов, с новой коронавирусной инфекцией

А.А. Зимин

ГБУЗ «ГКБ №15 им. О.М. Филатова ДЗМ», Москва

### Введение

До настоящего времени остается актуальным вопрос о профилактике и лечении пациентов с инфекционными заболеваниями, в том числе, с коронавирусной инфекцией. Методы искусственного интеллекта играют важную роль в планировании профилактики и лечения в практической работе медицинских работников.

### Материалы и методы

Первичная конечная точка исследования – степень тяжести заболевания и показатели выживаемости. В исследование участвовали 12486 пациентов (из них 54,9% (6852 человека) женского пола) в возрасте 65,8 лет $\pm$ 11 лет, госпитализированных с COVID-19 в период 11.01.2021–01.08.2021г. в ГКБ №15 им. О.М. Филатова ДЗМ (г. Москва) с положительным результатом ПЦР вируса SARS-CoV-2. При поступлении пациентов отмечались демографические и клинические данные (хронические заболевания, ожирение, перенесенный инсульт или инфаркт миокарда), результаты лабораторных и инструментальных исследований. Для оценки прогностической точности использовались методы машинного обучения, расчеты проводились с помощью языка R (версия 3.6.3). Все оцениваемые тесты были двусторонними, уровень значимости соответствовал  $p < 0,05$ .

### Результаты

На первом этапе были сформированы обобщенные модели, включавшие непрерывные и категориальные предикторы, на втором этапе визуально оценивали непрерывные предикторы на линейность, отбирали их оптимальные пороговые значения (по методу Баррио). Третий этап включал

выявление наиболее значимых категориальных переменных при помощи логистической регрессии. Для определения лямбда (наименьшая сумма квадратов остатков, полученных при кросс-валидации) использована 10-кратная перекрестная проверка. Для формирования обучающей и тестовой подгрупп выборка пациентов случайным образом (с помощью метода рандомизации) была разделена в соотношении 20/80. Используя метод оценки площади под кривой (AUC ROC-кривой) в тестовой подгруппе исследовали способность разрабатываемой модели к точному различению пациентов в зависимости от тяжести состояния. В итоге определены восемь наиболее релевантных критериев: возраст пациента, количество сопутствующих заболеваний (с учетом весовых коэффициентов), частота дыхания, сатурация крови, уровень мочевины и С-реактивного белка, уровень сознания, данные компьютерной томографии легких. На основании анализа исходов заболевания были определены четыре уровня риска летального исхода: низкий риск (0–3 балла, уровень смертности 1,3%), средний риск (4–7 баллов, 9,6%), высокий риск (8–13 баллов, 30,4%) и очень высокий риск ( $\geq 14$  баллов, 64,2%). Обратная прогностическая ценность для группы с низким риском оказалась крайне высокой (99,1%, уровень смертности 1,2%). В итоге среди наблюдаемых пациентов общая летальность составила 33,8% (4220 больных).

### Заключение

Таким образом, разработаны подходы к созданию прогностической модели степени тяжести заболевания и выживаемости у пациентов у пациентов с COVID-19, усовершенствована шкала стратификации риска на основе базовых показателей, оцениваемых при поступлении пациентов в больницу.

**Ключевые слова:** моделирование, новая коронавирусная инфекция, искусственный интеллект

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-39>

## Веб-сервис для вычисления функции рассеяния точки конфокального микроскопа и деконволюции изображений

И.М. Золин<sup>1</sup>, А.С. Сачук<sup>1</sup>, А.Б. Герасименко<sup>1,2</sup>,  
Е.И. Пчицкая<sup>1</sup>, В.С. Чуканов<sup>1</sup>, И.Б. Безпрозванный<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Лаборатория Молекулярной Нейродегенерации, Санкт-Петербургский политехнический институт Петра Великого Университет, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>Физико-технический институт имени А.Ф.Иоффе

<sup>3</sup>Отделение физиологии, Юго-Западный медицинский центр Техасского университета, Даллас, Техас

### Введение

Изображение объекта, получаемое с помощью микроскопии, содержит дефекты и искажения



из-за несовершенства системы регистрации и волновой природы света. Функция рассеяния точки (ФРТ) системы описывает изображение, получаемое при наблюдении точечного источника света системой формирования изображений. Эта функция определяет степень рассеяния точечного объекта и является показателем качества системы формирования изображений.

ФРТ используется для анализа системы, оценки и последующей деконволюции. Оно также применяется в процессе обучения нейронной сети для деконволюции.

#### Материалы и методы

В данной работе было представлено два подхода к деконволюции изображений (восстановлению исходного объекта по искаженному изображению):

1. Деконволюция с использованием итерационного метода Ричардсона-Люси;
2. Использование сверточных нейронных сетей (базирующихся на архитектурах U-Net и Residual Neural Network), которые позволяют восстанавливать объекты без необходимости явного вычисления ФРТ.

Для решения данной задачи нашей группой был разработан веб-сайт, выполненный на языках программирования Python, JavaScript, позволяющих строить ФРТ данных конфокальных микроскопов и обладает автоматической сегментацией «сфер» на снимке с использованием машинного обучения. Архитектура сервиса включает следующие технологии и инструменты: Django, ReactJS, Redis, Nginx, Celery, Flower.

#### Результаты

В текущей работе был предложен способ взаимодействия между клиентской и серверной частями, основанный на использовании степпера. Данный степпер даёт возможность пользователю наблюдать промежуточные результаты на каждом шаге обработки данных, а также на этапах до и после обработки. Такой подход позволяет клиентам лучше понять процесс обработки.

Архитектура серверной части поддерживает масштабируемость, гибкость, высокую производительность, мониторинг и логгирование, а также сервис является надёжным и простым в использовании благодаря контейнеризации Docker. Такие характеристики позволяют увеличивать нагрузку, расширять функциональность (внедрять новые алгоритмы обработки), а также обеспечивают удобство в развертывании и масштабировании серверного приложения.

Основой для автоматической сегментации «сфер» на снимках является ML модель, которая разрабатывается на основе полученного датасета снимков сфер. Этот датасет предварительно размечается, что позволит в будущем обучить модель с высокой точностью и надёжностью в определении границ сфер на изображениях.

#### Заключение

В результате разработанный инструмент значительно повышает эффективность обработки

изображений, сокращает время выполнения задач и способствует более продуктивной работе исследователей и специалистов в области биологии и медицины.

**Ключевые слова:** ФРТ, флуоресцентная микроскопия, конфокальная микроскопия, нейронные сети, веб-сервис

*Контактное лицо: Золин Иван Максимович, лаборант ЛМН Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия.*

*Телефон: +7 (906)-936-33-00*

*E-mail: zolin52692@gmail.com*

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-40>

## Тотальное омиксное профилирование указывает на общую активацию молекулярных путей репарации днк в опухолях за исключением путей P53 и контроля клеточного цикла

М.А. Золотовская\*<sup>1,2</sup>, А.А. Модестов<sup>1,2</sup>, М.В.Сунцова<sup>1,2</sup>,  
А.А. Буздин<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Московский физико-технический институт (государственный университет), Москва, РФ

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России, Москва, РФ

#### Введение

Механизмы репарации ДНК поддерживают целостность генома, с одной стороны ограничивают опухолевые изменения и гетерогенность, а с другой стороны, способствуют выживанию опухоли после лучевой и генотоксической химиотерапии.

#### Материалы и методы

Мы исследовали уровни активации 72 путей репарации ДНК в девяти типах рака человека (глиомы, рак молочной железы, колоректальный рак, рак легкого, рак щитовидной железы, рак шейки матки, рак почки, рак желудка и рак поджелудочной железы). Мы взяли профили РНК-секвенирования экспериментальных 51 нормального и 408 опухолевых образцов, а из баз данных The Cancer Genome Atlas и Clinical Proteomic Tumor Analysis Consortium – 500/407 нормальных и 5752/646 опухолевых образцов, а также 573 нормальных и 984 опухолевых протеомных профили с портала Proteomic Data Commons.

#### Результаты

Для всех образцов наблюдалась сходная тенденция: при всех типах рака по сравнению с нормальными образцами ингибировался путь контрольной точки клеточного цикла G2/M, а активность p53-опосредованных путей была относительно низкой. Напротив, другие пути репарации

ДНК были повышены в большинстве типов рака. Путь G2/M-контроля был статистически значимо снижен по сравнению с другими путями репарации ДНК, и на это подавление оказывала сильное влияние антагонистическая регуляция (1) промитотических генов CCNB и CDK1 и (2) генов GADD45, способствующих G2/M-аресту. На уровне ДНК было обнаружено, что гены ATM, TP53 и CDKN1A накапливают мутации потери функции белка, а гены комплекса циклина В – трансформирующие мутации. Кроме того, наблюдалось ингибирование пути регуляции клеточного цикла с помощью транскрипционных факторов семейства E2F.

### Заключение

Полученные результаты свидетельствуют о важности активации большинства путей репарации ДНК в процессе прогрессии рака, за исключением контрольной точки G2/M и путей, связанных с p53, которые, соответственно, понижены или незначительно активированы.

**Ключевые слова:** репарация ДНК, молекулярные пути, злокачественные новообразования  
**Контактное лицо:** Золотовская Марианна Арсеновна, научный сотрудник Института персонализированной онкологии Центра «Цифровой биодизайн и персонализированное здравоохранение» ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия.  
 Телефон: +7 (916)5612175  
 E-mail: zolotovskaya\_m\_a@staff.sechenov.ru

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-41>

## ОНСОБОХРД: банк 51672 классических и 7494 геноцентрических путей человека с сервисом оценки транскриптомной активации

М.А. Золотовская<sup>\*1,2,3</sup>, В.С. Ткачев<sup>2</sup>, А.А. Гурьянова<sup>1,4</sup>,  
 А.М. Симонов<sup>5</sup>, М.М. Раевский<sup>5</sup>, М.И. Секачева<sup>5</sup>,  
 М.И. Сорокин<sup>1,2,4,6</sup>, А.А. Буздин<sup>1,5,6</sup>

<sup>1</sup> Московский физико-технический институт (государственный университет), Москва, РФ

<sup>2</sup> ООО «Онкобокс», Москва, РФ

<sup>3</sup> ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва, РФ

<sup>4</sup> ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России, Москва, РФ

<sup>5</sup> Институт персонализированной медицины, ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова, Москва, РФ

<sup>6</sup> ФГБНУ Институт биоорганической химии им. акад. М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН

### Введение

ОнкобохРД – это крупнейшая на настоящий момент структурированная коллекция единообразно обработанных и функционально аннотированных молекулярных путей человека. Формат базы

позволяет рассчитать экспрессионную активации путей с визуализацией активности отдельных молекулярных участников.

### Материалы и методы

Данные были собраны автоматически с последующей экспертной курацией. Извлечена и каталогизирована информация о молекулярных участниках пути и их взаимодействиях из следующих баз данных: Biocarta, KEGG, HumanCyc, Qiagen, NCI, Reactome и PathBank.

### Результаты

ОнкобохРД (<https://open.oncobox.com>) включает в себя 51672 молекулярных пути человека в единообразном формате. Каждый путь представляет собой граф взаимодействий, где вершины – это молекулярные участники, а ребра – это взаимодействия или биохимические реакции между ними. Все молекулярные участники функционально аннотированы с присвоением коэффициента активации/ингибирования (ARR), который характеризует влияние на общий физиологический или молекулярный эффект пути. В дополнение к полноразмерным путям были введены микропути, которые представляли собой подграф существующего пути, содержащий главную эффекторную вершину и соседние вершины первого – третьего порядка. Наличие ARR коэффициентов позволяет вычислять уровни активации путей (PAL) с использованием профилей генной экспрессии. Результаты расчета активации могут быть визуализированы на схеме каждого пути, с цветовой схемой, соответствующей уровню активации каждого гена-участника пути. Также автоматически генерируется график максимально активированных и ингибированных путей. В качестве альтернативы веб-сервису разработана библиотека Python oncoboxlib для использования на локальном компьютере. Кроме того, мы объединили все пути в модель интерактома человека, включающую 64 095 участников и 361 654 молекулярных взаимодействия. Алгоритмически были сконструированы 7494 новых, геноцентрических, молекулярных путей, каждый из которых центрирован вокруг отдельного специфического белка. Тестирование геноцентрических путей показало их эквивалентными классическим молекулярным путям по биомаркерной значимости.

### Заключение

ОнкобохРД в настоящее время представляет собой крупнейшую коллекцию молекулярных путей человека и связанных аналитических инструментов. В будущем функционал может быть расширен для оценки других типов омиксных данных, в дополнение к транскриптомным.

**Ключевые слова:** база данных молекулярных путей, интерактом, белок-белковые взаимодействия, метаболом, уровень активации молекулярного пути, визуализация молекулярного пути.

**Контактное лицо:** Золотовская Марианна Арсеновна, научный сотрудник Института персонализированной онкологии Центра «Цифровой био-



дизайн и персонализированное здравоохранение» ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия.

Телефон: +7 (916)5612175

E-mail: [zolotovskaya\\_m\\_a@staff.sechenov.ru](mailto:zolotovskaya_m_a@staff.sechenov.ru)

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-42>

## Клинические и генетические характеристики семейных форм сахарного диабета 1 типа

Ю.М. Зуфарова, Е.В. Титович, К.Г. Забудская,  
Д.Н. Лаптев

ГНЦ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии» Минздрава России, Москва

### Введение

Семейные формы составляют примерно 10% от всего числа случаев сахарного диабета 1 типа (СД1). Согласно множеству исследований гены региона HLA имеют наибольший вклад в риск развития заболевания, однако определяют его не полностью. В настоящее время опубликовано всего несколько работ о проведении полноэкзомного секвенирования (WES) членам семей с СД1. Целью нашего исследования был анализ клинических данных пациентов с семейной формой СД1, также поиск новых генов-кандидатов, ответственных за моногенное или дигенное наследование данного заболевания.

### Материалы и методы

Собраны и проанализированы клинико-лабораторные данные 30 ядерных семей. Членам 30 семей проведено полноэкзомное секвенирование методом массового параллельного секвенирования (next-generation sequencing, NGS) на платформе Illumina методом парно-концевого чтения.

### Результаты

Собраны клинические данные 30 семей, из которых 26 семей имеют два и более сибса с СД1, 3 семьи с одним родителем и ребенком с СД1, 1 семья, где все члены семьи (родители и ребенок) имеют СД1. В группе детей заболевших первыми медиана возраста манифестации составила 4,1 лет [2,8;5,6], у заболевших вторыми она соответствовала 4,6 лет [3,2;7,4]. Корреляции возраста манифестации СД1 между группами не выявлено ( $r=0,322$ ,  $p=0,515$ ). Уровень гликированного гемоглобина (Hb1Ac) у сибсов на момент обследования не отличался ( $p=0,879$ ). У заболевших первыми в семье Hb1Ac был 8% [7,3;9,2], в группе сибсов, заболевших вторыми – 7,9% [7,2;9,1]. При анализе результатов WES данных за наличие моногенного или дигенного типов наследования не установлено.

### Заключение

Наше исследование не выявило корреляции возраста манифестации СД1 между сибсами в семье.

Одинаковый возраст манифестации заболевания у детей может быть обусловлен влиянием схожих факторов окружающей среды на фоне наличия генетической предрасположенности к развитию СД1. Ни в одном из случаев не-HLA-гены, непосредственно ответственные за развитие СД1, не были обнаружены.

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-43>

## Особенности применения экспертных it-технологий как звена концепции персонализированной стоматологии

А.Б. Казумова

ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова  
Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва

### Введение

В настоящее время особую актуальность приобретает персонализированная медицина. Она направлена на индивидуализацию лечения на основе уникального генетического, экологического и клинического профиля человека. В стоматологии персонализированная профилактика и терапия реализуется во многом посредством применения инновационных дистанционных и телекоммуникационных технологий.

Телестоматология – клиническая субдисциплина, которая изучает дистанционную профилактику, диагностику и лечение заболеваний зубов, полости рта и челюстно-лицевой области посредством использования информационных технологий (IT-технологии).

Применение ИКТ в стоматологии основано на общих принципах оказания медицинской помощи с применением телемедицинских технологий. Тем не менее, развитие телемедицины в стоматологии имеет определенную специфику, обусловленную особенностями заболеваний и лечения патологий, актуальной диагностической информацией, периодичностью общения пациента с врачом, потребностью во внешних врачебных консультациях.

К преимуществам телестоматологии можно отнести повышение доступности специализированной стоматологической помощи, экономию времени пациента и врача, возможность принятия решений в экстренных случаях, обеспечения пред- и послеоперационной оценки и планирования лечения, взаимодействия и сотрудничества врачей, удаленного мониторинга пациентов, создания мобильного здравоохранения.

### Материалы и методы

Был проведен обзор современной российской и зарубежной, преимущественно англоязычной,

литературы, посвященной телестоматологии. Учитывались новейшие издания, опубликованные в специализированных медицинских журналах и руководствах.

### Результаты

В научной литературе имеется значительный объем данных о применении технологий телемедицины в различных областях стоматологии как в сегменте «врач – врач», так и в сегменте «пациент – врач».

В сегменте «врач – врач» использование ИКТ необходимо для обеспечения единых стандартов в области стоматологической помощи, преемственности в диагностике, лечении и профилактике заболеваний полости рта, освоения врачами профессиональных компетенций.

В доступной публикации описывается, как помощью системы онлайн-консультаций для стоматологических клиник файлы цветных фотоизображений полости рта пациента, получаемые интраоральной камерой, были переданы из одной стоматологической клиники в другую. В частности, это позволило трем врачам в США дистанционно наблюдать за пациентом, перенесшим несколько сложных хирургических вмешательств, что способствовало его скорейшему выздоровлению. Благодаря использованию дистанционной стоматологии опытные врачи могут помогать молодым коллегам в повседневной практике, например, при проведении эндодонтического лечения.

Рассматривая сегмент «пациент – врач», можно отметить, что доступ из любой точки мира для общения со стоматологом открывает новые возможности для людей, живущих далеко от необходимой клиники, получить помощь и информационную поддержку от врачей-специалистов без необходимости тратить деньги и время на междугородние поездки. По данным исследования, проведенного в Бразилии, когда людям необходимо получить профилактическую консультацию, они отказываются от нее в 70% случаев из-за указанных неудобств.

В противовес самостоятельному поиску ответов на интересующие вопросы в сети Интернет, не гарантирующей получение достоверных данных, сервисы телестоматологии предоставляют возможность получения объективной достоверной экспертной информации от специалистов, в т.ч. возможность получения второго мнения.

Нужно подчеркнуть, что в условиях пандемии дистанционные формы общения снижают риск распространения инфекции, что является весьма насущным.

Большинство публикаций описывают применение телестоматологических методов в ортопедической стоматологии и ортодонтии, в том числе при длительном курсовом лечении, так как некоторые ситуации (смещение резиновой лигатуры, дискомфорт из-за ортодонтической конструкции, раздражение слизистой щек) могут быть легко решены

в домашних условиях с использованием видеокамеры телефона, ограничивая число посещений стоматолога только случаями реальной необходимости.

Сегмент «пациент – врач» является менее освоенной, но перспективной отраслью телестоматологии, и позволяет решать обширный круг задач – от согласования необходимости очного приема и записи на прием к врачу до проведения разнообразных профилактических и обучающих мероприятий, советов по практическим методам использования гигиенических средств по уходу за полостью рта, протезами и ортодонтическими конструкциями, рекомендаций по коррекции ранее назначенного лечения после высокотехнологичной помощи. Многообещающим является массовый скрининг кариеса у детей дошкольного возраста, что важно для разработки клинко-эпидемиологического лечения. Популярнее становится профилактика стоматофобии с целью создать позитивный образ врача-стоматолога, в котором, согласно статистике, нуждаются более 85% пациентов.

Объективным ограничением являются возможности предоставления врачу пациентом полной диагностически значимой информации (которая может значительно отличаться при различных клинических ситуациях), достаточной для обоснованного диагноза и рекомендаций по лечению.

Однако эффективность удаленного общения с врачом-стоматологом будет возрастать по мере развития методов и средств сбора, отображения и передачи медицинской информации, адаптированных для использования не только пациентами в домашних условиях, но и врачами в клинике. Важно стандартизировать телестоматологические услуги, определить показания, методы и границы применения телемедицинских технологий.

Как показывает анализ публикаций, в качестве объективной информации в телестоматологических консультациях чаще всего используются фотографии, в т.ч. полученные интраоральными камерами, рентгеновские изображения (от прицельных рентгенограмм отдельных зубов до ортопантограмм, рентгеновских компьютерных или магнитно-резонансных томограмм). Можно предположить в будущем организацию сервисов, которые позволят пациентам получить в краткосрочную аренду или иным образом необходимое оборудование, а рентгеновское обследование с получением цифровых снимков они могут проходить в стоматологической поликлинике по месту жительства и передавать консультанту с домашнего компьютера.

Уже существуют такие устройства как мобильная камера MouthWatch для мониторинга состояния слизистой полости рта в сочетании с другими системами визуализации; описаны способы автоматизированной диагностики тканей.

Информационные технологии помогают не только в телемедицинских консультациях,

но и в дальнейшем лечении. Например, на основе искусственного интеллекта создан компьютерный комплекс: 3D принтер, интегрированный с CAD/CAM системой для изготовления моделей протезов методом трехмерной печати. Машинное обучение и искусственный интеллект применяются в стоматологических исследованиях для анализа больших объемов данных, чтобы облегчить принятие медицинских решений, диагностику, прогнозирование и планирование лечения.

Компания Nuance Communications выпустила виртуального помощника на базе искусственного интеллекта, предназначенного для взаимодействия с пациентами и врачами. Данное программное обеспечение применяет функционал разговорных диалогов и уже встроенных возможностей, которые автоматизируют рабочие процессы.

**Заключение.** Стоматология относится к клинической медицине и изучает заболевания зубов, челюстей и ротовой полости, способы их диагностики и лечения. В большинстве случаев невозможно избежать очного приема, требующего непосредственного присутствия врача и пациента. Но ожидается, что технологии телемедицины в стоматологии, как и других областях медицины, займут важное место в перспективной модели цифрового здравоохранения.

**Ключевые слова:** телестоматология, телемедицины, искусственный интеллект, машинное обучение, инновационная стоматология.

**Контактное лицо:** Казумова Аглая Борисовна – студент 3 курса, Институт стоматологии им. Е.В. Боровского, ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия.

Телефон: +7 (985)-299-54-52

E-mail: aglaya.kazumowa@yandex.ru

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-44>

## Применение механистической ФК-ФД модели ингибитора контрольных точек препарата Ниволумаб для оценки занятости рецепторов и обоснования дозировок

Б.В. Киреев<sup>1</sup>, А.А. Никитич<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Сеченовский университет, Москва, Россия

<sup>2</sup>Научно образовательный центр математического моделирования лекарственных средств, Сеченовский университет, Москва, Россия

### Введение

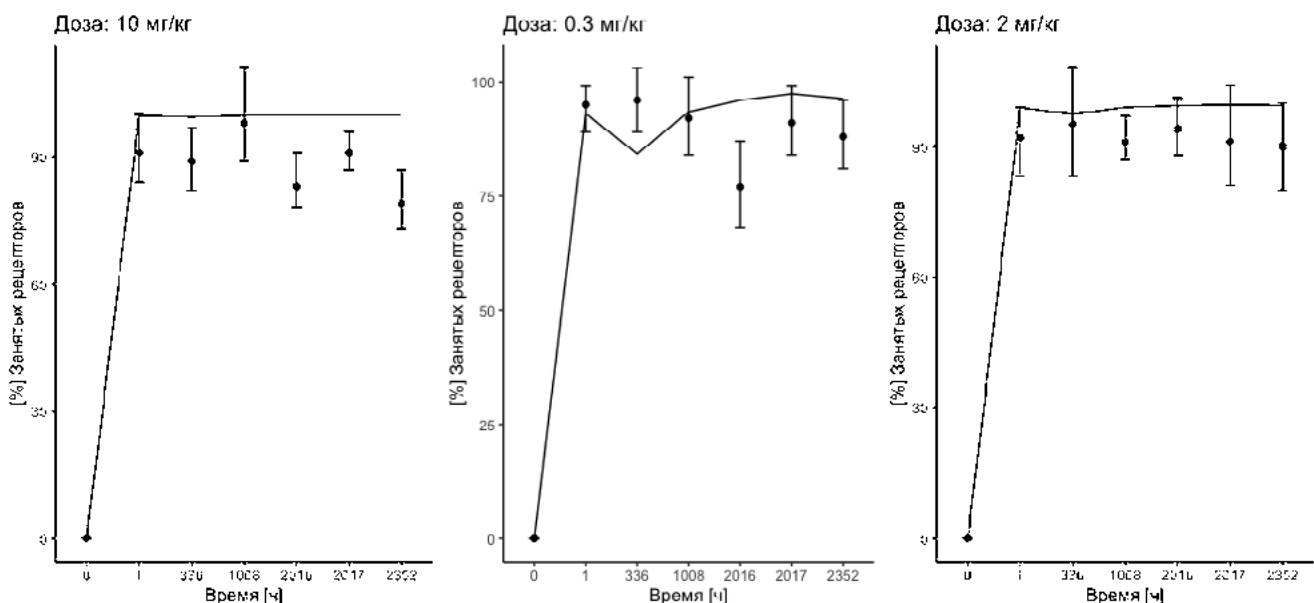
Иммунотерапия ингибиторами контрольных точек aPD-1/a-PD-L1 эффективно применяется для опухолей, резистентных к другим видам лечения. Блокирование взаимодействия PD-1 с PD-L1 позволяет избежать иммуносупрессорных реакций в Т-клетках. Разработка математических моделей ингибиторов контрольных точек может являться хорошим инструментом выбора минимальной эффективной дозы на ранних стадиях клинических испытаний.

### Цель

Воспроизведение и обобщение модели антагониста aPD-1/aPD-L1 на другое лекарственное вещество этого класса. Анализ зависимости занятых рецепторов (RO) от константы диссоциации (Kd).

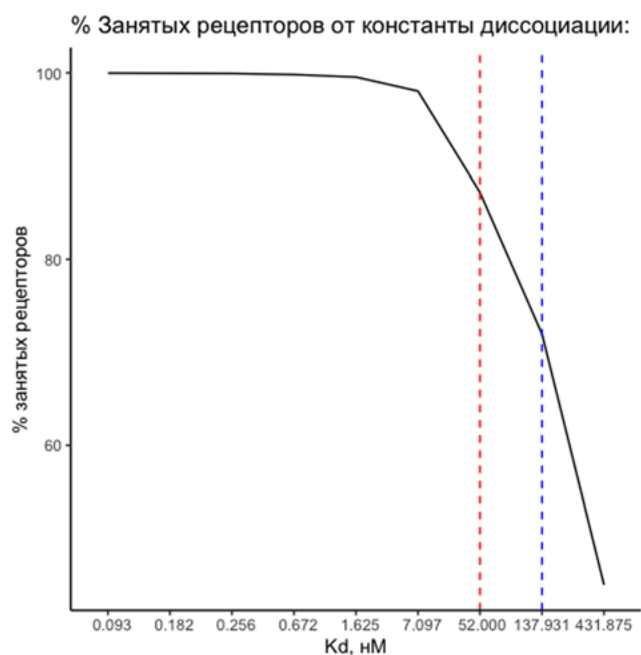
### Материалы и методы

Математическая модель представляет собой систему обыкновенных дифференциальных



**Рис. 1.** Результат обобщения модели относительно данных о занятых рецепторах в плазме. Кривые – предсказания модели, точки – экспериментальные данные с доверительными интервалами





**Рис. 2.** Зависимость занятых рецепторов от константы диссоциации. Сплошная кривая – предсказания модели, прерывистые вертикальные линии – отсекают интервал со значением 80% связанных рецепторов.

уравнений. Модель описывает основные процессы кинетики моноклонального антитела aPD-1 и включает в себя 5 компартментов: периферический, центральный, сосуды, эндосомальное пространство, интерстициальное пространство. Лекарственный препарат перетекает из центрального компартмента в сосуды опухоли, затем попадает в эндосомальное пространство, где связывается с Fc рецептором и проходит в интерстиций. Антитело aPD-1 связывается со своим лигандом PD-L1 в центральном компартменте и в интерстициальном пространстве опухоли. Для обобщаемого препарата (Nivolumab) параметры связывания были взяты из литературных источников [1]. Остальные параметры определялись с помощью концентрационного профиля Nivolumab [2] в программе Monolix 2021 (Monolix documentation – LIXOFT, [www.monolix.lixoft.com](http://www.monolix.lixoft.com))

#### Результаты

В качестве обобщающей модели была выбрана математическая модель Lindauer et al [3] для антитела aPD-1 (Pembrolizumab). Модель описывает экспериментальные данные aPD-1 (Nivolumab) занятых рецепторов в плазме [2] (рис.1).

С помощью модели проведен анализ зависимости Kd от RO (рис.2). Даже на небольшом количестве данных кривую можно охарактеризовать, как линейную зависимость.

#### Выводы

Обобщена математическая модель Lindauer et al [3] aPD-1 антитела. Данная модель описывает RO в плазме препарата Nivolumab и может быть применена для других aPD-1 антител. Для достижения в плазме 80% занятых рецепторов значение

константы диссоциации не должно превышать 137nM

#### Литература

1. Michael E. Brown, Michael E. Brown (March 2020) Assessing the binding properties of the anti-PD-1 antibody landscape using label-free biosensors
2. EMA assessment report OPDIVO, Procedure No. EMEA/H/C/003985/0000
3. A Lindauer, C R Valiathan, K Mehta, V Sriram, R de Greef, J Elassaiss-Schaap, D (Jan 2017) Translational Pharmacokinetic/Pharmacodynamic Modeling of Tumor Growth Inhibition Supports Dose-Range Selection of the Anti-PD-1 Antibody Pembrolizumab

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-45>

## Сигнатура экспрессии генов в качестве модели для определения молекулярного подтипа TMPRSS2-ERG при раке предстательной железы

Кобеляцкая А.А.

Институт молекулярной биологии им. В.А. Энгельгардта РАН

#### Введение

На основе проекта «The Cancer Genome Atlas» («TCGA»), в настоящее время описаны семь молекулярных подтипов РПЖ (The Molecular Taxonomy of Primary Prostate Cancer, 2015). Известны четыре подтипа, которые характеризуются наличием слитых транскриптов (TMPRSS2-ERG, TMPRSS2-ETV1, TMPRSS2-ETV4, и TMPRSS2-FLI1, с частотами встречаемости 46%, 8%, 4%, и 1%, соответственно), и три – наличием точечных мутаций (SPOP, FOXA1 или IDH1; 11%, 3%, и 1%, соответственно; Arora K., 2018). Около 40% случаев РПЖ относится к молекулярному подтипу «TMPRSS2-ERG», который опосредуется слиянием генов TMPRSS2 и ERG (Arora K., 2018). В тканях предстательной железы ген TMPRSS2 характеризуется более высоким уровнем экспрессии по сравнению ERG, однако, их слияние приводит к многократному увеличению экспрессии гена ERG (Gasi Tandefelt D., 2014; Tomlins S., 2005; Esgueva R., 2010). Считается, что слияние TMPRSS2 и ERG является ранним событием и иногда обнаруживается даже при простатической интраэпителиальной неоплазии (Carver B., 2009).

#### Методы

На основе данных RNA-Seq 246 опухолевых образцов РПЖ TCGA проведен анализ дифференциальной экспрессии генов при помощи пакета edgeR с нормализацией методом TMM и подсчетом CPM. Пациенты не были подвержены неoadъювантной терапии, и относились к европеоидной популяции. Для оценки достоверности изменений использованы F-критерий



квази-правдоподобия (QLF) и Укритерий Манна-Уитни (MW). Кроме того, рассчитаны кратность изменения экспрессии между сравниваемыми группами (FC, fold change) и общий уровень экспрессии в когорте (Log<sub>2</sub>CPM). Для всех тестов при расчете FDR применена поправка Бенджамини-Хохберга. Модель для классификации построена с применением алгоритма нейронных сетей. Для построения полносвязной нейронной сети (FCNN) использованы библиотеки keras и tensorflow. Выборка была разделена на обучающий и проверочный наборы данных (70 и 30%). FCNN имела следующую архитектуру: входной слой (n предикторов), 7 скрытых слоев (с функцией активации relu/tanh и 20-150 нейронами), и выходной слой, состоящий из 2 нейронов и имеющий функцию активации softmax.

### Результаты

Анализ дифференциальной экспрессии генов между группами TMPRSS2-ERG-положительного (n = 120) и TMPRSS2-ERG-отрицательного мРРПЖ (n = 126), позволил идентифицировать топ-50 генов, имеющих наиболее сильное изменение экспрессии. Подавляющее большинство из них имели повышенную экспрессию для подтипа TMPRSS2-ERG. На основе экспрессионной сигнатуры 50 идентифицированных генов построена и проверена предиктивная модель для определения принадлежности к подтипу TMPRSS2-ERG, имеющая чувствительность = 0,96, специфичность = 0,99 и AUC = 0,978 для проверочного набора данных.

### Заключение

Таким образом, результаты работы имеют как фундаментальное, так и прикладное значение. Внесен вклад в понимание молекулярных особенностей подтипа TMPRSS2-ERG РПЖ. В аспекте практического применения, предложена модель для определения принадлежности пациентов к подтипу TMPRSS2-ERG на основе транскриптомной сигнатуры.

**Ключевые слова:** рак предстательной железы, экспрессия генов, молекулярные подтипы, машинное обучение.

*Контактное лицо: Кобеляцкая Анастасия Андреевна, к.б.н., научный сотрудник лаборатории постгеномных исследований института молекулярной биологии им. В.А. Энгельгардта РАН, Москва, Россия.*

*E-mail: kaa.chel@mail.ru*

## Система поддержки принятия врачебных решений для диагностики и терапии кардиологических больных на основе цифрового двойника сердечно-сосудистой системы

А.А. Коробов, С.В. Фролов

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов

### Введение

Персонализированный подход становится центральной тенденцией при лечении кардиологических больных в палатах интенсивной терапии. Его реализация стала возможна благодаря внедрению цифровых двойников сердечно-сосудистой системы и развитию вычислительной кардиологии – междисциплинарного подхода на стыке математики, медицины и техники. Цифровые двойники системы кровообращения должны служить основой для систем поддержки принятия врачебных решений (СППВР).

### Материалы и методы

Поставлена задача оптимизации состояния системы кровообращения пациента, состоящая в поиске граничных значений её свойств (жесткость, проводимость, ненапряженный объем сосудов) и параметров миокарда, при которых введенный критерий оценки работы сердечно-сосудистой системы пациента будет минимален. Для решения задачи предложена математическая модель системы кровообращения с учетом регуляции, состоящая из управляющей части (иерархическая структура двух уровней регуляции) и объекта управления (сердце, сосуды, объем циркулирующей крови). Для реализации нижнего уровня регуляции – сердечно-сосудистого центра применяются нейронные сети прямого распространения – многослойный персептрон и разработанный алгоритм градиентного нейросетевого управления. Сердечно-сосудистая система представляется в виде последовательной цепи упругих камер, моделирующих сердце и сосуды, а также элементов сопротивления, моделирующих процесс кровотока между упругими камерами.

### Результаты

Поставлена и решена задача поиска оптимальных свойств сердечно-сосудистой системы, обеспечивающих минимальное отклонение индексов показателей состояния системы кровообращения пациента от нозологической нормы. При решении модельного примера оптимизации для среднего пациента найдены оптимальные значения проводимостей сосудов, которые должны быть выше по сравнению с текущими средними значениями

на 15-40% для обеспечения нормализации индексов сердечно-сосудистой системы – понижения их на 10-20%. Исследованы базовые параметры артериальных, венозных и микроциркулярных участков большого круга кровообращения, сосудистого участка лёгочного круга кровообращения, желудочков и аорты – динамика объёма, давления и кровотока. Исследованы фазовые петли для желудочков сердца. Разработана структура биотехнической системы, включающая диагностические приборы, цифровой двойник сердечно-сосудистой системы с регуляцией и СППВР. Разработана логико-лингвистическая модель, являющаяся основой СППВР для биотехнической системы и представляющая собой совокупность продукционных правил для выбора протокола лечения кардиологического больного.

### Заключение

Разработанная биотехническая система позволяет формировать рекомендации врачу для принятия решения о лечебных воздействиях для оптимизации функций (индексов) сердечно-сосудистой системы пациента на основе принципов математической кардиологии.

**Ключевые слова:** персонализированная медицина, вычислительная кардиология, нейронные сети, нейроуправление, цифровой двойник, сердечно-сосудистая система, регуляция кровообращения.

*Контактное лицо:* Коробов Артём Андреевич, ассистент кафедры «Биомедицинская техника» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия.

*Телефон:* +7(960)6659971

*E-mail:* korobov1991@mail.ru

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-47>

## Опыт внедрения цифровых решений в области детской онкологии и гематологии

Ф.Н. Костин<sup>1,2</sup>, А.С. Слинин<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева» Минздрава России, Москва

<sup>2</sup> ФГБНУ «Национальный НИИ общественного здоровья имени Н.А. Семашко», Москва

### Введение

Разработанная информационно-аналитическая система ФГБУ «НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева» Минздрава России предназначена для оценки качества оказания профильной медицинской помощи. Однако, с ростом объема данных, специалисты сталкиваются с проблемами обработки и анализа этой информации.

Анализ больших объемов данных имеет важное значение, так как позволяет выработать практические рекомендации и принимать управленческие решения. В данном случае, анализ данных может помочь выявить тренды, позволяющие

определить эффективность медицинской помощи и выделить области, требующие улучшений.

### Материалы и методы

Входе проведенных выездных мероприятий специалисты ФГБУ «НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева» Минздрава России осуществляли оценку качества оказываемой медицинской помощи на основе установленных критериев. В аналитических отчетах приводилась информация о состоянии оборудования и лекарственного обеспечения, квалификации медицинского персонала, доступности госпитализации и диагностических исследований, а также организации реабилитационных программ.

Аналитические отчеты послужили основой для разработки рекомендаций по улучшению состояния службы детской онкологии и гематологии. Они включали в себя предложения по модернизации оборудования, улучшению медицинского обеспечения, повышению квалификации персонала и организации межрегионального сотрудничества.

Таким образом, электронная система оценки качества оказываемой медицинской помощи, созданная специалистами отдела по работе с регионами ФГБУ «НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева» Минздрава России, позволяет анализировать и идентифицировать проблемные моменты в службе детской онкологии и гематологии в регионах Российской Федерации, а также способствует разработке эффективных мер по их устранению.

### Результаты

Разработанная электронная система, позволяет выявить слабые и сильные стороны работы медицинских учреждений, а также позволяет отслеживать динамику проведения корректирующих мероприятий. Специалисты имеют возможность оценить ее качество как на уровне региона и/или федерального округа, так и на территории всей страны.

### Заключение

Недостатки системы заключаются в том, что она не позволяет получить проверенную информацию от субъектов Российской Федерации. Это обусловлено различными параметрами и показателями, а также разной доступностью данных. Применение данных цифровых технологий в оценке качества оказания медицинской помощи – удобный и функциональный инструмент для руководства медицинской организации. В то же время разработанная система может быть полезна медицинским организациям, которые заинтересованы в повышении качества оказываемой помощи и мониторинге динамики происходящих изменений.

**Ключевые слова:** электронная система, оценка качества медицинской помощи, детская онкология, гематология, организация здравоохранения.

*Контактное лицо:* Костин Филипп Николаевич, заведующий отделом телемедицинских технологий ФГБУ «НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева» Минздрава России, Москва, Россия.

*Телефон:* +7 (999)-860-83-30

*E-mail:* filipp.kostin@fcho-moscow.ru



<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-48>

## Организация телеконсультаций

К. А. Кошечкин, В.М. Воронов

Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова, Москва, Россия, koshechkin\_k\_a@staff.sechenov.ru (<http://orcid.org/0000-0001-7309-2215>), voronov\_v\_m@student.sechenov.ru

### Аннотация

В развивающихся странах медицинские ресурсы ограничены, и телемедицинские приложения становятся ключевым инструментом для обеспечения доступного и эффективного медицинского обслуживания. Эти приложения помогают в ситуациях, когда специалисты недоступны, население проживает в отдаленных местах, где оказание медицинской помощи затруднено, а численность врачей недостаточна по отношению к населению. Требования к телемедицинским приложениям для развивающихся стран выше, чем для развитых, и успешное применение телемедицины требует учета дополнительных социальных, организационных и технических аспектов, а также наличия соответствующей инфраструктуры и высококвалифицированных медицинских специалистов.

## Organization of Teleconsultations

K.A. Koshechkin, V.M. Voronov

Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), koshechkin\_k\_a@staff.sechenov.ru (<http://orcid.org/0000-0001-7309-2215>), voronov\_v\_m@student.sechenov.ru

### Annotation

In developing countries, medical resources are limited, and telemedicine applications have become a key tool for providing accessible and effective healthcare. These applications help in situations where specialists are inaccessible, the population lives in remote areas where access to medical care is difficult, and the number of doctors is insufficient relative to the population. The requirements for telemedicine applications in developing countries are higher than in developed countries, and successful implementation of telemedicine requires consideration of additional social, organizational, and technical aspects, as well as the availability of appropriate infrastructure and highly qualified medical professionals.

### Введение

В современном мире использование технологий меняет нашу жизнь во многих отношениях, в том числе и в медицине. Телемедицина – одна из таких технологий, которая предоставляет возможность проведения консультаций, дистанционного мониторинга и обучения врачей, а также предоставления специальной медицинской информации пациентам, используя удаленную связь

и технические средства. Телемедицина является актуальной темой в медицинском сообществе и вопрос ее организации становится все более важным.

В данной статье мы рассмотрим организационные аспекты телемедицины, включая определение понятия, ее преимущества, основные шаги для ее организации, примеры успешной практики, а также препятствия и ограничения, с которыми сталкиваются организаторы телемедицинских услуг, и возможные пути их преодоления.

### Материалы и методы

Для написания данного обзора был проведен поиск научных статей в базах данных PubMed и Google Scholar с использованием ключевых слов телемедицина, телеконсультации, организация телеконсультаций, правовая база телеконсультаций. Отобраны были только научные исследования, опубликованные в последние 10 лет, на английском и русском языках.

Обсуждение. Существует множество определенных термина «телемедицина». По результату исследования (Sanjay P et al., 2007) было выявлено 104 определения данного понятия. [1]. Однако утвержденное в 1997 году Всемирной организацией здравоохранения играет ключевую юридическую роль:

«Предоставление услуг здравоохранения в условиях, когда расстояние является критическим фактором, работниками здравоохранения, использующими информационнокоммуникационные технологии для обмена необходимой информацией в целях диагностики, лечения и профилактики заболеваний и травм, проведения исследований и оценок, а также для непрерывного образования медицинских работников в интересах улучшения здоровья населения и развития местных сообществ» [2].

Существуют следующие направления (виды) телемедицины:

Телемедицинские консультации. Телемедицинские консультации – это форма оказания медицинской помощи, при которой врач и пациент находятся на расстоянии друг от друга и взаимодействуют с помощью телекоммуникационных технологий. Телемедицинские консультации могут проводиться в режиме реального времени, например, через видеосвязь, или в асинхронном режиме, когда пациент отправляет врачу результаты анализов или описание своих симптомов по электронной почте или в специальном приложении. Телемедицинские консультации позволяют улучшить доступность и качество медицинской помощи, особенно для пациентов, которые находятся в отдаленных или труднодоступных местах, а также для людей с ограниченными возможностями передвижения. [3].

Отложенные телеконсультации. Отложенные телеконсультации – это форма телемедицинской консультации, при которой врач и пациент

не взаимодействуют в режиме реального времени, а взаимодействие происходит через систему электронных сообщений. В этом случае пациент может отправить врачу свои медицинские данные, например, результаты анализов или фотографии ран или других проблемных участков кожи, после чего врач обрабатывает полученную информацию и отправляет обратную связь, например, рекомендации по лечению. Отложенные телеконсультации могут быть полезны в тех случаях, когда врач или пациент находятся в разных часовых поясах, а также для пациентов, которые не могут посетить врача лично [4].

Консультации в режиме реального времени. Консультации в режиме реального времени – это форма телемедицинской консультации, при которой врач и пациент находятся в разных местах, но взаимодействуют между собой через телекоммуникационные технологии в режиме реального времени. Такие консультации могут проводиться через видеосвязь, аудио- и текстовые сообщения, а также другие специализированные технологии, позволяющие передавать данные в реальном времени. Консультации в режиме реального времени позволяют врачу наблюдать за пациентом, задавать вопросы и получать ответы на них, проводить визуальный осмотр и назначать лечение в онлайн-режиме. [5]. Это удобно для пациентов, которые не могут посетить врача лично, например, из-за удаленности места жительства, или для тех случаев, когда требуется быстрое и эффективное решение медицинской проблемы. Телемедицинские системы позволяют организовать диалог с врачом-экспертом (видеоконференцию) на любом расстоянии и передать практически всю необходимую для квалифицированного заключения медицинскую информацию (выписки из истории болезни, рентгенограммы, компьютерные томограммы, снимки УЗИ и т. д.).

Телеобучение. Телеобучение – это форма обучения, при которой обучающийся и преподаватель находятся в разных местах, но взаимодействуют между собой через телекоммуникационные технологии. Такая форма обучения позволяет получать знания и навыки без необходимости физического присутствия в учебной аудитории. Телеобучение может осуществляться через видеоконференции, вебинары, электронную почту, онлайн-курсы и другие специализированные платформы. Телеобучение может быть полезным для тех, кто не может посещать учебные заведения из-за удаленности места жительства или занятости, а также для тех, кто хочет получить образование в сферах, которые не представлены в их регионе. Также телеобучение может быть эффективным для повышения квалификации работников в различных сферах деятельности, таких как медицина, бизнес, технологии и др. [6].

Трансляция хирургических операций. Трансляция хирургических операций – это форма телемедицины, при которой хирургическая операция проходит в присутствии врачей-специалистов, которые находятся в другом месте и наблюдают за процессом операции через телекоммуникационные технологии в режиме реального времени. [7]. Такая форма телемедицины может быть полезна для обмена опытом между врачами, повышения квалификации и обучения студентов медицинских учебных заведений. Также трансляция хирургических операций может быть использована для консультации врачей-экспертов, которые находятся в другом месте и могут оказывать помощь и советы в реальном времени. Однако следует отметить, что для проведения трансляции хирургических операций необходимо соблюдать высокие стандарты безопасности и конфиденциальности, чтобы защитить персональные данные пациентов и предотвратить возможные риски, связанные с передачей медицинской информации.

Мобильные телемедицинские комплексы. Мобильные телемедицинские комплексы

(МТК) – это специальные медицинские устройства, которые могут использоваться для предоставления медицинской помощи в удаленных или труднодоступных местах, где нет доступа к обычным медицинским учреждениям. МТК обычно включает в себя мобильный медицинский центр, который оснащен необходимым оборудованием и технологиями для диагностики, лечения и мониторинга пациентов. Также МТК может включать в себя телекоммуникационное оборудование для связи с удаленными медицинскими центрами, чтобы получать консультации специалистов или передавать результаты обследования. Мобильные телемедицинские комплексы могут использоваться в различных областях медицины, например, в экстренной медицине, реабилитации, профилактике заболеваний и мониторинге здоровья населения в удаленных районах. Они могут быть особенно полезны для стран с недостаточно развитой инфраструктурой здравоохранения, где доступ к медицинской помощи ограничен. [8]

Системы дистанционного биомониторинга. Системы дистанционного биомониторинга представляют собой медицинские устройства и программы, которые используются для сбора, анализа и передачи данных о здоровье пациента в режиме реального времени из любой точки мира. Они позволяют наблюдать за состоянием пациента в домашних условиях и мониторить показатели его физиологических функций, таких как сердечный ритм, давление, уровень кислорода в крови и другие. Системы дистанционного биомониторинга могут использоваться для наблюдения за пациентами с хроническими заболеваниями, а также для мониторинга состояния пациентов после

операций или в период реабилитации. Это позволяет улучшить качество медицинской помощи, снизить количество посещений больниц и поликлиник, а также повысить удобство и комфорт для пациентов, позволяя им оставаться дома и получать необходимую медицинскую помощь. [9]

**Домашняя телемедицина.** Домашняя телемедицина – это система медицинского обслуживания, которая позволяет пациентам получать медицинскую помощь и консультации в домашних условиях, используя технологии связи и информационных технологий. С помощью домашней телемедицины пациенты могут получать консультации в режиме реального времени от врачей и медицинских специалистов, а также передавать данные о своем состоянии здоровья, например, показатели давления, сердечного ритма и т.д. [10] Домашняя телемедицина может быть особенно полезной для пациентов с хроническими заболеваниями, такими как диабет, астма, болезнь Паркинсона, сердечно-сосудистые заболевания и другие. Она может также быть использована для мониторинга состояния пациентов после операций или в период реабилитации.

Телемедицина имеет ряд преимуществ перед традиционной медициной, включая:

1. **Доступность.** Телемедицинские технологии позволяют получать медицинскую помощь из любого места, где есть доступ к Интернету, что особенно важно для пациентов, проживающих в удаленных или труднодоступных районах.

2. **Удобство.** Телемедицина позволяет получать медицинскую помощь без необходимости посещать медицинские учреждения, что сокращает время и затраты на поездки и уменьшает риски передачи инфекций.

3. **Эффективность.** Телемедицинские технологии позволяют быстро получать результаты обследований и анализов, а также обмениваться медицинской информацией между врачами, что улучшает качество диагностики и лечения.

4. **Экономическая выгода.** Телемедицина может снизить затраты на медицинскую помощь благодаря сокращению необходимости визитов к врачам, а также сокращению времени госпитализации и издержек на транспортировку пациентов.

5. **Улучшение качества жизни.** Телемедицина позволяет пациентам получать своевременную и эффективную медицинскую помощь, что может привести к более быстрому выздоровлению и улучшению качества жизни. [11]

Также телемедицина может быть полезна для врачей и медицинских учреждений, улучшая координацию медицинской помощи, облегчая доступ к медицинским данным и обучающим ресурсам, а также улучшая коммуникацию между медицинскими специалистами. [12]

Телемедицина также экономически выгодна благодаря сокращению затрат на медицинскую

помощь и улучшению управления здравоохранением. Она может снизить затраты на медицинскую помощь благодаря сокращению необходимости визитов к врачам, а также сокращению времени госпитализации и издержек на транспортировку пациентов. И наконец, телемедицина улучшает качество жизни, предоставляя пациентам своевременную и эффективную медицинскую помощь, что может привести к более быстрому выздоровлению и улучшению качества жизни.

Организация телемедицинских услуг является сложным процессом, включающим несколько важных шагов. В первую очередь необходимо определить цели и задачи телемедицинского проекта, которые могут варьироваться в зависимости от конкретной ситуации. Далее необходимо провести оценку технических возможностей, а также выбрать подходящую платформу и провайдера для реализации проекта. Важным этапом является обучение медицинских работников, которые будут участвовать в оказании телемедицинских услуг. Разработка процедур и правил также является неотъемлемой частью организации телемедицинских услуг. Система безопасности является ключевым аспектом организации телемедицинских услуг. Необходимо обеспечить безопасность передачи, хранения и обработки конфиденциальных данных пациентов. Также важно разработать мониторинг и оценку эффективности телемедицинских услуг.

Наконец, повышение осведомленности пациентов о телемедицинских услугах является не менее важным шагом. Для этого необходимо проводить информационные кампании и обучать пациентов использованию телемедицинских услуг. Повышение осведомленности пациентов о телемедицинских услугах является важным аспектом успешной организации и распространения телемедицины. Для достижения этой цели необходимо проводить информационные кампании, которые помогут расширить знания пациентов о преимуществах телемедицины и об услугах, которые она предоставляет. В рамках информационных кампаний необходимо обращать внимание на доступность и удобство использования телемедицинских услуг. Важно также предоставлять информацию о безопасности и конфиденциальности пациентских данных, что поможет уменьшить возможные опасения у пациентов. Обучение пациентов использованию телемедицинских услуг также является важным аспектом повышения их осведомленности. Для этого могут использоваться различные методы, включая проведение вебинаров и обучающих программ, создание видео-инструкций и оказание поддержки по телефону. В целом, повышение осведомленности пациентов о телемедицинских услугах может способствовать увеличению числа людей, которые обращаются за медицинской помощью, а также повысить уровень удовлетворенности пациентов от услуг, предоставляемых телемедициной. [13]

Не менее важным аспектом являются юридические аспекты организации телемедицинских консультаций. Порядок организации и оказания медицинской помощи с применением телемедицинских технологий регламентирован следующими федеральными и областными нормативно-правовыми актами:

- частью 1 статьи 36.2 Федерального закона от 21 ноября 2011 года N 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации»;

- Федеральным законом от 29.07.2017 N 242-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам применения информационных технологий в сфере охраны здоровья»;

- приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации от 30.11.2017 № 965н «Об утверждении порядка организации и оказания медицинской помощи с применением телемедицинских технологий»;

- приказом Министерства здравоохранения Свердловской области от 11.02.2015 № 141-п (ред. от 28.01.2016) «О Порядке оказания врачебных консультаций с использованием телемедицины в рамках Территориальной программы государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи в Свердловской области»

Для проведения телемедицинских консультаций используется сокращенный вариант электронной истории болезни, который включает в себя визуальные данные и краткую выписку о состоянии пациента. Основными элементами этой электронной истории болезни являются визуальные данные, такие как рентгенограммы, клинические фотографии, компьютерные томограммы и другие, а также выписка, которая содержит краткую информацию о состоянии пациента на момент консультации. Основные разделы ЭИБ для телемедицинской консультации (ТМК):

- короткий эпикриз;
- подробный локальный статус с визуализирующими данными;
- поясняющие данные;
- дополнительные данные.

Для проведения телемедицинской консультации необходимо преобразовать всю медицинскую информацию, включая текст эпикриза, рентгенограммы, клинические анализы и т.д., в цифровой формат. Это может быть осуществлено при первоначальном получении результатов визуализирующих методов обследования с использованием компьютеризированной диагностической аппаратуры или при сканировании или цифровой фотосъемке результатов визуализирующих методов обследования с носителей, таких как бумага или фотопленка.

В оцифрованном виде представляются:

- вспомогательные данные (видеосъемка пациента, клинические фотографии,);

- основные данные (сонограммы, рентгенограммы, томограммы и т.д.);

- поясняющие данные (рисунки).

- диагностические данные (электрограммы – ЭКГ, ЭЭГ). [14]

Таким образом, организация телемедицинских предприятий в РФ регулируется законодательством, которое устанавливает требования к оказанию медицинских услуг с использованием телекоммуникационных технологий.

Основным законом, регулирующим телемедицину в РФ, является Федеральный закон от 21 ноября 2011 года № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации», который устанавливает правила и требования к оказанию медицинской помощи с использованием телемедицинских технологий. Организация телемедицинских предприятий требует соблюдения ряда юридических условий, включая регистрацию юридического лица в соответствии с законодательством РФ, получение всех необходимых разрешений и лицензий на оказание медицинских услуг, а также соблюдение правил защиты персональных данных пациентов. Кроме того, необходимо учитывать, что в РФ установлены ограничения на использование телемедицинских технологий в отношении некоторых видов медицинской помощи, в том числе, например, при проведении операций. В связи с этим, при организации телемедицинских предприятий необходимо учитывать все юридические ограничения и требования, чтобы предоставляемые услуги соответствовали законодательству РФ.

Существует множество примеров успешной организации телемедицины по всему миру. В России телемедицинские услуги используются для консультаций с участковыми врачами и диагностики на удаленных территориях. Примеры успешной организации телемедицины показывают ее значимость для обеспечения доступности и качества медицинской помощи. В 2014 году провели исследование о том, как использование телемедицинских технологий может помочь в проведении диспансеризации населения в отдаленных районах Ханты-Мансийского автономного округа. Сравнивали две стратегии проведения диспансеризации: с использованием телемедицинского комплекса и без него. С помощью медико-экономической модели было проведено исследование затрат и выгоды, чтобы выявить дополнительные объемы финансирования медицинских организаций из фонда ОМС. Результаты исследования показали, что использование телемедицинского комплекса для проведения диспансеризации взрослых пациентов, живущих на удаленной территории, позволяет охватить медицинской помощью больше людей и вернуть затраты на приобретение комплекса менее, чем за 1,5 года. [15]

В Японии в 2016 году было проведено исследование экономической эффективности различных технологий телемедицины. В ходе исследования были отобраны 17 работ, из которых 6 изучали удаленные консультации между медицинскими специалистами, а остальные исследования касались удаленного доступа пациентов к медицинским работникам. В исследованиях использовались различные методы оценки, включая анализ «затраты-полезность», анализ минимизации затрат и расчет готовности к оплате телемедицинских услуг. Результаты показали, что все изученные технологии телемедицины экономически целесообразны. Однако, не все исследования проводили анализ чувствительности результатов к вариативности значений исходных параметров, и отсутствие стандартизированной методики анализа медицинских технологий снижает достоверность и репрезентативность результатов. [16] Американская ассоциация телемедицины (АТА) в США работает над повышением качества, доступности и равноценности здравоохранения по всему миру с помощью развития телемедицины. Они представляют несколько программ телемедицины, включая первичную медицинскую помощь, дистанционный мониторинг клинических показателей, консультирование пациентов и дистанционное обучение медицинского персонала. Телемедицина успешно интегрируется в систему здравоохранения в США, и с 1 января 2018 г. государственная программа медицинского страхования Medicare будет покрывать затраты на дистанционный мониторинг пациентов с хроническими заболеваниями. [17]

Организация телемедицинских услуг сталкивается с рядом препятствий и ограничений. Одной из главных проблем является недостаточность инфраструктуры и доступа к технологиям телемедицины в отдаленных и сельских районах. Нередко в таких районах отсутствуют необходимые средства связи, медицинская техника и квалифицированные специалисты. Другой проблемой является отсутствие регулирующей базы и юридических механизмов, которые бы стимулировали развитие телемедицины и обеспечивали защиту данных пациентов. Для преодоления этих препятствий организаторы телемедицинских услуг должны уделить внимание развитию инфраструктуры и доступности технологий в отдаленных и сельских районах, а также сотрудничать с медицинскими учреждениями и врачами, чтобы оказать помощь в решении технических проблем. Также важно разработать и внедрить регулирующие механизмы, которые бы обеспечивали защиту данных пациентов и стимулировали развитие телемедицины. Не менее важным является обучение медицинского персонала и пациентов, чтобы повысить осведомленность об услугах телемедицины и их возможностях.

Кроме того, некоторые медицинские учреждения и врачи сталкиваются с техническими проблемами

при внедрении телемедицинских услуг, такими как недостаточно быстрые интернет-соединения, несовместимость оборудования и программного обеспечения, недостаточная квалификация персонала для работы с техникой и программами. [18] В России продолжается работа по внедрению и развитию телемедицинских технологий, однако все еще существуют факторы, которые могут препятствовать их широкому распространению. Эти факторы включают в себя хронический недостаток финансирования медицинской отрасли, высокую стоимость необходимой аппаратуры как для врачей, так и для пациентов, а также проблемы с охраной интеллектуальной собственности. [19]

Для преодоления препятствий в организации телемедицинских услуг можно использовать ряд методов и практик, например:

- Использование бюджетных средств и грантовых программ для финансирования телемедицинских проектов и приобретения необходимой техники;
- Разработка и внедрение новых технологий, которые могут уменьшить стоимость аппаратуры и упростить ее использование;
- Повышение осведомленности и обучение медицинских работников и пациентов в области телемедицины, что поможет повысить их уверенность и готовность использовать новые технологии;
- Разработка и внедрение системы охраны интеллектуальной собственности, что может привлечь внимание инвесторов и разработчиков новых телемедицинских технологий;
- Взаимодействие с государственными органами и организациями для разработки и внедрения правовых и нормативных актов, регулирующих организацию телемедицинских услуг в РФ.

Закключение. Телемедицина – это важная и перспективная отрасль здравоохранения, позволяющая предоставлять медицинские услуги на удаленные. Преимущества телемедицины включают более широкий доступ к медицинской помощи, улучшение качества медицинского обслуживания, снижение затрат и повышение эффективности лечения.

Для успешной организации телемедицинских услуг необходимы определенные шаги, включая определение целей и задач, оценку технических возможностей, выбор платформы и провайдера, обучение медицинских работников, разработку процедур, развитие системы безопасности, мониторинг и оценку, и повышение осведомленности пациентов. Однако, для организации телемедицинских услуг могут возникать препятствия, такие как недостаточное финансирование, высокая стоимость оборудования и проблемы с охраной интеллектуальной собственности.

В целом, телемедицина является важным направлением развития здравоохранения, позволяющим улучшить качество медицинского обслуживания и расширить доступ к нему. Несмотря на препятствия,



существующие при организации телемедицинских услуг, на сегодняшний день существует ряд технологий и методов, позволяющих преодолеть эти проблемы и обеспечить более эффективную организацию телемедицинских услуг.

**Ключевые слова:** телемедицина, телеконсультации, организация телеконсультаций, правовая база телеконсультаций.

**Keywords:** telemedicine, teleconsultations, organization of teleconsultations, legal framework for teleconsultations.

#### Литература

1. Sood SP, et al. Differences in public and private sector adoption of telemedicine: Indian case study for sectoral adoption. *Studies in Health Technology and Informatics*, 2007, 130:257–268.

2. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data Telemedicine: opportunities and developments in Member States: report on the second global survey on eHealth 2009. (Global Observatory for eHealth Series, 2) 1.Telemedicine. 2.Medical informatics. 3.Information technology. 4.Technology transfer. 5.Needs assessment. 6.Data collection. I.WHO Global Observatory for eHealth. ISBN 978 92 4 456414 1 (NLM classification: W 26.5) ISSN 23069627

3. Владзимирский А.В. Эффективность телемедицинских консультаций «пациент-врач»: status praesens // Журнал телемедицины и электронного здравоохранения. 2018. №3 (8). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-telemeditsinskih-konsultatsiy-patsientvrach-status-praesens>.

4. Акулин И.М., Чеснокова Е.А., Пресняков Р.А., Прядко А.Е., Зими́на Е.И., Гурьянова Н.Е. ПОРЯДОК ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ТЕЛЕМЕДИЦИНСКИХ КОНСУЛЬТАЦИЙ В СУБЪЕКТАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ // Врач и информационные технологии. 2020. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/poryadok-osuschestvleniya-telemeditsinskih-konsultatsiy-v-subektah-rossiyskoy-federatsii>

5. ТЕЛЕМЕДИЦИНСКИЕ КОНСУЛЬТАЦИИ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ КАК ИННОВАЦИОННАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ Жерносек В.Ф., Дюбкова Т.П. ГУ О «Белорусская медицинская академия последипломного образования», Минск; Белорусский государственный университет, Минск.

6. Иван Николаевич Секов Что такое телемедицина? // Наука и техника в Якутии. 2004. №1 (6). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/chto-takoe-telemeditsina>.

7. Железнякова И.А., Хелисупали Т.А., Омеляновский В.В., Тишкина С.Н. Анализ возможности применения зарубежного опыта оказания телемедицинских услуг в

Российской Федерации. *Медицинские технологии. Оценка и выбор.* 2020;(2):26–34. Zheleznyakova IA, Khelisupali TA, Omelyanovskiy VV, Tishkina SN. Application of foreign experience of telemedicine services in the Russian Federation.

*Medical Technologies. Assessment and Choice.* 2020;(2):26–34. (In Russ.) <https://doi.org/10.17116/medtech20204002126>

8. Камаев Игорь Александрович, Орлов Олег Игоревич, Леванов Владимир Михайлович, Переведенцев Олег Викторович, Сергеев Дмитрий Викторович Возможности и перспективы применения мобильных телемедицинских комплексов в профилактических программах // Медицинский альманах. 2013. №2 (26). URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/vozmozhnosti-i-perspektivy-primeneniya-mobilnyhtelemeditsinskih-kompleksov-v-profilakticheskikh-programmah>.

9. Морозов В.В., Серяпина Ю.В., Бессмельцев В.П., Слуев В.А., Кравченко Ю.Л. Опыт дистанционного мониторинга жизнедеятельности человека // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. ; URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=16103>

10. Казаков В.Н., Климовицкий В.Г., Владзимирский А.В. Телемедицина.–Донецк: Типография ООО «Норд», 2002. – 100 с. ISBN 966-556-010-7

11. <https://www.who.int/europe/ru/news/item/31-10-2022-telemedicine-has-clear-benefits-for-patients-in-european-countries--new-study-shows>

12. Craig J, Patterson V. Introduction to the practice of telemedicine. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 2005, 11(1):3–9.

13. Медведева Елена Ильинична, Александрова Ольга Аркадьевна, Крошили́н Сергей Викторович ТЕЛЕМЕДИЦИНА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ: ОТНОШЕНИЕ СОЦИУМА И ВЕКТОР РАЗВИТИЯ // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2022. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/telemeditsina-v-sovremennyh-usloviyah-otnoshenie-sotsiuma-i-vektor-razvitiya>

14. РЕКОМЕНДУЕМЫЙ СОСТАВ И ФОРМАТ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ДОКУМЕНТОВ ДЛЯ ТЕЛЕМЕДИЦИНСКОГО КОНСУЛЬТИРОВАНИЯ <https://docs.cntd.ru/document/430658594/titles/APIL50>

15. Лемешко В.А., Тепцова Т.С. Телемедицина: здравоохранение делает шаг в будущее // Медицинские технологии. Оценка и выбор. 2017. №4 (30). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/telemeditsina-zdravoohranenie-delaet-shag-v-budushee>

16. Akiyama M., Yoo B. K. A Systematic Review of the Economic Evaluation of Telemedicine in Japan. *J Prev Med Public Health.* 2016 Jul; 49(4): 183–96, doi: 10.3961/jpmph.16.043

17. American Telemedicine Association Advocacy Initiatives Result in New Medicare Coverage for Chronic Condition Monitoring. URL: <https://thesource.americantelemed.org/blogs/jessica-washington/2017/11/06/american-telemedicine-association-advocacy-initiatives-result-in-new-medicare-coverage-for-chronic-condition-monitoring>



18. Федоров В. Ф., Столяр В. Л. Проблемы Российской телемедицины и пути их решения (краткая экспертная оценка) // Врач и информационные технологии. 2008. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-rossiyskoy-telemeditsiny-i-puti-ih-resheniyakratkaya-ekspertnaya-otsenka> (дата обращения: 25.04.2023). Ftouni R, AlJardali B, Hamdanieh M, Ftouni L, Salem N. Challenges of Telemedicine during the COVID-19 pandemic: a systematic review. BMC Med Inform Decis Mak. 2022 Aug 3;22(1):207. doi: 10.1186/s12911-022-01952-0. PMID: 35922817; PMCID: PMC9351100.

19. ТЕЛЕМЕДИЦИНА.RU. Первое профильное СМИ. URL: <https://telemedicina.ru/>

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-49>

## Роль электронных нейросетей в гнойной хирургии верхней конечности

Ю.В. Красенков, В.К. Татьяначенко, М.Ю. Терехов,  
А.В. Эдилов

ФГБОУ ВО РостГМУ Минздрава России, Ростов-на-Дону

### Введение

За последний год в нашу жизнь стремительно вошли электронные нейросети, большая часть их деятельности посвящена исключительно развлекательному контенту, основываясь на принципах их работы нами было принято решение создать серию нейросетей «Атаман» для молодых специалистов хирургического профиля.

Цель работы: Обосновать необходимость внедрения электронных нейросетей в медицинскую практику отделений гнойной хирургии России.

### Материалы и методы

Нейросеть «Атаман» создана на основе «GPTchat». На данном этапе работы в базу данных нейросети был внесен результат лечения 134 человек с флегмонами верхней конечности (сегменты: плечо, предплечье), лечение которых проходило на базе отделения гнойной хирургии ГБУ РО «ГБСМП» в г.Ростове-на-Дону. Данные которые учитываются в сети: возраст, гендер, конституция, сопутствующая патология пациентов, длительность заболевания в целом до момента госпитализации, лабораторные показатели, данные полученные инструментальным путем (уровни тканевого давления в пораженных сегментах конечностей), фазы раневого процесса, осложнения, данных болевых проявления по ВАШ, качество жизни пациента в различные периоды лечения и реабилитации по SF-36.

### Результаты

В работу были внесены все имеющиеся результаты исследования 134 больных от анамнеза заболевания до результатов отдаленного мониторинга

через 12 месяцев после выписки. Общая длительность работы составила 68 дней. Сложностью являлось большое количество информации для ввода, строительство «мыслительного маршрута» нейросети для фиксации внимания на основных данных. Одной из положительных сторон использования нейросетей в данной области является их способность анализировать большие объемы данных и выявлять скрытые паттерны и зависимости. Так например, нами были внесены в обучение сети данные об эффективности диагностики, лечения и профилактики компартмент-синдрома и тканевой гипертензии у пациентов с флегмоной верхней конечности (сегменты плечо и предплечье) основанные на статистически достоверных результатах. В настоящий момент ведется динамичное расширение базы знаний нейросети с целью улучшения ее чувствительности. С помощью нейросетей возможно обрабатывать и анализировать информацию о пациентах, их истории болезни, результаты лабораторных исследований, а также данные об операциях и послеоперационном периоде. Это позволяет установить связи между различными факторами и предсказывать, какие пациенты склонны к осложнениям и какими методами лечения можно достичь наилучших результатов.

«Атаман» описывает возможные сценарии течения болезни пациента, возможность развития компартмент синдрома, и вероятность его скрытого присутствия без проведения манометрии.

Отрицательным моментом является то, что на данном этапе нейросеть принимает только текстовую информацию, которую должен внести резидент, нет возможности проводить анализ по фотографиям. Длительность заполнения опросника «Атамана» составляет около 10 минут, анализ занимает около 3-15 минут.

### Заключение

Таким образом, использование нейросетей в практике хирурга, занимающегося проблемами гнойной патологии мягких тканей, имеет множество положительных сторон. Они обеспечивают анализ больших объемов данных, выявление паттернов и предсказание результатов лечения. Последующий анализ результатов пациентов прошлого позволяет улучшить лечение будущих и настоящих пациентов, повышая эффективность и качество хирургической практики.

**Ключевые слова:** нейросети, флегмона, тканевое давление.

*Контактное лицо: Красенков Юрий Викторович, доцент кафедры оперативной хирургии, клинической анатомии и патологической анатомии ФГБОУ ВО РостГМУ Минздрава России, Ростов-на-Дону, Россия.*

*Телефон: +7 (989)-707-75-39*

*E-mail: braun077@mail.ru*

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-50>

## Актуальность включения вчсрб в модели оценки сердечно-сосудистого риска у работающих во вредных условиях труда

Л.П. Кузьмина, А.Г. Хотулева, М.М. Коляскина,  
Н.А. Анварул

ФГБНУ «НИИ МТ», Москва

### Введение

В моделях прогнозирования сердечно-сосудистого риска из лабораторных маркеров наиболее широко используются биохимические показатели, которые являются субклиническими индикаторами патологических процессов. Кроме показателей липидного обмена все больше исследований демонстрируют значимость оценки активности воспалительного процесса в прогнозировании сердечно-сосудистых событий, что особенно актуально при работе с вредными производственными факторами, которые оказывают неблагоприятное воздействие на сердечно-сосудистую систему и потенцируют воспалительный процесс.

### Материалы и методы

Проанализированы данные обследования 7184 мужчин, работающих во вредных условиях труда, без сердечно-сосудистой патологии (кроме гипертонической болезни 1-2 степени 1 стадии), без эндокринных и онкологических заболеваний, без патологий, ассоциированных с активным воспалительным процессом (у всех обследованных уровень вчсрб < 5 мг/л) в возрасте 40-69 лет (средний возраст 52,0±6,7 лет). Лабораторное обследование включало исследование показателей углеводного (глюкоза, HbA1c), липидного (ХС, ХС-ЛПВП, ХС-ЛПНП, ТГ) обменов и вчсрб.

Результаты. Распределение обследованных лиц по уровню вчсрб составило: ≤ 1,0 мг/л – 17,0%, 1,1-1,9 мг/л – 34,2%, 2,0-2,9 мг/л – 25,3%, ≥ 3,0 мг/л – 23,5%. При этом уже при уровне вчсрб 1,1-1,9 мг/л достоверно чаще выявлялись метаболические нарушения по сравнению с обследованными с вчсрб ≤ 1,0 мг/л. Учитывая наличия взаимосвязей уровня вчсрб с наличием классических факторов риска сердечно-сосудистой патологии (курение, ожирение, артериальная гипертония, гипергликемия, гиперхолестеринемия), при исключении из анализа лиц с данными факторами риска у 446 обследованных уровень вчсрб составлял 1,1-1,9 мг/л – в 39,7%, 2,0-2,9 мг/л – в 14,6%, ≥ 3,0 мг/л – в 10,1%.

### Заключение

Показатель вчсрб дополняет прогностическую информацию для оценки риска сердечно-сосудистой патологии, которую дают традиционные факторы риска, что определяет актуальность

включения данного показателя в модели персонализированной оценки кардиориска у работающих во вредных условиях труда.

**Ключевые слова:** С-реактивный белок, оценка сердечно-сосудистого риска, вредные производственные факторы

*Контактное лицо:* Хотулева Анастасия Григорьевна, старший научный сотрудник лаборатории медико-биологических исследований ФГБНУ «НИИ МТ», Москва, Россия

Телефон: +7(495)365-59-41

E-mail: hotuleva\_an@mail.ru

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-51>

## Использование методов машинного обучения для раннего выявления рака яичника: от метаболомного профиля биологических жидкостей к малоинвазивным транскриптомным маркерам

Д.С. Кутилин, О.Н. Гуськова

ФГБУ «НМИЦ онкологии» Минздрава России, Ростов-на-Дону

### Введение

Актуальной задачей онкогинекологии является поиск биомаркеров ранней диагностики рака яичников (РЯ). Метаболомное профилирование методом ультра-высокоэффективной жидкостной хроматографии и масс-спектрометрии (УВЭЖХ-МС) позволяет получить информацию о совокупности всех низкомолекулярных метаболитов биологических жидкостей пациента, отражающих протекающие в организме процессы. А выявленные метаболиты могут стать потенциальными маркерами заболевания. Однако, метод УВЭЖХ-МС доступен далеко не во всех учреждениях здравоохранения. Соответственно интерес исследователей в последние 10 лет был направлен на изучение потенциала генетических, эпигенетических и транскриптомных маркеров РЯ. В случае последних (а, именно, микроРНК) достигнуты значительные результаты, но не один из этих маркеров так и не вошел в клиническую практику. Поэтому целью исследования стало выявление новых потенциальных не инвазивных молекулярных маркеров РЯ с использованием омиксных технологий: метаболомного профилирования, биоинформационного анализа и транскриптомного профилирования.

### Материалы и методы

Вработу было включено 100 пациенток РЯ (серозная аденокарцинома) и 35 условно здоровых добровольцев (контрольная группа). Для анализа собиралась первая утренняя моча, которая обрабатывалась по стандартному протоколу для метаболомного

анализа (в т.ч. белки осаждались смесью ацетонитрила и метанола). Разделение метаболитов проводили на хроматографе Vanquish Flex UHPLC System, сопряженным с масс-спектрометром Orbitrap Exploris 480. Анализ метаболитов проводили с использованием ПО Compound Discoverer Software и KEGG PATHWAY Database. Поиск генов-регуляторов метаболитов и микроРНК регуляторов генов осуществляли с использованием метода машинного обучения Random forest, который сочетает в себе методы бэггинга Бреймана и случайных подмножеств. Результатом модели Random forest является предсказанная вероятность того, что целевой ген или микро-РНК является истинным регулятором конкретного метаболита. Выделение тотальной РНК производили с помощью набора RNeasy Plus Universal Kits. Уровень транскриптов микроРНК в моче определяли методом ПЦР-РВ. Для оценки различий использовали критерий Манна-Уитни с поправкой Бонферрони. Анализ данных осуществляли на языке Python.

### Результаты

С помощью УВЭЖХ-МС в моче обследуемых было идентифицировано 438 наименования метаболитов. У больных раком яичника 26 соединений имели аномальную концентрацию по сравнению с контрольной группой (жирные кислоты и их производные, ацилкарнитины, фосфолипиды, аминокислоты и их производных, производные азотистых оснований и стероиды). С использованием метода Random forest были установлены взаимосвязи метаболит-ген регулятор (47 генов) и метаболит-микро-РНК регулятор (613 уникальных микро-РНК). Выявленные микро-РНК (сохраняют стабильность в моче) валидировали методом ПЦР-РВ. Обнаружено изменения уровня транскриптов микроРНК miR-33b-5p, miR-423-5p, miR-6843-3p, miR-4668-3p, miR-30c-5p, miR-6743-5p, miR-4742-5p, miR-1207-5p и miR-17-5p в моче пациенток с РЯ относительно контрольной группы.

### Заключение

С использованием омиксных технологий (метаболомного профилирования, биоинформационного анализа и транскриптомного профилирования) в моче пациенток с РЯ выявлен аномальный уровень транскриптов микроРНК miR-33b-5p, miR-423-5p, miR-6843-3p, miR-4668-3p, miR-30c-5p, miR-6743-5p, miR-4742-5p, miR-1207-5p и miR-17-5p. Эти микроРНК имеют потенциал в качестве неинвазивных маркеров РЯ.

*Контактное лицо: Кутилин Денис Сергеевич, ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярной онкологии ФГБУ «НМИЦ онкологии» Минздрава России,*

*Телефон: +7 (951)-538-50-39*

*E-mail: k.denees@yandex.ru*

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-52>

## К построению метамоделей для определения оптимального шунтирования на основе методов вычислительной гидродинамики и машинного обучения

А.Г. Кучумов<sup>1,2</sup>, О.В. Дорошенко<sup>1</sup>, М.В. Голуб<sup>1</sup>,  
И.О. Ракишева<sup>2</sup>, Р.М. Шехмаметьев<sup>3</sup>, Н.Д. Сайченко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет», Краснодар

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь

<sup>3</sup>ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии им. С.Г. Суханова», Пермь

Развитие методов неинвазивной диагностики в современной хирургии, математических и компьютерных моделей (в частности методов вычислительной биомеханики) позволяет со все возрастающей степенью точности описывать биомеханические процессы, протекающие в организме. Данное обстоятельство повышает возможность их использования при совершенствовании имеющихся и разработке новых персонализированных методов диагностики и прогнозирования лечения. Данная работа подразумевает создание и развитие персонализированных цифровых метамоделей пациентов на основе применения методов машинного обучения для прогнозирования гемодинамики в аорте у детей с врожденными пороками сердца для оценки эффективности проводимых оперативных вмешательств в кардиохирургии при лечении социально значимых заболеваний.

Для построения метамоделей была построена база данных геометрических трехмерных моделей аорт по МСКТ-изображениям (более 500 штук) и тем самым подготовлены модели вычислительной гидродинамики для расчета гемодинамики в этих аортах. После этого, был разработан оригинальный численный метод, позволяющий быстро обрабатывать МСКТ-изображения для определения ключевых геометрических характеристик аорт без предварительной разметки данных. Данный оригинальный алгоритм обработки и извлечения информации о ключевых геометрических характеристиках аорты необходим на следующем этапе для сверточной нейронной сети, которая при накоплении достаточного количества данных для обучения, включая анатомические модели и гемодинамические данные, в режиме реального времени для конкретного пациента будет предлагать потенциальные хирургические решения на основе экспертных решений и вычислительного моделирования гемодинамики в аорте.

Следует отметить, что растущие стандарты клинической безопасности и производительности медицинских устройств, а также сложность и скорость технологических инноваций со все более короткими производственными циклами создают огромный спрос на передовые компьютерные решения для статистически надежной, воспроизводимой и эффективной проверки биомедицинских устройств, чтобы ускорить выход продукции на рынок и внедрение в клиническую практику. Планируется, что на основе клинических данных и расчетов программа будет для пациентов с врожденными пороками сердца предлагать несколько наилучших с точки зрения обеспечения регулярного кровотока параметров шунта (в частности, его диаметр) и место его установки.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научного проекта № МФИ 20.1/12.

**Ключевые слова:** пациенто-ориентированное моделирование, персонализированная медицина, биомеханика, численные методы, метамодель, аорта, гемодинамика.

*Контактное лицо:* Кучумов Алексей Геннадьевич, профессор кафедры вычислительной математики, механики и биомеханики, ФГАУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, Россия.

Телефон: +7 (902)-808-63-27

E-mail: kuchymov@inbox.ru

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-53>

## Применение дистанционных технологий для мониторинга факторов окружающей и производственной среды, воздействующих на здоровье человека

Н.А. Лебедева, И.З. Джикия, Н.А. Ухваткин,  
Научный руководитель И.А. Шадеркин

ФГАУ ВО Первый МГМУ им.И.М. Сеченова Минздрава России  
(Сеченовский Университет)

### Введение

Данное исследование проводилось для ответа на вопрос: «Как можно минимизировать риск воздействия факторов окружающей и производственной среды на здоровье человека?»

С развитием телемедицинских технологий появляются новые перспективные решения, направленные не только и не столько на решение организационных вопросов здравоохранения (увеличение доступности медицинской помощи, снижение/оптимизация экономических затрат, решение кадровых вопросов), но в первую очередь на решение

клинических задач, которые либо были решены не в полном объеме или не решены вовсе. Такой технологией, вышедшей из телемедицины (ТМ), можно назвать дистанционный мониторинг (ДМ) состояния здоровья и окружающей среды человека.

Цель исследования – определение роли дистанционных технологий в социально-гигиеническом мониторинге и предупреждении возникновения и развития заболеваний неинфекционной природы среди трудящихся.

### Материалы и методы

С позиций профилактической медицины и организации здравоохранения, дистанционный мониторинг факторов окружающей и производственной среды, воздействующих на здоровье человека должен включать в себя основные блоки: мониторинг окружающей среды человека и мониторинг медицинских назначений.

Широко известным фактом является влияние окружающей среды на человека, но рутинная клиническая практика фиксации и отслеживания этих факторов отсутствует. Современные технологические решения позволяют сделать это без значительных затрат.

Существует 2 вида факторов окружающей среды, которые можно и, порой, полезно для пациента мониторить:

Природные факторы, в условиях которых находится человек – погодные (температура, влажность, атмосферное давление и т.д.), наличие в окружающей среде благоприятных и неблагоприятных факторов (загрязнения, радиация). На сегодняшний день фиксация этих показателей является несложной – существуют открытые для получения информации интернет-сервисы (Яндекс-погода и др.), из которых по точке географического нахождения человека можно получить информацию.

Микроклимат – окружающая среда человека в помещениях (дома, работе, зданиях), машине и т.д. С помощью портативных, домашних метеостанций можно отслеживать и фиксировать важные показатели: температура, влажность, атмосферное давление, уровень углекислого газа (CO<sub>2</sub>), шум, инсоляция. Накапливая эти показатели в цифровом виде и совмещая их с показателями здоровья, можно увидеть корреляции и зависимость между собой – фьюжн-мониторинг.

Благодаря такому подходу можно без значительных затрат корректировать факторы окружающей среды и их влияние на здоровье.

### Результаты

Исследования показали, что назначения врача не означают их абсолютное выполнение пациентами. Причинами могут быть как отказы от выполнения назначений в ходе лечения до возникновения осложнений или неудобства приема препаратов, так и нежелание корректировать образ жизни.

В связи с этим оценка эффективности назначений затруднена, особенно ярко это проявляется



у пациентов, требующих длительной терапии и сложно выполнимых рекомендаций (диета, физическая активность). Поэтому мониторинг выполнения врачебных назначений является актуальной проблемой, для решения которой сегодня имеются технологические методы, относящиеся к разделу телемедицины. К ним можно отнести простые, но низко достоверные формализованные опросники, а также более точные технические решения, как «умная аптечка», дозатор препаратов и т.д.

Фьюжн мониторинг – то есть временное сопоставление показателей состояния здоровья и окружающей среды различной модальности с целью поиска взаимных корреляций. По мере своего развития такой вид мониторинга может стать мощным клиническим и профилактическим инструментом для подбора и оценки эффективности терапии.

### Обсуждение и выводы

Результаты исследований показали, что в настоящее время можно выделить следующие формы проведения технологии дистанционного мониторинга:

1. Встраивание дистанционного мониторинга в существующую клиническую практику амбулаторного приема.

2. Дистанционное врачебное сопровождение пациента.

Дистанционный мониторинг иногда представляется как непрерывное слежение за показателями состояния здоровья человека, осуществляемое 24/7 (24 часа, 7 дней в неделю), поэтому нередко возникает односторонний взгляд на дистанционный мониторинг как на технологию, схожую с прикроватным мониторингом в реанимации. Мы можем представить пациента с датчиками, с которых в онлайн режиме считывается информация, передается по интернету в центр мониторинга, отображается на мониторах врачей в виде непрерывно текущего графика, а за мониторами сидят врачи и непрерывно следят за изменением показателей. И как только возникают отклонения от нормы, медицинский персонал экстренно реагирует на события.

Несомненно, такой сценарий тоже возможен, но в реальной клинической практике он малореализуем, а в большинстве случаев и не нужен.

### Общее заключение

Выводы, сделанные в результате исследования, полностью соответствуют заявленной цели. Имеется чёткая связь между вопросами обсуждения и изысканиями работы. Выводы обосновываются результатами исследования, подтверждены графически, а также имеется указание на близкие по значению данные, полученные в других опубликованных работах.

Чётко проведена грань между фактами и мнением авторов, указываются обстоятельства, которые, по мнению исследователей, могли повлиять на достоверность результатов, а также преимущества данного исследования.

Данный раздел даёт полный ответ на вопрос исследования.

### Список литературы

1. <https://www.who.int/activities/environmental-health-impacts>
2. <https://cyberleninka.ru/article/n/o-garmonizatsii-podhodov-k-upravleniyu-kachestvom-atmosfernogo-vozduha/pdf>
3. <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants>
4. <https://www.who.int/europe/publications/item/9789289053563>
5. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35857401/>
6. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35120340/>
7. [https://www.burden-eu.net/images/doc/EPH2019\\_EBD\\_Plass.pdf](https://www.burden-eu.net/images/doc/EPH2019_EBD_Plass.pdf)
8. <https://cyberleninka.ru/article/n/o-garmonizatsii-podhodov-k-upravleniyu-kachestvom-atmosfernogo-vozduha/pdf>
9. <https://www.who.int/activities/environmental-health-impacts>
10. <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants>
11. <https://sci-hub.ru/10.1111/ina.12706>
12. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5877064/>
13. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8648527/>
14. [https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ina.12809?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=ru&\\_x\\_tr\\_hl=ru&\\_x\\_tr\\_pto=wapp](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ina.12809?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=ru&_x_tr_hl=ru&_x_tr_pto=wapp)
15. <https://www.zora.uzh.ch/id/eprint/187834/1/annurev-virology-012420-022445.pdf>
16. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6561219/>
17. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4311828/>
18. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK571598/>
19. [https://www-ncbi-nlm-nih-gov.translate.googleusercontent.com/translate/pmc/articles/PMC8520294/?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=ru&\\_x\\_tr\\_hl=ru&\\_x\\_tr\\_pto=wapp](https://www-ncbi-nlm-nih-gov.translate.googleusercontent.com/translate/pmc/articles/PMC8520294/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=ru&_x_tr_hl=ru&_x_tr_pto=wapp)
20. <https://sci-hub.ru/10.1016/j.physbeh.2020.113195>
21. <https://sci-hub.ru/10.1002/jobm.202000575>
22. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23748834.2020.1731919>
23. [https://www.ahajournals.org/doi/full/10.1161/CIR.0000000000000931?rfr\\_dat=cr\\_pub++0pubmed&url\\_ver=Z39.88-2003&rfr\\_id=ori%3Arid%3Acrossref.org](https://www.ahajournals.org/doi/full/10.1161/CIR.0000000000000931?rfr_dat=cr_pub++0pubmed&url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori%3Arid%3Acrossref.org)
24. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20458016/>
25. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31328512/>
26. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31330363/>
27. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34449285/>
28. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32250418/>
29. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32963288/>
30. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29475121/>
31. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30208394/>
32. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29751442/>

33. [https://www.researchgate.net/publication/320887465\\_Characteristics\\_of\\_total\\_airborne\\_microbes\\_at\\_various\\_air\\_quality\\_levels](https://www.researchgate.net/publication/320887465_Characteristics_of_total_airborne_microbes_at_various_air_quality_levels)  
 34. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34649047/>  
 35. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30935305/>  
 36. <https://www.rjhas.ru/jour/article/view/1021/996>  
 37. <https://www.rjhas.ru/jour/article/view/1880/1373>  
 38. <https://jtelemed.ru/article/distancionnyj-monitoring-sostojanija-zdorovja-i-okruzhajushhejsredy-cheloveka-vozmozhnosti->

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-54>

## Исследования влияния пероксидазной активности цитохрома С в комплексе с кардиолипном

И.Н. Левченко<sup>1,3</sup>, Г.К. Владимиров<sup>2</sup>, И.В. Володяев<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Российский Национальный Исследовательский Медицинский Университет им. Н.И. Пирогова, г. Москва

<sup>2</sup>Первый Московский Государственный Медицинский Университет им. И.М. Сеченова г. Москва

<sup>3</sup>Московский Государственный Университет им. М. В. Ломоносова, г. Москва

### Введение

В данной работе на основании анализа параметров цитохрома С в комплексе с кардиолипном, природного красителя кумарина С-525, природного красителя кумарина С-334, природного красителя кумарина С-314, пероксидазы хрена и люминола, проведены исследования сравнения сенсibiliзирующей способности люминола, природного красителя кумарина С-525; природного красителя кумарина С-334 и природного красителя кумарина С-314, с целью уточнения, структуры, функции, точек пероксидазной активности и квантовых выходов. Полученные результаты представляют практический интерес для изучения сенсibiliзирующей активности природных красителей флуоресцентных зондов физических активаторов кумаринов, структуры, функций пероксидазной активности комплекса, как катализатора.

### Материалы и методы

Точность определялась присутствием кардиолипина для стабилизации рН, тушением Fe<sup>2+</sup>, наличием кумарина С-334, кумарина С-525, кумарина С-314. Среди факторов, которые могут искажать значение точек пероксидазной активности, можно выделить недостаточное добавление пероксида водорода, избыточное количество азота (II), метанола, денатурацию белка, изменение конформации цитохрома С в комплексе цитохрома С с кардиолипином.

### Результаты

Для оценки расчетов точек пероксидазной активности выбран способ, основанный на хемилюминесценции люминола в конденсированной среде, интенсивность которой зависит от концентрации фермента. Количество точек определялась светосуммой. Величина амплитуды зависела от количества фермента в хемилюминесцентной реакции. Для нахождения констант скорости строилась калибровочная кривая зависимости интенсивности. Опыты подтверждают, что в случае применения флуоресцентных зондов природного красителя кумарина С-525; природного красителя кумарина С-334 или природного красителя кумарина С-314, которые являются физическими активаторами наблюдается максимальный спектр поглощения флуоресценции при максимальном значении квантового выхода и природные красители устойчивы к прямому окислению.

### Заключение

Цитохрома С в комплексе с кардиолипином отличается от нативного цитохрома С по следующим свойствам: (1) обладает флуоресценцией тиразиновых и триптофановых остатков; (2) теряет поглощение в полосе Соре (405–410 нм), вследствие разрыва координационной связи железа гема с серой метионинового остатка Met80 в цитохроме С; (3) обладает пероксидазной активностью и, таким образом, катализирует образование липидных радикалов в мембране; (4) Природный краситель кумарин С-525 физический активатор хемилюминесценции окисляется цитохромом С в комплексе с кардиолипином, так же как природный краситель кумарин С-334 или природный краситель С-314, при этом скорость этого окисления ограничивается лишь концентрацией самого цитохрома С, который тоже разрушается в составе цитохрома С в комплексе с кардиолипином под действием пероксида водорода.

**Ключевые слова:** Сенсibiliзаторы, цитохром С, кардиолипин, пероксидазная активность;  
*Контактное лицо:* Левченко Ирина Николаевна, ассистент кафедры биоинформатики МБФ, ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России;  
 E-mail: [irnlevchenko@yandex.ru](mailto:irnlevchenko@yandex.ru)

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-55>

## Искусственный интеллект в проверке медицинской документации

А.С. Литвиненко, Т.А. Румянцева, О.В. Богдашевская

ООО КДФ, Клиника Доктора Фомина, г. Пенза

### Введение

Можно быть великим специалистом с золотыми руками и большим опытом, но даже в таком



случае невозможно избежать ошибок. Ошибки могут быть различными по своей тяжести и частоте проявления, но будут они несомненно. И когда ошибка случается ее нужно выявлять и реагировать. Причем реагировать не обвинением врача, а помощью, с целью устранения, в будущем, подобных оплошностей.

### Материалы и методы

С целью своевременного выявления ошибок в клинике Фомина проводится работа по проверке медицинской документации искусственным интеллектом. Проверке подвергаются 100% всех карт заполняемых врачами и беспристрастный искусственный интеллект выставляет итоговую оценку. Это позволяет отслеживать ошибки и предоставлять информацию о потенциальных проблемных областях. Все карты сети оцениваются, как только они попали в систему.

### Результаты

За время работы проверено 402 тысячи историй болезни, результаты проверок ежемесячно направляются врачам. Данный подход позволил улучшить качество медицинской помощи и уменьшить процент ошибок с исходных 33% в 2019 году до 7% в 2023.

### Заключение

Внедрение искусственного интеллекта в проверку медицинской документации обоснованное и необходимое новшество в мире, где медицина стремится к совершенству, поскольку каким бы опытным не был эксперт проверяющий карты, проверить каждую заполняемую карту является технически невозможно.

**Ключевые слова:** Искусственный интеллект, проверка карт, врачебные ошибки

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-56>

## Опыт применения whonet для мониторинга устойчивости уропатогенов к антибактериальным препаратам

О.П. Логинова, Н.И. Шевченко, М.Г. Русаленко

ГУ «Республиканский научно-практический  
центр радиационной медицины и экологии человека»,  
г. Гомель, Республика Беларусь

### Введение

WHONET – это свободно загружаемое программное обеспечение для обработки и анализа результатов микробиологических исследований. Компьютерная программа WHONET помогает провести анализ чувствительности микроорганизмов к различным классам антибиотиков от пациентов из разных отделений стационара, т.е. получить результаты микробиологического мониторинга

с целью назначения эмпирической антибактериальной терапии. Инфекции мочевыводящих путей (ИМП) встречаются с высокой частотой у пациентов с сахарным диабетом. Согласно требованиям приказа МЗ РБ № 1301 от 29.12.2015 «О мерах по снижению антибактериальной резистентности микроорганизмов», эмпирическую антибактериальную терапию ИМП следует начинать, учитывая вероятные возбудители *E. coli* и *Enterobacteriales* с фторхинолонов, амоксициллина/клавуланата, нитрофурантоина.

Цель исследования: изучить устойчивость уропатогенов к антибактериальным препаратам у пациентов с сахарным диабетом с использованием программы WHONET.

### Материал и методы

Объектом исследования послужили 5247 пациентов с СД и наличием воспалительных изменений в общем анализе мочи (лейкоцитурия), из них с СД 1 типа – 2075 человек, СД 2 типа – 2986. Посев мочи выполняли полуколичественным способом на 5 % кровяной агар. Биохимическую идентификацию и определение чувствительности выполняли на анализаторе VITEK 2 Compact. Контроль качества проводили с применением контрольного штамма *E. coli* ATCC 25922. После проведения исследования все результаты чувствительности уропатогенов вносили в базу данных WHONET, версия 5.6. Мониторинг чувствительности проводили за 2020 год, используя возможности программного обеспечения WHONET 5.6.

### Результаты

При анализе результатов базы данных WHONET установлено, что *E. coli* и *Klebsiella spp.* обладали резистентностью к цефуроксиму в 32,6 и 33,7%, к амоксицилину/клавуланату – 22,8% и 35,7% соответственно, что значительно ограничивает возможности применения этого АБП для лечения ИМП при СД, особенно эмпирически. К карбапенемам все энтеробактерии были чувствительны в 100% случаев. *Klebsiella spp.* в 17,6% резистентна к амикацину, в 12,9% – к гентамицину, а *E. coli* – в 2,4 и 7,1% соответственно. К ципрофлоксацину штаммы *Klebsiella spp.* резистентны в 33,3%, а *E. coli* – в 82,5%. Отмечена высокая чувствительность коагулазонегативных стафилококков к ко-тримоксазолу – 92,8%, левофлоксацину – 76% и гентамицину – 87,1%. Выявлена высокая резистентность *S. saprophyticus* к пенициллину (68,2%) и оксациллину (42,4%), поэтому все бета-лактамы антибиотики не могут рассматриваться в качестве препаратов выбора. Все изоляты *E. faecalis* обладали 100% чувствительностью к ампициллину, ципрофлоксацину, нитрофурантоину, ванкомицину и тейкопланину. В сравнении с 2019 годом в 2020 году отмечен рост устойчивости уропатогенов к фторхинолонам и пенициллинам.



**Заключение**

Результаты исследований свидетельствуют о том, что использование компьютерной программы WHONET позволяет быстро и качественно провести анализ чувствительности уропатогенов к антибиотикам, сравнить спектры антибиотикоустойчивости за несколько лет, что способствует корректному подбору препаратов для эмпирической антибактериальной терапии и проведения мероприятий по инфекционному контролю в стационаре.

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-57>

**Применение методов машинного обучения в классификации опухолей щитовидной железы**

Д. Лысухин<sup>1</sup>, Л. Урсова<sup>1</sup>, А. Варламов<sup>1</sup>, Б. Якимов<sup>2</sup>,  
Е. Ширшин<sup>2</sup>, Е. Ковалева<sup>1</sup>, А. Елфимова<sup>1</sup>,  
Н. Мокрышева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ ГНЦ НМИЦ эндокринологии Минздрава России

<sup>2</sup>МГУ им. М.В. Ломоносова

**Актуальность**

Морфологическая диагностика новообразований щитовидной железы вызывает значительные сложности. Они могут быть обусловлены субъективностью применяемых критериев, несовершенством классификаций, отсутствием единого подхода при вырезке операционного материала, отсутствием опыта патоморфолога. В ряде случаев оценка видимых изменений может быть неоднозначна даже среди сотрудников одной лаборатории. В данных условиях необходим поиск решений, позволяющих повысить точность диагностики опухолей щитовидной железы, оптимизировать временные затраты врача-патоморфолога, а также снизить сроки предоставления гистологического заключения.

Применение искусственного интеллекта в разных сферах деятельности, в том числе и в медицине, расширяется с каждым годом. Помимо использования в анализе статистических данных, ведутся исследования по обучению цифровых систем анализу диагностических изображений. В патологической анатомии машинное обучение стало возможным благодаря появлению современных гистологических сканеров высокого разрешения, позволяющих создавать цифровые архивы гистологических препаратов. Появление надёжной цифровой платформы для анализа гистологических изображений, способной работать с огромным массивом данных, может позволить не только автоматизировать анализ гистологических препаратов опухолей щитовидной железы, но и, возможно, выявить новые диагностические и прогностические критерии, не вполне очевидные для патоморфолога.

Цель: автоматизация процесса машинной обработки гистологических слайдов новообразований щитовидной железы

**Материалы и методы**

В исследование включено 966 пациентов (966 снимков), которым была проведена геми-/тиреоидэктомия в ГНЦ ФГБУ «НМИЦ эндокринологии» Минздрава России. В эксперименте участвовали случаи, в которых был определен один из двух диагнозов: доброкачественное или злокачественное новообразование щитовидной железы. Классификация слайдов выполнялась с помощью метода Attention-MIL (Multiple-Instance Learning), позволяющего обрабатывать изображения гигапиксельного разрешения по частям, при этом используя только высокоуровневую разметку данных (без указания характерных областей интереса на изображении). В качестве модели принятия решений использовалась искусственная нейронная сеть, ключевым блоком в архитектуре которой является слой «внимания» (Attention).

**Результаты**

На данный момент проведены несколько серий экспериментов по классификации слайдов с использованием только высокоуровневой разметки. Для оценки качества классификации была выбрана метрика ROC-AUC (площадь под ROC-кривой), поскольку она более информативна в случае несбалансированных выборок, а также для ее расчета не требуется подбирать порог для предсказанной моделью уверенности. В лучшем на данный момент эксперименте удалось достичь значения ROC-AUC = 0.944 на валидационной выборке данных (193 слайда из 966). Кроме того, использованный метод (Attention-MIL) позволяет выполнять визуализацию областей, внесших наибольший вклад в принятие решения моделью. По итогам обсуждения со специалистами-патоморфологами было выявлено, что в большинстве случаев области, помеченные моделью как «важные», действительно являются таковыми. Однако, были обнаружены и признаки переобучения модели на некоторые характерные детали изображений, проявляющиеся в редких случаях.

**Заключение**

Данная работа является первым этапом для более масштабного и сложного исследования возможности автоматического анализа гистологических изображений щитовидной железы. Полученные результаты демонстрируют потенциал и перспективы данного направления исследования. Следующими этапами является расширение набора классов для решения задачи классификации, а также добавление дополнительных целевых переменных, отражающих важные факторы при постановке диагноза (ядерные характеристики опухоли, паттерн, наличие/отсутствие инвазии).

**Ключевые слова:** опухоли щитовидной железы; компьютерное зрение; автоматизация.



## Автоматизация процесса анализа окт изображений с использованием технологии искусственного интеллекта

Б.Э. Малюгин<sup>1</sup>, С.Н. Сахнов<sup>1</sup>, Л.Е. Аксенова<sup>1,2</sup>,  
К.Д. Аксенов<sup>2</sup>, Е.В. Козина<sup>1</sup>, В.В. Мясникова<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза»  
им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Краснодар

<sup>2</sup>«Пространство интеллектуальных решений», Новороссийск

### Введение

По данным ВОЗ, одним из наиболее распространенных офтальмологических заболеваний является возрастная макулярная дегенерация. Количество пациентов с ВМД составляет 196 млн, и по прогнозу увеличится в 1,2 раз уже к 2030 году, а к 2040 году достигнет 288 млн. человек. Золотым стандартом лечения такого заболевания является anti-VEGF терапия, которая позволяет замедлить прогрессирование заболевания и снизить вероятность потери зрения. Тем не менее, в некоторых случаях, у пациентов наблюдаются осложнения. Предикторы анатомического исхода (РПЭ), а также предикторы функционального исхода или конечной остроты зрения могут быть оценены с помощью оптической когерентной томографии (ОКТ).

Целью настоящей работы являлось создание алгоритма автоматизированного обнаружения биомаркеров исхода анти-VEGF терапии пациентов с н-ВМД и отслойкой пигментного эпителия сетчатки на снимках ОКТ.

### Материалы и методы

Материалом исследования являлись данные ОКТ, полученные от 251 пациента с н-ВМД и отслойкой пигментного эпителия сетчатки, которые проходили лечение н-ВМД с помощью anti-VEGF терапии с 2014 по 2021 год в Краснодарском филиале НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России. В качестве архитектуры нейронной сети была использована сверточная нейронная сеть UNET.

### Результаты

Точность сегментации таких биомаркеров как отслойка пигментного эпителия (ped), пигментный эпителий сетчатки (pre), субретинальная жидкость (srf), интратретинальная жидкость (ifr), эллипсоидная зона (ez), слой нервных волокон (rnfl), измеренная с помощью коэффициента Дайса составила 0,9, 0,47, 0,72, 0,69, 0,64 и 0,61 соответственно.

### Заключение

Результаты коэффициента Дайса показали высокие значения для такого биомаркера как пигментный эпителий сетчатки. В будущем планируется расширить объем данных для обучения и проверки нейронной сети, что позволит повысить точность сегментации для других биомаркеров.

Контактное лицо: Аксенова Любовь Евгеньевна, инженер по научно-технической информации, НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Краснодар.

Телефон: +7 (981)-860-76-05

E-mail: axenovalubov@gmail.com

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-59>

## Система поддержки принятия клинических решений для скрининга пациентов с диабетической ретинопатией

П.В. Мартынова<sup>1,2</sup>, А.Р. Елфимова<sup>1</sup>, Д.В. Липатов<sup>1</sup>,  
Е.В. Ковалева<sup>1</sup>, А.И. Канев<sup>2</sup>, И.С. Елхимова<sup>2</sup>,  
Е.В. Козлов<sup>2</sup>, Н.Г. Мокрышева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ НМИЦ эндокринологии Минздрава России

<sup>2</sup>МГТУ им. Н.Э. Баумана

### Актуальность

К началу 2023 года в Российской Федерации было зарегистрировано около 5 млн пациентов с диагнозом сахарный диабет (СД). Среди осложнений СД, диабетическая ретинопатия (ДР) занимает второе место по частоте среди пациентов с СД 1 типа (31,7%) и третье место среди пациентов с СД 2 типа (13,5%). Оценка степени тяжести данного заболевания производится врачом-офтальмологом на основе анализа снимков глазного дна, полученных с помощью фундус-камеры. Ежегодно количество пациентов с СД продолжает увеличиваться на несколько десятков тысяч человек. Кроме того, все пациенты с СД, независимо от наличия симптомов ДР, должны ежегодно проходить офтальмологическое обследование. Таким образом, на врача-офтальмолога ложится значительная нагрузка во время диагностики признаков ДР при просмотре снимков глазного дна.

Цель: автоматизация процесса машинной обработки снимков с фундус-камеры для проведения скрининга диабетической ретинопатии.

### Материалы и методы

В исследование включено 40 пациентов (200 снимков), прошедших обследование на фундус-камере в ГНЦ ФГБУ «НМИЦ эндокринологии» Минздрава России. Для обнаружения объектов выбрана и применена искусственная нейронная сеть YOLOv7. Распознаваемые классы: новообразованная ткань, микроаневризмы, ватообразные (мягкие) экссудаты, твердые экссудаты, петехиальные кровоизлияния, симптом Салюса, интратретинальные микрососудистые аномалии, новообразованные сосуды, гемофтальм.

### Результаты

На данный момент получены первые результаты детекции с использованием выбранной модели. Хорошие показатели метрик были достигнуты

при обнаружении новообразованной ткани (recall = 78%, precision = 68%). Кроме того, были получены удовлетворительные результаты при детекции твердых и мягких экссудатов, ретинальных кровоизлияний и новообразованных сосудов. Однако, в отношении остальных классов данных наблюдались крайне низкие значения метрик, что, возможно, связано с недостаточным размером выборки.

#### Заключение

В данной работе были выполнены первые этапы разработки отечественного продукта автоматической обработки снимков глазного дна. Полученные результаты демонстрируют потенциал и перспективы данного направления исследования. Однако, для достижения полной функциональности и высокой точности детекции необходимо провести дальнейшее усовершенствование методов обработки и расширение набора данных, чтобы обеспечить надежность и точность распознавания диабетической ретинопатии.

**Ключевые слова:** диабетическая ретинопатия; сахарный диабет; компьютерное зрение; автоматизация.

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-60>

## Разработка алгоритма с применением технологий искусственного интеллекта для выявления семиотических признаков на рентгенографических изображениях грудной клетки

А.М. Мещерякова, А.С. Слинин, А.П. Щербаков

ООО «Платформа Третье Мнение»,  
2 НИИЦ ДГОИ Им. Д. Рогачёва

#### Актуальность

В России растёт онкологическая заболеваемость. Наибольший удельный вес в структуре смертности населения России от злокачественных новообразований составляют опухоли трахеи, бронхов, легкого. Потери ВВП от рака легкого к 2020 году могли составить порядка 181 млрд руб. [1].

#### Цель

Разработка алгоритма с применением сверточных нейронных сетей (CNN – convolutional neural network) для поиска семиотических признаков на рентгенографических изображениях грудной клетки. Материалы и методы: Были выбраны семиотические признаки, 5 из которых характерны для онкологических состояний и сопутствующим им процессам (очаг затемнения, состояние после мастэктомии, свободная жидкость в плевральной полости, патология позвоночника,

инфильтрация). Для решения задачи был собрана выборка, состоящая из 50 тыс. анонимизированных рентгенографических изображений грудной клетки во фронтальной проекции. Выборка размечена врачами лучевой диагностики. Для обучения CNN использовался оптимизатор RAdam, предложенный в статье «On the Variance of the Adaptive Learning Rate and Beyond» [arxiv.org/abs/1908.03265](https://arxiv.org/abs/1908.03265). Для поиска семиотических признаков применялась модифицированная сверточная нейронная сеть семейства ResNet-50 из статьи «Deep Residual Learning for Image Recognition» [arxiv.org/abs/1512.03385](https://arxiv.org/abs/1512.03385).

#### Результаты

Алгоритм, принимая на вход фронтальное проекционное рентгенографическое изображение грудной клетки, выдает в качестве ответа вектор вероятностей наличия у пациента семиотических признаков и выдает тепловые карты найденных патологий, помогая врачу быстро определить локализацию признака. Изображение, полученное на вход, может быть в различных модальностях (позитивное, негативное изображения), а также в различных форматах (например, DICOM или обычное изображение – jpg, png). Наш алгоритм работает со всеми форматами. Диагностическая точность определения семиотических признаков при рассчитанных пороговых значениях для каждого признака (ROC-анализ) составили: для очага затемнения – AUC 0,928, для состояния после мастэктомии – AUC 0,979, для свободной жидкости в плевральной полости – AUC 0,989, для патологии позвоночника – AUC 0,905, для инфильтрации – AUC 0,923. Выводы: При правильном подходе к подготовке данных, разработке алгоритма, в основе которых лежат сверточные нейронные сети можно получить высокие результаты точности определения семиотических признаков сопоставимых с результатами врачей лучевой диагностики.

**Ключевые слова:** рентгенография, искусственный интеллект, нейронные сети

#### Литература

1. Anton Barchuk, Alexander Bernalov, Heini Huhtala, Tuvshinjargal Chimed, Alexey Belyaev, Malcolm Moore, Ahti Anttila, Anssi Auvinen, Alison Pearce & Isabelle Soerjomataram. Productivity losses associated with premature mortality due to cancer in Russia: A population-wide study covering 2001–2030. *Scandinavian Journal of Public Health*, 2019; 47: 482–491



<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-61>

## Разработка автоматизированной экспертной системы дифференциальной диагностики инциденталом гипофиза

А.П. Милютина, Е.А. Пигарова, О.Ю. Реброва,  
Л.К. Дзеранова, Е.В. Ковалева, Н.Г. Мокрышева

ГНЦ РФ ФГБУ «НМИЦ эндокринологии» Минздрава России

### Введение

Инциденталом гипофиза (ИГ) – объемное образование, случайно выявленное при визуализирующем обследовании не по поводу патологии гипофиза, а в связи с другими причинами. ИГ могут оказаться как гормонально-неактивными, так и гормонально-активными (пролактинома, кортикотропинома, соматотропинома, гонадотропинома, тиреотропинома) образованиями. В каждом случае выявления ИГ должна рассматриваться вероятность наличия ее гормональной активности, при этом вопрос дифференциальной диагностики ИГ стоит особенно остро. В связи с этим актуальной задачей является создание системы поддержки принятия клинических решений (СППКР) дифференциальной диагностики ИГ.

Цель: разработка СППКР дифференциальной диагностики ИГ для помощи специалистам в условиях реальной клинической практики.

### Материалы и методы

Данная ИСППКР основана на позициях федеральных клинических рекомендаций, для моделирования клинической логики рассуждения врача привлекались ведущие эксперты ГНЦ РФ ФГБУ «НМИЦ эндокринологии» Минздрава России. При разработке алгоритма ИСППКР анализировались: пол, возраст пациента, анамнез и результаты гормонального исследования. Разработка алгоритма работы ИСППКР осуществлялась с использованием бесплатного онлайн-редактора диаграмм DrakonHub (DRAKON Labs, Норвегия), а разработка самой автоматизированной системы осуществлена на языке программирования C# с помощью среды разработки Visual Studio.NET 2019 (Microsoft, США).

### Результаты

Разработанная автоматизированная экспертная система на первом этапе анализирует наличие отклонений гормональных показателей путем сравнения их с референсными преднастроенными границами диапазонов. Проанализировав результаты первичного гормонального исследования, ИСППКР может запросить дополнительные данные, которые необходимы для постановки решения. Например, при выявлении отклонения от нормы

свободного кортизола суточной мочи, будет предложено внести данные о результатах малой дексаметазоновой пробы или кортизола в вечерней слюне. Система позволяет определить наличие гормональной активности ИГ и оценить таким образом тип опухоли (пролактинома, кортикотропинома, соматотропинома, гонадотропинома, тиреотропинома).

### Выводы

Дифференциальная диагностика ИГ является сложным процессом, что приводит к существенной задержке в постановке правильного диагноза и, следовательно, к ухудшению исходов пациентов. Своевременная постановка диагноза важна для успешного лечения пациента и улучшения его прогноза. Разработанная автоматизированная экспертная система может помочь врачам-эндокринологам в рутинной клинической практике.

**Ключевые слова:** инциденталом гипофиза, аденома гипофиза, система поддержки принятия клинических решений, автоматизированная система, экспертная система

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-62>

## Использование искусственного интеллекта в медицине

В.А. Миненко

Курский государственный медицинский университет, г. Курск  
Научный руководитель – к.м.н., доцент Болдина Н.В.

Искусственный интеллект – это область информатики, занимающаяся разработкой систем, которые способны выполнять манипуляции, традиционно связанные с человеческим ресурсом. Сегодня все чаще ведутся дискуссии о преимуществах и недостатках использования искусственного интеллекта в различных профессиональных сферах, в том числе и в медицине.

Цель работы – рассмотреть примеры использования искусственного интеллекта в медицине.

Материалы и методы – анализ доступных литературных данных по теме исследования.

### Результаты и выводы

В мире существует немало примером применения искусственного интеллекта в медицинской практике. Так в Британской офтальмологической клинике Google Deepmind Health проводит анализ информации о жалобах и состоянии пациентов, а затем выдает список рекомендаций. Важно отметить, что система выдает не только результат, но и критерии, на основании которых был получен данный результат. Это позволяет привести к снижению вероятности врачебной ошибки.

Интересным примером использования искусственного интеллекта является когнитивный компьютер IBM Watson, который помог в выявлении у пациентки редкой формы лейкемии.

В России достаточно распространена мобильная медицина mHealth, которая предполагает использование телефона и/или умных часов для оценки состояния своего здоровья. Существует множество приложений, в которых пациент отвечает на вопросы о состоянии своего здоровья, и при наличии симптомов какого-либо заболевания система советует пациенту обратиться к врачу. Примером такого приложения может служить сервис Ada.

Безусловно, применение искусственного интеллекта является большим шагом в развитии медицины. Искусственный интеллект позволит снизить вероятность возникновения врачебной ошибки.

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-63>

## Роль искусственного интеллекта в диагностике сердечно-сосудистых заболеваний

В.А. Миненок

Курский государственный медицинский университет, Курск  
Научный руководитель – к.м.н., доцент Болдина Н.В.

### Введение

Сердечно-сосудистые заболевания лидируют в структуре смертности населения во всем мире, причем важным является тот факт, что на долю заболеваний сердечно-сосудистой системы приходится до 55% всех летальных исходов. В связи с этим проблема своевременной диагностики сердечно-сосудистых заболеваний остается актуальной. Определенную роль в ранней диагностике играет искусственный интеллект.

Цель исследования – проанализировать роль искусственного интеллекта в диагностике сердечно-сосудистых заболеваний.

### Материалы и методы

С целью изучения значения искусственного интеллекта в диагностике сердечно-сосудистых заболеваний нами были проанализированные доступные литературные источники отечественных и зарубежных авторов.

### Результаты

Израильская компания Zebra Medical Vision получила разрешение на использования своего алгоритма определения кальциевого индекса коронарных сосудов. Этот алгоритм обладает способностью вычислять показатели коронарного кальция при проведении органов КТ грудной клетки, важен для оценки риска развития ИБС. Первым научно обоснованным ИИ-тестом является Cardioexplorer, он способен определить наличие атеросклеротических бляшек в коронарных артериях, что позволяет начать лечение и замедлить прогрессирование атеросклероза. Система

Arterys с технологией AI Cardiac MR Suite, созданная на базе искусственно интеллекта, дает возможность кардиологам изучать сердце пациента в 4D с помощью цветовой кодировки кровотока в режиме реального времени. Немецкая компания по производству медицинского оборудования Siemens Healthineers работает над разработкой устройств, способных выдавать цифровые модели сердца на основании данных ЭКГ и МРТ.

### Заключение

Таким образом, применение искусственного интеллекта снижает сердечно-сосудистый риск.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, сердечно-сосудистые заболевания

*Контактное лицо: Миненок Виктория Андреевна, студентка Курского государственного медицинского университета, Курск, Россия.*

*Телефон: +7 (960)-559-46-48*

*E-mail: minenok.victoria@yandex.ru*

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-64>

## Роль искусственного интеллекта в повышении качества проводимой терапии и формировании приверженности к лечению у пациентов

В.А. Миненок

Курский государственный медицинский университет, Курск  
Научный руководитель – к.м.н., доцент Болдина Н.В.

### Введение

Проблема соблюдения пациентом врачебных рекомендаций была и остается одной из важнейших в медицинской практике. Приверженность к лечению оказывает прямое влияние на эффективность проводимой терапии. Комплаентное поведение пациента позволяет добиться длительной ремиссии при различных хронических заболеваниях, улучшить качество жизни больных, снизить уровень смертности.

Существуют различные способы повышения приверженности к лечению. В век информационных технологий актуальным является применение искусственного интеллекта с целью повышения качества лечения и комплаентного поведения пациентов.

Цель исследования – оценить значение искусственного интеллекта в повышении качества проводимой терапии и формировании приверженности к лечению.

### Материалы и методы

Нами были проанализированные доступные литературные источники отечественных и зарубежных авторов.



## Результаты

На сегодняшний день существует большое количество приложений, позволяющих контролировать выполнение медицинских рекомендаций. Примером такой платформы является Medsender. На базе данной платформы медицинская организация может обеспечить канал постоянной связи пациента с врачом.

Наиболее актуальна данная функция для пациентов, страдающих хроническими заболеваниями. Так, например, пациенту с сахарным диабетом часто приходится вести дневник с уровнем глюкозы крови, однако данные показатели он может огласить врачу только на следующем приеме, обычно через месяц после прошлого посещения врача. Поэтому нередко неэффективность терапии выявляется достаточно поздно, что ведет к снижению как качества лечения, так и приверженности к лечению. Medsender при каких-либо значительных отклонениях от нормы позволяет дистанционно связаться с врачом и внести коррективы в терапию, что повысит качество лечения и уровень комплаентного поведения. Кроме того, параметры измерений пациент может заносить в мобильный телефон, а интеллектуальный агент при помощи специальных алгоритмов, установленных врачом, оценивает состояние пациента и при каких-либо значимых отклонениях генерирует сигнал. Специализированные интеллектуальные агенты также можно использовать для мониторинга давления и приема лекарств, предоставления персонализированных информационных материалов и многого другого.

## Заключение

Таким образом, использование телемедицины приводит к повышению качества проводимой терапии, формирует у пациентов высокую приверженность к лечению.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, приверженности к лечению, комплаенс, качество лечения

*Контактное лицо: Миненок Виктория Андреевна, студентка Курского государственного медицинского университета, Курск, Россия.*

*Телефон: +7 (960)-559-46-48*

*E-mail: minenok.victoria@yandex.ru*

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-65>

# Связь процессов мутагенеза и репарации ДНК в опухолях на основе геномных и транскриптомных данных

А.А. Модестов<sup>1</sup>, М.В. Сунцова<sup>1,2</sup>, М.А. Золотовская<sup>1,2</sup>,  
М.И. Сорокин<sup>1,2</sup>, А.А. Буздин<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ФГАУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова  
Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва

<sup>2</sup>ФГАУ ВО «Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»,  
Долгопрудный

## Введение

Репарация ДНК, которая в норме способствует точному восстановлению геномной последовательности и ее стабильности, при злокачественных новообразованиях (ЗНО) может приводить к резистентности опухоли к терапии. При этом существуют значительные различия как на геномном, так и на транскриптомном уровнях между разными типами опухолей, что было доказано проектами по исследованию молекулярно-генетических изменений при ЗНО с использованием методов генотипирования и секвенирования, такими как The Cancer Genome Atlas (TCGA) и The Clinical Proteomic Tumor Analysis Consortium (CPTAC). Таким образом, комплексный анализ параметров мутагенеза, общих паттернов активации репаративных путей, а также поиск связи между ними позволит более подробно изучить механизмы канцерогенеза.

## Материалы и методы

Были проанализированы 38 наиболее значимых путей репарации ДНК и рассчитаны их профили активации для 10 типов ЗНО человека: головной мозг, легкие, молочная железа, толстая кишка, поджелудочная железа, шейка матки, почки, предстательная железа, желудок и щитовидная железа. Литературные данные на уровне генома представляли собой общедоступные 4951 опухолевый образец (с информацией по мутационной нагрузке (Tumor Mutational Burden, TMB) и вариативности числа копий генов (Copy Number Variation, CNV)), 4965 опухолевых образцов на уровне транскриптома (с информацией по количеству фьюжнов и экспрессионным данным) из базы TCGA, а также 770 и 566 образцов из базы CPTAC с информацией на уровне генома и транскриптома, соответственно. Для анализа экспериментальных данных были отобраны 192 опухолевых образца с данными на уровне генома и 664 – на уровне транскриптома. Расчеты уровня активации пути (Pathway Activation Level, PAL) производились на платформе Oncobox.

## Результаты

Для большинства анализируемых типов опухолей путь контрольной точки G2/M клеточного цикла был ингибирован (PAL < 0) на фоне повышенной

активации остальных путей репарации ДНК. Пути, опосредованные белком p53, были умеренно активированы ( $PAL \sim 0$ ). При этом высокие значения TMB ( $> 5$  мутаций/Mb) наблюдались для аденокарциномы легкого и плоскоклеточного рака легкого, а низкие ( $< 2$  мутаций/Mb) – для опухолей головного мозга, почки, поджелудочной железы, предстательной и щитовидной желез. Примечательно, что аденокарцинома легкого и плоскоклеточный рак легкого также демонстрировали более высокие значения CNV (как делеции, так и амплификации), по сравнению с остальными ЗНО. Расчет числа фьюжнов показал, что их медианные значения не превышают 10 фьюжнов на образец для всех типов ЗНО с более высокими значениями для опухоли молочной железы (5-7 фьюжнов на образец).

В результате анализа ранговой корреляции между параметрами мутагенеза и уровнями активации 38 путей репарации ДНК выяснилось, что в большинстве типов опухолей TMB, CNV, число фьюжнов положительно коррелируют с многими путями репарации ДНК, за исключением пути контрольной точки G2/M клеточного цикла, который негативно коррелирует с описанными выше параметрами.

#### Заключение

Найденные связи между параметрами мутагенеза и уровнями активации путей репарации ДНК в зависимости от типа ЗНО имеют важное значение при построении прогностических моделей и будут способствовать дальнейшему раскрытию роли репарации в опухолевом процессе.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 20-75-10071).

**Ключевые слова:** репарация ДНК, мутационная нагрузка, вариация числа копий генов, фьюжны, уровень активации

*Контактное лицо: Модестов Александр Андреевич, стажер-исследователь Института персонализированной онкологии Центра «Цифровой биодизайн и персонализированное здравоохранение» ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия.*

*Телефон: +7 (967)-194-17-18*

*E-mail: modestov\_a\_a@staff.sechenov.ru*

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-66>

## Оценка эффективности наноразмерных карбоновых трубок для доставки лекарственных препаратов при лечении рака молочной железы

К.А. Модестов, А.С. Скичко

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», Москва

#### Введение

Углеродные нанотрубки (УНТ) позволяют эффективно доставлять противоопухолевые препараты в опухоли, тем самым значительно улучшая терапевтический эффект. Различные рецепторы на поверхности опухолевых клеток способствуют доставке УНТ, имеющих направляющие лиганды. Возможные аспекты применения нанотрубок связаны с заполнением их внутренних полостей лекарственными веществами путем капиллярного эффекта. Рак молочной железы (РМЖ) является одной из самой распространенной среди онкологических заболеваний. Использование таргетных препаратов при лечении РМЖ имеет важное значение, поскольку позволяет разработать индивидуальный подход к лечению заболевания.

#### Материалы и методы

Были проанализированы многочисленные данные по таргетированию на опухолевые клетки углеродными нанотрубками, функционализированные лигандами. Основу УНТ-системы составляли лекарственные вещества, включающие доксорубин (DOX) и тамоксифен (ТАМ). В качестве агентов нацеливания, используемые для увеличения специфичности сайтов УНТ, используют небольшие молекулы, антитела и фрагменты антител, гликопротеины (трансферрин), витамины (фолиевая кислота), факторы роста. Оценивалось различное влияние одностенных углеродных нанотрубок (single-walled carbon nanotubes, SWCNT) на молекулярные мишени для таргетной терапии опухоли молочной железы, важнейшими из которых являются рецепторы эстрогенов (ER) и семейство рецепторов эпидермального фактора роста (HER2).

#### Результаты

Была успешно разработана новая система, построенная из гиалуроновой кислоты (HA), SWCNT, доксорубина (DOX) и гадолиния (Gd). В этом случае сначала синтезировали HA-модифицированные SWCNT (SWCNTs-HA), а затем DOX конъюгировали с HA дисульфидной связью (SWCNTs-HA-ss-DOX). При этом эффективность таргетинга была улучшена, когда Gd/SWCNTs-HA-ss-DOX вводили при инфракрасном облучении.



Также в качестве противоопухолевого препарата тамоксифен можно было загружать в систему аспарагин-глицин-аргинин (NGR) и SWCNT, разработанную нековалентным методом. Система TAM/NGR-SWCNT успешно могла накапливаться в опухолях и проникать в клетки, что способствовало комбинированной химиотерапии с фототермической терапией в одной системе. Противоопухолевое действие TAM/NGR-SWCNT наблюдалось *in vitro* и сравнивалось с раствором TAM, TAM/SWCNT и фототермической терапией. Исследование системы TAM/NGR-SWCNT у мышей с РМЖ подтвердило, что данный комплекс обладает более высокой способностью к ингибированию опухолей, чем у остальных систем, особенно при облучении ближним инфракрасным излучением.

#### **Заключение**

Нанотехнологии на основе УНТ в различных экспериментах показали не только оптимальное решение проблем цитотоксичности по отношению к микросреде организма, но и эффективное нацеливание на клетки опухоли молочной железы, поэтому является перспективным дальнейшее исследование в данной области.

**Ключевые слова:** углеродные нанотрубки, таргетирование, рак молочной железы, токсичность

*Контактное лицо: Модестов Кирилл Андреевич, аспирант кафедры кибернетики химико-технологических процессов ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», Москва, Россия.*

*Телефон: +7 (903)-188-72-17*

*E-mail: k.modestov57@yandex.ru*

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-67>

## **Оценка надежности радиомических параметров КТ у пациентов со злокачественными новообразованиями головы и шеи**

О.Г. Нанова\*, Р.В. Решетников, И.А. Блохин

ГБУЗ «НПКЦ ДИТ ДЭМ»

Радиомика – новейшее и многообещающее направление современной лучевой диагностики. Основной частью метода являются радиомические параметры, описывающие взаимоотношения между вокселями, 2D- и 3D-характеристики образований, и другие их свойства. На текущий момент известно несколько тысяч таких параметров, однако консенсус по диагностической ценности как каждого из них, так и различных их сочетаний не достигнут. Для возможности внедрения прогностических радиомических моделей

в широкую клиническую практику назрела необходимость выделения блока приоритетных параметров, основанных на оценке их устойчивости и воспроизводимости. В задачи настоящей работы входило проанализировать новейшие публикации (2021-2023) по радиомике рака шеи и головы на основе компьютерной томографии (КТ), оценить распределения задач исследований и качество использованной методологии, выделить группу воспроизводимых между разными исследованиями параметров. Дизайн нашего исследования соответствует методическим рекомендациям PRISMA-ScR. Произведён поиск литературы в базе данных PubMed. Общий объем литературы, выданный по поисковому запросу, составляет 804 ссылки. В итоговый анализ включено одиннадцать публикаций. Оценка качества произведена с помощью двух шкал: RQS 2.0 (Lambin et al., 2017) для методологического уровня радиомики и QUADAS-2 (Kodenko et al., 2022) для достигнутой диагностической точности.

В большинстве случаев отмечался высокий риск систематической ошибки, связанный с несбалансированностью выборки по демографическим параметрам и уровню патологий.

При оценке качества радиомики диапазон баллов для исследованных статей изменяется от 19.44% до 50.00% от максимально возможной суммы. Основные проблемы, влекущие за собой снижение качества исследований, обусловлены отсутствием внешней валидации результатов (73% проанализированных статей), а также недоступностью или непрозрачностью исследовательских данных (82%).

Число извлеченных в статьях радиомических параметров варьируется от 36 до 5486, при этом подробная информация о распределении по классам приводится только в пяти исследованиях. Оценка устойчивости созданной модели проведена в лишь одном исследовании.

Всего в одиннадцать исследований в качестве валидных для прогностических моделей отобран 191 радиомический параметр: 47 – первого порядка, 25 – параметров формы, 119 – второго порядка. Воспроизводимость диагностически значимых моделей между исследованиями крайне низка. Так, одиннадцать из 119 встретились в двух разных исследованиях, и два из 119 – в трех разных исследованиях, в остальных случаях параметры между исследованиями не воспроизводятся. Проблема унификации и воспроизводимости радиомических исследований, в частности выбор радиомических параметров, обладающих наибольшей воспроизводимостью и предсказательной значимостью, остается одной из самых острых для внедрения радиомических моделей в широкое практическое использование.

*\*e-mail: nanova@mail.ru*



<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-68>

## Прогностическое значение мутаций RUNX1 при остром миелоидном лейкозе

М.Л. Никонорова, Л.К. Кац

ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. академика И.П. Павлова Минздрава России, Санкт-Петербург

### Введение

Острый миелоидный лейкоз (ОМЛ) возникает в результате накопления аномальных бластов в костном мозге. ОМЛ может иметь разные механизмы развития и возникать в результате накопления мутаций. Мутации в гене RUNX1 имеют самую высокую частоту (до 16%) среди всех пациентов с онкологическими заболеваниями. Такие мутации могут оказывать патологические и прогностические последствия. Для лечения ОМЛ прогностическая оценка имеет решающее значение, поскольку терапия может быть скорректирована на основе точной оценки результата. В связи с этим был проведен мета-анализ для выявления статистической связи между прогностическим влиянием мутаций в гене RUNX1 и исходом заболевания у пациентов с ОМЛ.

### Материалы и методы

Поиск публикаций был проведен на библиотечных платформах eLibrary.ru, Google Академия, PubMed, Web of Science согласно критериям PRISMA 2020. Поисковый запрос публикаций: RUNX1, мутации и RUNX1, ОМЛ и RUNX1, RUNX1 и выживаемость, mutations, AML. Глубина поиска составила 10 лет (2013 –2023 гг.). Отбор исследований, отслеживание дублирующихся публикаций проводился с помощью онлайн-программы Rayyan. Мета-анализ выполнялся на основе пакета RStudio. Основные характеристики в исследованиях отражались общей выживаемостью (OS), выживаемостью без заболеваний, отношением рисков и оценивались стандартизированным размером эффекта с 95% доверительным интервалом. Величина эффекта основывались на разнице между показателями наблюдаемых пациентов и пациентов, имеющих мутации в гене RUNX1. Фильтрация выбросов проводилась на основе объединенного доверительного интервала. Предвзятость публикаций оценивалась визуально и количественно.

### Результаты

При первичном поиске выявлено 579 публикаций, из них 10 были включены в мета-анализ и в совокупности сформировали выборку пациентов объемом 2733. Результаты статистических тестов по Q-критерию Кохрена (p-значение < 0,0001) и критерию Хиггенса-Томпсона (92%) говорят о высокой гетерогенности включенных в мета-анализ публикаций. 95% доверительный интервал (0,177; 1,528) дисперсии гетерогенности

показывает высокую неоднородность результатов исследований. Объединенный 95%-й доверительный интервал (–0,47; 2,90) не позволяет утверждать, что мутации в гене RUNX1 всегда приводят к неблагоприятному прогнозу. Количественная оценка воронкообразной диаграммы была получена на основе регрессионного теста Эггера (p-значение >0,098) и показала отсутствие предвзятости публикаций.

### Заключение

Проведенный в данном исследовании мета-анализ позволил выявить статистическую связь между прогностическим влиянием мутаций в гене RUNX1 на OS у пациентов с ОМЛ. Результаты мета-анализа показали, что: 1) мутации в гене RUNX1 точно определены и все включенные исследования являются исследованиями влияния мутаций на выживаемость пациентов; 2) показатели размера эффекта в исследованиях сопоставимы; 3) обобщение результатов влияния мутаций из отобранных исследований возможно; 4) все исследования являются методологически обоснованными, измерения в исследованиях были достоверны и надежны. Статистический анализ позволяет оценить выживаемость больших групп пациентов, но не позволяет предсказать прогноз течения заболевания и точную продолжительность жизни отдельного пациента. Статистические данные дают врачам полезную информацию для выбора наиболее подходящего метода лечения, но являются лишь одним из факторов, которые необходимо учитывать при выработке плана лечения.

**Ключевые слова:** мета-анализ, острый миелоидный лейкоз, гетерогенность, мутации RUNX1  
*Контактное лицо:* Никонорова Маргарита Леонидовна, к.п.н., доцент кафедры физики, математики и информатики, ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия.

Телефон: +7 (921)-753-14-91

E-mail: nikonorovaml@1spbmgmu.ru

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-69>

## Персонализированный отчет по генетике на платформе “Генокарта”

А.В. Ностаева<sup>1,2</sup>, А.С. Григорьев<sup>1</sup>, А.В. Жайворон<sup>1</sup>, А.Г. Бурлаченко<sup>1</sup>, Д.Н. Штокало<sup>1,2,3</sup><sup>1</sup>ООО “Руджин”, Новосибирск<sup>2</sup>ООО “АкадемДжин”, Новосибирск<sup>3</sup>Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН, Новосибирск

### Введение

Информация, закодированная в последовательности ДНК, позволяет определить особенности



проявления физиологических признаков (цвет глаз, группу крови, особенности метаболизма и другие), список которых ограничен лишь объемом проведенных до настоящего момента исследований. Таким образом, при наличии генетических данных конкретного человека есть возможность составить для него персонализированный отчет по генетике для некоторого ряда хорошо изученных признаков.

#### Материалы и методы

Для создания сервиса автоматической аннотации геномных данных был разработан и реализован пайплайн, включающий в себя такие этапы обработки данных, как: загрузка геномных данных, полученных с помощью различных методов считывания нуклеотидной последовательности (WGS, WES, array genotyping), предобработка загруженных данных с помощью надежных протоколов анализа обнаружения вариантов (The GATK Best Practices), контроль качества загружаемых данных с использованием таких инструментов, как PLINK1.9 и PLINK2.0, расчет значений признаков с помощью ранее полученных моделей предсказания и аннотация геномных данных, составления легко интерпретируемого отчета. Аннотация геномных данных происходит автоматически данными из базы ClinVar, обширной базы данных, в которой собрана информация о потенциальной связи между геномными вариантами, встречающимися у людей, и различными заболеваниями, патологиями, фенотипами и признаками. Разработка моделей для моногенных и олигогенных признаков была выполнена на основе опубликованных ранее исследований, а также с последующим тестированием на данных из базы openSNP. Разработка моделей для полигенных признаков проводилась с использованием суммарных статистик, предоставленных в свободном доступе на портале PGS Catalog, и с помощью методов построения моделей полигенных рисков (SBayesR). В отчет были включены только те признаки (фенотипы), которые (согласно исследованиям) определяются наиболее достоверно.

#### Результаты

Результатом работы пайплайна является отчет, который содержит аннотацию по базе ClinVar, а также информацию о фенотипах, фармакогенетике и вторичных находках. Отчет по моногенным и олигогенным признакам также включает в себя список полиморфизмов и их значения, используемых для расчета значения признака, а также дополнительную информацию о природе признака. Отчет по полигенным признакам предоставляет пользователю информацию о значении признака, относительное и абсолютное, точность работы модели и дополнительную информацию о природе признака.

#### Заключение

Персонализированный отчет по генетике, полученный с помощью портала «Генокарта» позволяет

предоставить пользователю информацию об особенностях проявления физиологических признаков на основе его генетических данных.

**Ключевые слова:** генетика, днк, фенотипы, полигенные риски, полногеномный поиск ассоциаций, генетические тесты

*Контактное лицо: Ностаева Арина Вячеславовна, программист основного подразделения компании ООО «АкадемДжин», Новосибирск, Россия.*

*Телефон: +7 (968)-759-88-18*

*E-mail: avnostaeva@gmail.com*

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-70>

## Мультиплексное профилирование антител для прогнозирования развития аутоиммунных эндокринопатий

Н.Ф. Нуралиева<sup>1</sup>, М.Ю. Юкина<sup>1</sup>, М.А. Филиппова<sup>2</sup>,  
Е.Н. Савватеева<sup>2</sup>, Д.А. Грядунов<sup>2</sup>, Е.А. Трошина<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ГНЦ РФ ФГБУ «НМИЦ эндокринологии» Минздрава России, Москва

<sup>2</sup>Институт молекулярной биологии им. В.А. Энгельгардта РАН, Москва

#### Введение

При аутоиммунном полигландулярном синдроме (АПС) интервал между клиническим дебютом отдельных компонентов может составить много лет. Для пациентов с аутоиммунными эндокринными патологиями актуально создание многокомпонентной системы прогнозирования развития других эндокринных аутоиммунных заболеваний (ЭАИЗ) с помощью исследования антител (АТ) к тканям органов-мишеней, которые могут быть выявлены за несколько лет до появления симптомов заболевания. Нами разработан метод мультиплексного иммуноанализа для выявления АТ на основе оригинальной технологии гидрогелевых биочипов.

#### Материалы и методы

В исследование включены 206 участников в возрасте 18-88 лет (n=18 с АПС-1, n=30 с АПС-2, n=59 с изолированными ЭАИЗ и АПС-3-4, n=71 с неаутоиммунной эндокринной патологией и n=28 условно здоровых лиц). Проведен мультиплексный иммуноанализ образцов сыворотки крови с определением АТ, характерных для аутоиммунных заболеваний щитовидной железы (к тиреоидной пероксидазе (ТПО) и тиреоглобулину (ТГ)), сахарного диабета 1 типа (глутаматдекарбоксилазе (GAD), тирозинфосфатазе (IA2), островковым клеткам поджелудочной железы (ICA)), аутоиммунной надпочечниковой недостаточности (21-гидроксилазе (P450c21)), АПС-1 (интерферону- $\omega$  (ИФН- $\omega$ ), интерферону- $\alpha$  (ИФН- $\alpha$ ), интерлейкину-22 (ИЛ-22)). В качестве референсных тестов приняты

иммуноферментный анализ (для АТ к ТПО, ТГ, GAD, IA2, P450c21, ICA) и генетически и/или клинически подтвержденный диагноз АПС-1 (для АТ к ИФН- $\omega$ , ИФН- $\alpha$ , ИЛ-22).

#### Результаты

Точность метода мультиплексного иммуноанализа составила: 89% [84%; 93%] для АТ к ТПО, 95% [90%; 97%] для АТ к ТГ, 97% [94%; 99%] для АТ к GAD, 98% [94%; 99%] для АТ к IA2, 95% [91%; 97%] для ICA, 89% [84%; 93%] для АТ к P450c21, 100% [97%; 100%] для АТ к ИФН- $\omega$ , 99% [97%; 100%] для АТ к ИФН- $\alpha$ , 99% [95%; 100%] для АТ к ИЛ-22.

#### Заключение

Метод мультиплексного иммуноанализа на гидрогелевом биочипе для выявления АТ позволяет проводить скрининг аутоиммунных эндокринопатий в группе риска и выявлять скомпрометированных пациентов за несколько лет до появления симптомов заболевания. Обследование может быть внедрено в систему диспансеризации группы риска. Тем самым возможен социально-экономический эффект от применения созданной технологии за счет снижения инвалидизации населения и сокращения бюджетных ассигнований на лечение. По нашему мнению, такой скрининг целесообразно проводить 1 раз в 5 лет. В отношении поиска аутоиммунной надпочечниковой недостаточности, с учётом того, что заболевание является жизнеугрожающим, дополнительное обследование может быть рекомендовано перед плановыми хирургическими вмешательствами или при подготовке к беременности и родам.

*Контактное лицо: Нуралиева Нурана Фейзуллаевна, научный сотрудник отделения терапии заболеваний щитовидной железы, надпочечников и ожирения ГНЦ РФ ФГБУ «НМИЦ эндокринологии» Минздрава России, Москва, Россия.*

*Телефон: +7 (916)-015-10-17*

*E-mail: nnurana@yandex.ru*

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-71>

## Применение алгоритмов искусственного интеллекта и машинного обучения для определения тяжести и прогнозирования летальности пациентов с черепно-мозговой травмой

О.В. Онофрийчук, К.А. Кошечкин, С.А. Степанов,  
М.А. Кислов

ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России  
(Сеченовский Университет)

#### Введение

Черепно-мозговая травма является ведущей причиной смертности среди молодых людей

и основной причиной заболеваемости во всем мире. Диагностика кровоизлияния после травмы чрезвычайно важна по времени, поскольку даже задержка в несколько минут может привести к летальному исходу.

Внедрение автоматизированных инструментов обнаружения кровоизлияний, способных обеспечить быструю и точную количественную оценку повреждения, сократит время постановки диагноза по сравнению с качественной визуальной оценкой специалиста и обеспечит более объективную основу для принятия решений о лечении, что будет являться спасением для тысяч пациентов.

#### Материалы и методы

Для научного обзора было проанализировано статьи из баз данных PubMed, Web of Science и Scopus, содержащих информацию об использовании алгоритмов ИИ и МО в распознавании ЧМТ, определения тяжести состояния и прогнозировании смертности, основанных на анализе КТ-изображения. В обзор включены статьи с использованием 19 алгоритмов.

КТ выбрано предпочтительным методом визуализации для оценки степени и распространенности ЧМТ, предоставления входных данных для прогностических моделей и оценки необходимости хирургического лечения.

#### Результаты

Системы автоматизированного анализа позволяют измерить клинически значимые особенности изображения, которые трудно определить количественно при обычном визуальном осмотре, а также учесть больше диагностически важных для лечения показателей организма.

Наибольшую точность в определении ЧМТ, ее степени и прогноза показали динамические системы. Все алгоритмы давали большой процент ошибок при определении кровоизлияний небольшого объема без ручной корректировки. Поэтому их следует использовать только для диагностики потенциально умеренных и тяжелых травм. Системы автоматизированного анализа изображений могут служить эффективным средством сортировки при большом потоке пациентов и отсутствии высококвалифицированных специалистов.

Большинство исследований не учитывало проводимые операционные вмешательства и их влияние на обучение алгоритмов. В тех же исследованиях, где рассматривался факт оперативного вмешательства, увеличивалось количество ложных результатов. Поэтому таких пациентов авторы не рекомендуют для включения в процесс обучения алгоритмов.

Прогнозы в реальном времени, основанные на динамических алгоритмах, могут быть использованы для предупреждения об ухудшении состояния пациента и для количественной оценки влияния различных медицинских и хирургических вмешательств на прогноз.



## Заключение

Несмотря на то, что алгоритмы ИИ и МО улучшают автоматическую диагностику и прогнозирование исхода ЧМТ, традиционное визуальное изучение КТ-изображений по-прежнему остается единственным исследованием, проводимым клиницистами на практике.

На данном этапе главными проблемами разработки и внедрения систем автоматического анализа являются недостаточный объем данных для обучения алгоритмов и зависимость точности прогноза от ручной корректировки. Большой размер выборки может позволить включить данные методы диагностики в рутинную клиническую практику. В будущем это может улучшить прогностические показатели пациента, обеспечить персонализированные планы лечения, а также в целом поднять качество оказываемой медицинской помощи. Поэтому необходимы дальнейшие исследования для более тщательного обучения алгоритмов.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, машинное обучение, глубокое обучение, компьютерная томография, черепно-мозговая травма  
**Контактное лицо:** Онофрийчук Оксана Владимировна, студент Института клинической медицины им. Н.В.Склифосовского ФGAOY BO Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия.  
Телефон: +7 (926)-033-43-17  
E-mail: oksana\_onofriyчук@mail.ru

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-72>

## Новая система стратификации риска адренокортикального рака

Н.В. Пачушвили\*, Э.Э. Порубаева, А.Р. Елфимова,  
Л.С. Урсова

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр  
эндокринологии» Минздрава России, Москва

### Введение

Адренокортикальный рак (АКР) – редкая злокачественная эндокринная опухоль из клеток коры надпочечника. В последние годы АКР рассматривается как гетерогенная группа заболеваний с различными патоморфологическими и геномными особенностями, что обуславливает вариабельность клинической картины и прогноза для пациентов. Точная шкала для оценки злокачественного потенциала опухоли имеет крайне важное значение для принятия решения о назначении адъювантной терапии, определения особенностей последующего наблюдения за пациентом, а также для прогнозирования ближайших и отдаленных исходов. Несмотря на многочисленные молекулярно-генетические, патоморфологические и клинические исследования в настоящее время определение

злокачественного потенциала новообразования надпочечника в клинической практике все еще затруднено и является одной из сложнейших задач прижизненной гистологической диагностики. Шкала Weiss получила наибольшее распространение и является стандартом диагностики АКР, однако система не является универсальной. В то же время неравнозначная диагностическая ценность, субъективизм оценки и интерпретации некоторых критериев обуславливают существование серой зоны, когда достоверно оценить злокачественный потенциал опухоли не представляется возможным.

### Цель исследования

Разработка универсальной математической модели для дифференциальной диагностики всех морфологических типов АКР у взрослых.

### Материалы и методы

В исследование были включены пациенты с новообразованиями надпочечников, получившие лечение в ФГБУ «НМИЦ эндокринологии» Минздрава России, а также консультативный операционный материал пациентов из других лечебных учреждений. У всех больных проведена адреналэктомия в период с 2005 по 2022 г. Всего для исследования было отобрано 143 случая опухолей надпочечников. Все образцы опухолевой ткани верифицировали в соответствии с Международной гистологической классификацией опухолей надпочечника (ВОЗ, 2022). ИГХ исследование производилось на автоматическом иммуногистостейнере Leica BOND III (Германия) по стандартным протоколам, рекомендованным фирмой-производителем с использованием моноклональных первичных антител к маркеру клеточной пролиферации Ki-67 (MIB 1 Leica (Германия)) и фосфогистону H3 (PHH3).

### Результаты

Разработанный способ включает определение комплекса восьми диагностически значимых показателей: размер опухоли (см), масса опухоли (г), индекс пролиферативной активности Ki-67 (%), наличие/отсутствие митозов, ядерного полиморфизма, патологических митозов, инвазии в капсулу, некрозов. На основании полученных данных вычисляют вероятность развития АКР по формулам в 3 этапа. Разработанная система представляет диагностически значимый комплекс показателей, учитывающий меньшее количество критериев из используемой в настоящее время шкалы Weiss. Данный диагностический алгоритм является высокоточным (общая точность 100% (95% ДИ: 96%-100%).

### Заключение

Главным преимуществом новой системы является универсальность применения для всех морфологических вариантов АКР у взрослых пациентов, что отличает данный способ от известных решений. Применение новой модели позволит решить проблему субъективности и сложности в интерпретации

некоторых из критериев алгоритмов диагностики, используемых в клинической практике в настоящее время.

**Ключевые слова:** аденокортикальный рак, система оценки, морфологическая диагностика

\*e-mail: npachuashvili@bk.ru

+7 (916) 971-15-17

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-73>

## Методология оценки эффективности алгоритмов искусственного интеллекта для диагностики остеопороза в клинических условиях

А.В. Петрайкин<sup>1</sup>, Ж.Е. Белая<sup>2</sup>, Э.Р. Артюкова<sup>1</sup>,  
Н.Д. Кудрявцев<sup>1</sup>, Д.С. Семенов<sup>1</sup>, Д.Е. Шарова<sup>1</sup>,  
Ю.А. Васильев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», Москва

<sup>2</sup>ФГБУ «НМИЦ эндокринологии» Минздрава России, Москва

### Введение

С 2020 в ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ» проводится эксперимент по использованию инновационных технологий в области компьютерного зрения для анализа медицинских изображений и дальнейшего применения в системе здравоохранения города Москвы. В рамках эксперимента было сформировано направление для ранней диагностики остеопороза с помощью сервисов искусственного интеллекта (ИИ).

### Материалы и методы

Первоначально была создана методология тестирования и внедрения сервисов ИИ по диагностике остеопороза, включающая в себя разработку базовых функциональных требований (БФТ) и базовых диагностических требований (БДТ). Согласно БДТ решается клиническая задача: по данным компьютерной томографии органов грудной клетки (КТ ОГК) определяется наличие, локализация компрессионных переломов (КП) тел позвонков с деформацией более 25%, проводится дифференцировка по степени деформации согласно классификации Genant. В БФТ сформированы требования к формату предоставления результатов, руководства пользователя, технические параметры передачи данных и обработки результатов. Далее был определен порядок этапов тестирования и внедрения ИИ сервисов, включающий в себя последовательно – этапы функционального и калибровочного тестирования, этап апробации и этап опытной эксплуатации. На базе ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ» была сформирована группа экспертов для ежемесячного мониторинга эффективности и качества выполнения клинической задачи сервисами ИИ на всех этапах.

В период с июня 2021 по июнь 2022 в эксперименте проходили тестирование два сервиса ИИ (Сервис

ИИ №1–Genant-IRA, ООО «АЙРА Лабс», Россия и Сервис ИИ №2–Zebra HealthVCF», «Zebra Medical Vision», Израиль), использующие отличные друг от друга методы определения наличия КП.

### Результаты

Для тестирования сервисов ИИ были сформированы и анонимизированы наборы данных: для функционального тестирования – 5 исследований КТ ОГК, для калибровочного – 100 (48 с КП и 52 – норма) из них 29 мужчин (медиана возраста 76 лет), 71 женщин (медиана 75 лет). На этапе калибровочного тестирования были получены следующие метрики: Сервис ИИ №1: точность – 0,99 (с доверительным интервалом 0,94–1,0); чувствительность – 1,0 (0,93–1,0); специфичность – 0,98 (0,89–1,0); ROC AUC – 0,99. Сервис ИИ №2: точность – 0,91 (0,83–0,96); чувствительность – 0,86 (0,72–0,95); специфичность – 0,87 (0,85–0,99); ROC AUC – 0,91 (0,85–0,96). Оба сервиса были допущены до дальнейшей работы поскольку точность и ROC AUC превышали принятый пороговый уровень 0,80.

На этапе апробации и опытной эксплуатации с помощью сервисов ИИ анализировались исследования КТ ОГК, которые были выполнены в медицинских организациях стационарного и амбулаторного звена. Для сервиса ИИ №1 были получены следующие метрики: точность – 0,95 (0,92–0,97); ROC AUC – 0,93 (0,89–0,96). Сервис ИИ №2 трактовал исследование с точностью – 0,83 (0,80–0,87); ROC AUC – 0,92 (0,90–0,94). Показатели точности и ROC AUC были несколько ниже данных полученных в ходе калибровочного тестирования.

За 8 месяцев работы сервисов ИИ на этапе опытной эксплуатации было проанализировано 76 тыс. КТ ОГК исследований у пациентов старше 50 лет и в 5,5% случаев (4200) было выявлено КП.

### Заключение

Разработана и апробирована методология тестирования сервисов ИИ для анализа медицинских изображений с целью ранней диагностики остеопороза. Продемонстрировано высокое качество диагностики и выполнение клинической задачи по выявлению КП в режиме оппортунистического скрининга.

**Ключевые слова:** остеопороз, искусственный интеллект, компьютерная томография, компрессионный перелом

*Контактное лицо:* Артюкова Злата Романовна, младший научный сотрудник отдела инновационных технологий ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», Москва, Россия.

Телефон: +7 (906)-748-02-73

E-mail: zl.artjukova@gmail.com

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-74>

## Возможности искусственного интеллекта при патоморфологическом исследовании препаратов предстательной железы

М.Н. Пешков

Академия последипломного образования ФГБУ ФНКЦ  
ФМБА России, Москва

### Введение

Доброкачественная гиперплазия предстательной железы (ДГПЖ) и рак предстательной железы (РПЖ) встречаются у 50 % мужчин в возрасте старше 50 лет и до 90 % мужчин в возрасте старше 80 лет. РПЖ является одним из наиболее распространенных видов опухоли и вторым по причине смерти среди мужчин.

Патоморфологическое исследование является золотым стандартом для выявления РПЖ. Интерпретация изображений требует высокого уровня знаний, является трудоемким процессом и является эксперт-зависимым методом исследования.

**Цель:** изучить возможности применения технологии искусственного интеллекта (ИИ) при патоморфологическом исследовании препаратов предстательной железы.

### Материалы и методы

Отцифрованная гистопатология — позволяет визуализировать и интерпретировать атипичные клетки и образцы тканей в изображениях с высоким разрешением и с помощью программных инструментов.

Сочетание традиционных методов диагностики с вычислительными методами ИИ (автоматизированной системы диагностики, АСД) позволяет стандартизировать процедуру исследования, уменьшить нагрузку на патологоанатомов при сохранении производительности. АСД для выявления рака предстательной железы получает необработанные гистопатологические изображения, предварительно обрабатывает их и выдает конкретный диагностический результат. Сегодня выделяют две группы АСД: первые используют созданные вручную функции и опираются на традиционные методы машинного обучения, а вторая — применяет методы глубокого обучения. Есть два общих компонента: получение и предварительная обработка изображения.

### Результаты

Модель глубокой нейронной сети с 40 кратным и 20 кратным увеличением представляет подробную морфологию рассматриваемой ткани; 10 кратное и 5 кратное увеличение предоставляет информацию о пространственном изменении

окружающей ткани. Обученные модели с однократным разрешением для сравнения. Модели оценивались с использованием площади под кривой рабочих характеристик приемника (AUROC) и средней точности (Average Precision, AP), рассчитанной по кривой зависимости точности от полноты 95% доверительные интервалы (ДИ) были построены с использованием метод исследования распределения статистик вероятностных распределений. Модель с 4-х кратным разрешением достигла AUROC 0,996 (95% ДИ: 0,994–0,997) и AP 0,997 (95% ДИ: 0,994–0,998).

### Заключение

Более чем у 28% всех исследованных пациентов диагностирован РПЖ. Гистопатологические изображения могут улучшить раннюю диагностику и результаты лечения за счет предоставления функциональных и морфологических данных о ткани простаты.

Обработка гистопатологических изображений для выявления РПЖ, включает: (I) возможность дифференцированного сопоставления изображений с различных сканеров и при различных патологиях; (II) онлайн-консультирование препаратов; (III) проведение гистопатологического анализа в отдаленных территориях; (IV) интеграции данных лучевых и гистологических исследований с функциональностью обработки изображений в реальном времени и (V) возможность встроить приложения и программное обеспечение для методов обработки гистопатологических изображений в микроскопы для стандартизации процедуры исследования.

Технология ИИ позволяют улучшить качество интерпретации результатов гистологического исследования, снизить нагрузку на врача-патоморфолога.

**Ключевые слова:** доброкачественная гиперплазия простаты, ДГПЖ, рак предстательной железы, РПЖ, шкала Глисона, искусственный интеллект

**Контактное лицо:** Пешков Максим Николаевич, доцент кафедры онкологии и пластической хирургии

Академия последипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА, Москва, Россия

Телефон: +7 (903) 159-49-07

E-mail: Drpeshkov@gmail.com

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-75>

## Разработка инновационной технологии неинвазивного мониторинга уровня гликированного гемоглобина с применением искусственного интеллекта

Е.Е. Поликер, Б.Л. Земских, К.А. Кошечкин,  
Г.С. Лебедев

ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени  
И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет),  
Москва

### Введение

Сахарный диабет (СД) является одной из ключевых проблем современной медицины. По статистике Всемирной Организации Здравоохранения, на текущий период, количество людей, страдающих от сахарного диабета, по всему миру превышает 400 миллионов человек. Согласно данным Министерства здравоохранения Российской Федерации, из общего числа больных, 11 миллионов приходится на пациентов из России, что составляет приблизительно 7.7% от общей численности населения страны и что соответствует примерно каждому тринадцатому человеку.

Ранняя диагностика СД играет критическую роль в предотвращении основных осложнений данного заболевания. Важнейшим маркером в диагностике СД является показатель уровня гликированного гемоглобина (HbA1c), который обладает высокой информативностью в рамках проведения скринингового исследования. На текущий момент, существующие методы диагностики данного заболевания требуют проведения малоинвазивных процедур, которые обладают рядом недостатков. Наша разработка предлагает инновационную методику для неинвазивного определения уровня HbA1c.

### Материалы и методы

Наша команда тщательно разрабатывает проект будущего спектрофотометра. Для создания математической модели использовались нейронные сети, разработанные на основе экспериментальных данных. Обучение нейросети было проведено с использованием большого датасета, выгруженного из открытых баз данных, включающих значения уровня HbA1c у различных групп пациентов. В ходе обучения мы применили оптимизатор Adam, функцию потерь MSE и другие параметры для регулировки процесса обучения. Главной особенностью методики является применение Рамановской спектроскопии, позволяющей осуществлять измерения без прямого контакта с кровью.

В работе используется лазер с длиной волны 785 нм для сбора рамановских спектров, которые

служат входными данными для обученной и оптимизированной нейросети.

### Результаты

В данном исследовании был разработан новый алгоритм обработки и распознавания раман-спектров. Реализация алгоритма выполнена на языке программирования Python. Мы провели обзор уже существующих изобретений, что позволило нам подготовить техническую документацию по созданию 3D-модели детектора, монохроматор с оптимальной длиной волны лазера, а также блок управления и оцифровки для сбора рамановских спектров.

### Заключение

Разработанный нами алгоритм значительно упрощает и ускоряет процесс анализа спектральных данных. Одним из ключевых достижений проекта является использование созданного программного обеспечения для определения уровня гликированного гемоглобина (HbA1c) без необходимости проведения инвазивных процедур. Для успешного завершения доклинической фазы испытаний требуется дополнительная поддержка. Мы надеемся, что наши результаты привлекут внимание и поддержку со стороны научного и медицинского сообщества.

**Ключевые слова:** гликированный гемоглобин, искусственный интеллект, рамановская спектроскопия

*Контактное лицо: Поликер Екатерина Ефимовна, лаборант кафедры информационных и интернет-технологий ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия.*

*Телефон: +7 (917)-535-92-04*

*E-mail: katepoliker@gmail.com*

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-76>

## Персональная электронная карта мрт сканирований головного мозга пациента

А.Н. Поляков, И.М. Енягина

НИЦ «Курчатовский Институт», КК НБИКС-ПТ,  
Лаборатория технологий искусственного интеллекта, Москва

### Введение

Нейровизуализация является важным инструментом в диагностическом процессе различных клинических состояний, в том числе в эндокринологии. Одним из наиболее популярных методов нейровизуализации на сегодняшний день является метод ядерной магнитно-резонансной томографии (МРТ). Широкое использование магнитно-резонансной томографии головного мозга (МРТ) предоставило нам невероятно точные изображения, которые дают нам возможность усовершенствовать диагностическую компетентность.

Благодаря непрерывным и значительным технологическим разработкам магнитно-резонансная томография может точно охарактеризовать многочисленные структурные аномалии головного мозга, включая гипофиз и гипоталамус. И как следствие – предоставить необходимую информацию для постановки диагноза, планирования и контроля эффективности лечения пациента.

### Цель

Основной целью выполненных работ являлось проектирование сервиса «Персональная электронная карта МРТ сканирования пациента» системы «Нейровизуализация» ИАП «Цифровая Лаборатория» НИЦ «Курчатовский Институт», позволяющего медицинским учреждениям организовать централизованное упорядоченное хранение результатов МРТ сканирования головного мозга пациентов, с возможностью быстрого поиска и анализа МРТ данных.

### Материалы и методы

На первом этапе была спроектирована локальная база данных результатов МРТ, а также персональная электронная медицинская карта пациента, имеющая следующую структуру:

- персональные данные пациента,
- диагноз,
- история МРТ сканирования (дата, сырые данные, обработанные данные, комментарии).

На втором этапе был спроектирован пользовательский веб-интерфейс, позволяющий врачам работать с данными удалённо, с доступом к базе данных МРТ сканирования.

На третьем этапе был спроектирован функционал подключения сервиса к системе «Нейровизуализация», позволяющей, в случае необходимости, удалённо выполнять обработку МРТ данных.

### Результаты

Сервис «Персональная электронная карта МРТ сканирования пациента» позволит медицинским учреждениям систематизировать информацию о МРТ сканировании головного мозга пациента; выявлять патологии, указывающие на эндокринные заболевания; отслеживать динамику изменений анатомических структур головного мозга пациента. Сервис может быть развёрнут как централизованно, с удалённым доступом для врачей посредством пользовательского веб-интерфейса, так и локально, посредством установления соответствующего ПО на ПК врачей.

Работы выполнены в рамках тематического плана КК НБИКС-ПТ НИЦ «Курчатовский Институт» (приказ НИЦ КИ № 87 от 20.01.2023г.), подтема 1ф.1.3 «Разработка системы неинвазивных методов построения структурных, функциональных и эффективных коннектов крупномасштабных сетей мозга».

*Enyagina\_IM@nrcki.ru*

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-77>

## Компьютерная программа телекоммуникационного иммунного мониторинга онкологических больных

И.О. Пономарёв<sup>1</sup>, Н.Н. Удербает<sup>2</sup>, Г.Ж. Удербает<sup>2</sup>,  
Н.Н. Омирбекова<sup>2</sup>, К. Сламбеккызы<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Центр системной медицины, Казахстан, Астана.

<sup>2</sup>Научно-клинический центр онкореконвалитации, Казахстан, Астана.

### Введение

Иммунная система (ИС) является основой развития и исхода злокачественных новообразований (ЗН). Лабораторные методы определения отдельных показателей ИС неприемлемы для использования в повседневной клинической практике (высокая стоимость, непонимание информации, низкая лабораторная доступность). До настоящего времени нет стандартизованного понятия «иммунограмма». Соответственно, нет стандартизации трактовки получаемых показателей. При очевидности ключевого значения ИС в онкологии, существует проблема её оценки в ежедневной врачебной практике.

### Материалы и методы

Для определения активности ИС у онкологических больных использовано компьютерная программа «Immunogid» ([www.immunogid.com](http://www.immunogid.com)). Программа основана на математической модели обработки цифровых показателей общего анализа крови (ОАК). Счётная матрица основана на математической модели Д.О. Иванова с соавт. (2002), в модификации И.О. Пономарёва с соавт. (2021).

Показатель активности иммунного ответа отражает взаимоотношения уровней интерлейкинов (ИЛ)-5 и ИЛ-13, продуцируемых Т-лимфоцитами-хелперами 2-го типа, продукции эозинофилами ИЛ-1, 3, 5, 6, 8, колониестимулирующих факторов, тромбоцитарного фактора роста, молекул адгезии, и соответствует цитокиновому спектру медиаторов воспаления лимфокинов, монокинов, про- и противовоспалительных цитокинов.

### Результаты

Программа состоит из 3 блоков: 1 – интерфейс таблицы ОАК, 2 – счётная матрица, 3 – база сведений о канцерогенах I класса и ко- канцерогенах. После введения показателей ОАК пользователь получает результат активности ИС, выраженный в процентах (N=0-100%%; отрицательные значения – уровень иммунодепрессии и преобладания инфекционной нагрузки; более 100% – гипериммунизация по аутоиммунному типу). При продолжении запроса абонент получает сведения о научно доказанных опухоле- индуцирующих биологических факторах и ко- факторах. 3-й блок представлен



в двух градациях – 3-а: для врача (со ссылками на научные источники), 3б: для пациента – в доступной стилистике объяснения.

### Заключение

ОАК доступен на всех уровнях здравоохранения. Программа «Immupogid» позволяет объективно в стандартном виде определить активность ИС онкологического пациента на всех этапах лечения и при диспансеризации. Информационный блок позволяет своевременно выявить персональные канцерогенные и ко- канцерогенные факторы индукции опухолевого роста. Использование программы позволяет на экспертном уровне проводить противоопухолевую персонализированную иммуномодулирующую терапию.

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-78>

## Компьютерное моделирование структурных детерминант чувствительности *Mycobacterium Tuberculosis* к соединениям на основе производных нуклеозидов

А.Ю. Потапова<sup>1</sup>, П.А. Иванов-Ростовцев<sup>1</sup>,  
В.А. Кезин, АЛ. Хандажинская<sup>2</sup>, А.А. Анашкина<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), г. Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup>Институт молекулярной биологии им. В.А. Энгельгардта, Российская академия наук (ИМБ РАН), г. Москва, Российская Федерация

### Введение

Во всем мире туберкулез (ТБ) занимает 13-е место среди основных причин смерти и второе место среди причин смерти после COVID-19, опережая ВИЧ и СПИД. Рост заболеваемости обусловлен резистентностью ТБ к лекарственным препаратам (ТБ с множественной лекарственной устойчивостью), что определяет необходимость поиска новых препаратов для лечения туберкулеза. Анализ химических соединений, подавляющих рост и развитие штаммов *M. tuberculosis*, позволит выявить закономерности в строении молекул, дающих наибольший вклад в эффективность действия препарата.

### Материалы и методы

Обучающая выборка состояла из 31 соединения-производных нуклеозидов, соответствующие им значения MIC были получены экспериментально и переведены в 20-балльную шкалу. QSAR проводился в программе MOE (Molecular Operating Environment). Лучшая модель была получена методом GA-MLR на пяти 2D дескрипторах, оценка ее описательной и предсказательной способности проводилась математически, а также кросс-валидацией методом leave-one-out. Область применимости модели определялась с помощью инструмента

Applicability Domain Tool v1.0. База соединений, на которой применялась модель, была собрана методом MedChem Transformations. В качестве потенциальных мишеней были выбраны тимидилат синтаза, еноил-редуктаза, тимидилат киназа, серин/треониновая протеинкиназа. Молекулярный докинг к ферментам-мишеням проводился в программах AutoDock Vina и Schrödinger Maestro.

### Результаты

С помощью лучшей модели было предсказано 1273 соединения с высокой противотуберкулезной активностью (>20 по 20-балльной шкале). Докинг к тимидилат синтазе показал повышенные значения афинности для шести соединений. Для остальных ферментов результаты спорны.

### Заключение

Из результатов докинга можно предположить, что потенциальной мишенью некоторых производных нуклеозидов является тимидилат синтаза, что в дальнейшем можно использовать для обогащения библиотек соединений или пошагового конструирования новых молекул с использованием каркаса лигандов. Одно из предсказанных активных соединений запланировано к химическому синтезу и экспериментальной проверке активности на штаммах *M. tuberculosis*.

**Ключевые слова:** антибиотикорезистентность, противобактериальная активность, производные нуклеозидов, *Mycobacterium tuberculosis*, QSAR, компьютерное моделирование

*Контактное лицо: Потапова Алиса Юрьевна, студент института фармации им.А.П.Нелюбина ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия.*

*Телефон: +7 (985)-795-08-85*

*Email: potapova\_a\_yu@student.sechenov.ru*

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-79>

## Применение контролируемых словарей при описании фармацевтической продукции

М.А. Привалов, А.В. Балуцкая

ФГАОУ ВО

«Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), г. Москва

### Аннотация

Данный текст описывает основные словари, используемые в фармацевтической индустрии для классификации и идентификации лекарственных средств. Они содержат информацию о медицинских терминах, лекарственных препаратах, их дозировках и формах выпуска. Использование этих словарей позволяет обеспечить единый подход к классификации и идентификации лекарственных

средств, что повышает безопасность и эффективность лечения.

**Ключевые слова:** фармацевтическая индустрия, классификация, идентификация, лекарственные средства, EudraVigilance, WHODrug, медицинские термины, безопасность, эффективность.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки (собственные ресурсы).

*Контактное лицо: Балутская Анастасия Викторовна, студентка Института клинической медицины им. Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет) Минздрава России.*

*aminek@bk.ru*

*Адрес: ул. Трубецкая, д.8, стр. 2, г. Москва, 119991, Россия*

*E-mail: n.balutsckaia@yandex.ru*

## Review article

# The use of controlled dictionaries in the description of pharmaceutical products

Maxim A. Privalov, Anastasia V. Balutsckaia

I.M. Sechenov First Moscow State Medical University  
(Sechenov University)

8/2, Trubetskaya str., Moscow, 119991, Russia

## Annotation

This text describes the main dictionaries used in the pharmaceutical industry for the classification and identification of medicines. They contain information about medical terms, medicines, their dosages and forms of release. The use of these dictionaries makes it possible to provide a unified approach to the classification and identification of medicines, which increases the safety and effectiveness of treatment.

**Keywords:** pharmaceutical industry, classification, identification, medicines, EudraVigilance, WHODrug, medical terms, safety, efficacy.

*Contact information: Anastasia V. Balutsckaia, student, N.V. Sklifosovskiy Institute of Clinical Medicine, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University).*

*Address: 8/2, Trubetskaya str., Moscow, 119991, Russia*  
*E-mail: n.balutsckaia@yandex.ru*

*Conflict of interest. The authors declare no conflicts of interests*

*Financial support. The study was not sponsored (own resources).*

## Список сокращений:

DADI – Digital Application Dataset Integration

IDMP – Identification of Medicinal Products

## Введение

В современном мире фармацевтическая индустрия является одной из самых важных и быстро развивающихся отраслей. В связи с этим возрастает необходимость в точном и единообразном описании лекарственных средств, чтобы обеспечить их безопасность и эффективность. Одним из инструментов, используемых для этой цели, являются контролируемые словари. В данной статье мы рассмотрим, что такое контролируемые словари, как они применяются в фармацевтической индустрии и какие словари используются для описания лекарственных средств. Также мы представим примеры использования контролируемых словарей при описании фармацевтической продукции и обсудим преимущества их применения.

## Материалы и методы

Для проведения исследования были использованы данные из различных источников, включая научные статьи, официальные документы и руководства по применению контролируемых словарей в фармацевтической индустрии за последние 10 лет.

## Результаты

Контролируемые словари – специальные системы классификации медицинских терминов, которые используются в фармацевтической индустрии для описания лекарственных средств и их побочных эффектов. Они помогают унифицировать терминологию и облегчают обмен информацией между различными участниками фармацевтического процесса, такими как производители, регулирующие органы, врачи и пациенты.

Контролируемые словари содержат большое количество терминов, которые связаны между собой с помощью семантических отношений. Например, в словаре MedDRA каждый термин имеет свой уникальный код и может быть связан с другими терминами через иерархическую структуру.

При описании лекарственных средств контролируемые словари позволяют точно определить их состав, дозировку, побочные эффекты и другие характеристики. Они также используются для классификации лекарственных средств по анатомической, терапевтической и химической основе, что облегчает поиск и сравнение различных препаратов.

IDMP (Identification of Medicinal Products) — это система уникальной идентификации лекарственных средств, которая была разработана Европейским агентством по лекарственным средствам (EMA) и введена в действие в 2016 году. IDMP включает в себя стандарты для идентификации лекарственных средств по всему миру, что позволяет улучшить безопасность пациентов и обеспечить более эффективное управление данными о лекарствах [1].

Система IDMP состоит из пяти модулей, каждый из которых содержит информацию о различных

аспектах лекарственных средств, таких как состав, дозировка, способ применения и т.д. Эти данные хранятся в централизованной базе данных и доступны для использования регуляторными органами, фармацевтическими компаниями и другими заинтересованными сторонами.

Внедрение системы IDMP помогает улучшить безопасность лекарственных средств и предотвращать ошибки в дозировке и применении. Это также помогает упростить процесс регистрации новых лекарственных средств и облегчить обмен информацией между регуляторными органами и фармацевтическими компаниями [2].

**Примеры применения контролируемых словарей при описании фармацевтической продукции включают:**

1. Описание состава и дозировки лекарственного препарата: контролируемые словари позволяют точно определить химические компоненты, их концентрацию и дозировку в лекарственном препарате.

2. Классификация лекарственных средств по терапевтической основе: контролируемые словари помогают классифицировать лекарственные препараты по их терапевтическому действию, что облегчает поиск и выбор оптимального препарата для лечения конкретного заболевания.

3. Описание побочных эффектов: контролируемые словари содержат термины, которые описывают возможные побочные эффекты лекарственных средств. Это позволяет учитывать возможные риски при назначении препарата и мониторинге его эффективности.

4. Обмен информацией между различными участниками фармацевтического процесса: контролируемые словари являются универсальным языком для обмена информацией между производителями лекарственных средств, регулирующими органами, врачами и пациентами. Это облегчает взаимодействие между участниками процесса и повышает качество лечения.

Extedo специализируется на решениях для управления документами, регистрации лекарственных средств и соблюдения требований регулирующих органов. Это помогает фармацевтическим компаниям ускорить процесс регистрации новых препаратов и повысить эффективность управления документами. Кроме того, Extedo предоставляет услуги по консультациям и обучению в области регуляторной документации.

Veeva, в свою очередь, предлагает облачные решения для управления данными о лекарственных средствах, клинических испытаниях и медицинских продуктах. Ее продукты помогают фармацевтическим компаниям улучшить эффективность процесса разработки и выпуска новых препаратов, а также повысить качество клинических испытаний. Кроме того, Veeva предоставляет услуги по анализу данных и обучению в области управления медицинскими продуктами.

Обе компании имеют хорошую репутацию в отрасли и имеют множество клиентов по всему миру. Они также активно сотрудничают с регуляторными органами и научными сообществами для разработки новых стандартов и решений в области управления данными о лекарственных средствах.

В целом, Extedo и Veeva предоставляют важные инструменты для улучшения эффективности и качества процессов в фармацевтической отрасли. Их продукты помогают фармацевтическим компаниям быстрее выпускать новые препараты и повышать безопасность и эффективность лечения пациентов.

Проект Digital Application Dataset Integration (DADI) – это инициатива Европейского агентства по лекарственным средствам (EMA), направленная на улучшение доступности и качества данных о лекарственных средствах для медицинских работников и пациентов. Цель проекта – создание централизованной базы данных, объединяющей информацию о лекарственных средствах из различных источников, включая EudraVigilance, EMA Product Information Management System и другие.

Одной из главных задач проекта является повышение эффективности процесса регистрации новых лекарственных средств и обновления информации о уже зарегистрированных препаратах. Для этого планируется использовать новые технологии, такие как искусственный интеллект и машинное обучение, которые позволят автоматизировать процессы сбора, анализа и обработки данных [3].

Ожидается, что создание централизованной базы данных позволит улучшить качество информации о лекарственных средствах и сократить время, необходимое для ее получения. Это, в свою очередь, поможет медицинским работникам и пациентам принимать более обоснованные решения в отношении лечения и предотвращать нежелательные реакции на препараты.

Проект DADI уже получил поддержку от Европейской комиссии и некоторых национальных регуляторных органов. Однако, для его успешной реализации необходимо решить ряд технических, правовых и организационных вопросов. В частности, необходимо разработать единые стандарты для сбора и обработки данных, а также обеспечить защиту конфиденциальности персональных данных пациентов.

### **Обсуждение**

Внедрение системы SPOR и стандартов IDMP является важным шагом в улучшении управления информацией о лекарственных средствах. Однако, для успешной реализации этой системы необходимо обеспечить сотрудничество всех заинтересованных сторон, таких как производители лекарственных средств, регулирующие органы, аптечные сети и медицинские учреждения.

Одной из главных проблем, которые могут возникнуть при внедрении этой системы, является

необходимость внедрения соответствующих стандартов. Не все производители лекарственных средств готовы к этому изменению и могут столкнуться с трудностями при адаптации к новым требованиям. Поэтому необходимо проводить обучение и консультации для производителей лекарственных средств, чтобы обеспечить бесперебойную работу системы.

Кроме того, важно обеспечить безопасность хранения и передачи информации о лекарственных средствах. Необходимо разработать соответствующие меры безопасности и защиты данных, чтобы предотвратить несанкционированный доступ к конфиденциальной информации.

В целом, внедрение системы SPOR и стандартов IDMP является важным шагом в повышении качества здравоохранения и безопасности лекарственных средств. Однако, для успешной реализации этой системы необходимо обеспечить сотрудничество всех заинтересованных сторон и поэтапное внедрение соответствующих стандартов.

#### **Заключение**

Таким образом, контролируемые словари являются важным инструментом при описании фармацевтической продукции. Они позволяют точно определять состав и дозировку лекарственных препаратов, классифицировать их по терапевтическому действию, описывать возможные побочные эффекты и обмениваться информацией между участниками фармацевтического процесса. Это способствует повышению качества лечения и безопасности пациентов.

#### **Список источников/References**

1. Vander Stichele R, Kalra D. Aggregations of Substance in Virtual Drug Models Based on ISO/CEN Standards for Identification of Medicinal Products (IDMP). *Stud Health Technol Inform.* 2022 May 25;294:377-381. doi: 10.3233/SHTI220478. PMID: 35612100.
2. Gille H, Stegwee R. Identification of Medicinal Products: Providing an Educational Framework. *Stud Health Technol Inform.* 2022 Nov 3;299:271-274. doi: 10.3233/SHTI220997. PMID: 36325874.
3. Sass J, Zabka S, Essenwanger A, Schepers J, Boeker M, Thun S. Fast Healthcare Interoperability Resources (FHIR®) Representation of Medication Data Derived from German Procedure Classification Codes (OPS) Using Identification of Medicinal Products (IDMP) Compliant Terminology. *Stud Health Technol Inform.* 2021 May 24;278:231-236. doi: 10.3233/SHTI210074. PMID: 34042899.

#### **Информация об авторах/Information about the authors**

Привалов Максим Александрович, студент Института клинической медицины им. Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет)

Министерства здравоохранения Российской Федерации.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6836-4228>  
Privalov Maxim Aleksandrovich, student, N.V. Sklifosovskiy Institute of Clinical Medicine, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3179-9364>  
Балуцкая Анастасия Викторовна\*, студент Института клинической медицины им. Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет) Министерства здравоохранения Российской Федерации.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6836-4228>  
Balutsckaia Anastasia Victorovna\*, student, N.V. Sklifosovskiy Institute of Clinical Medicine, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3179-9364>

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-80>

## **Риски внедрения систем поддержки принятия врачебных решений**

Л.И. Провоторова

ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава России, Воронеж

#### **Цель исследования**

Изучить риски внедрения систем поддержки принятия врачебных решений

#### **Материалы и методы**

Был проведён анализ научной литературы по теме, изучена существующая судебная практика. Использовались методы: анализ, синтез, обобщение

#### **Введение**

Информационные технологии всё шире применяются в медицине с целью оптимизации и улучшения качества медицинской помощи. Одними из многообещающих разработок являются системы поддержки принятия врачебных решений (СППВР), которые предоставляют врачу информацию и рекомендации на основе анализа больших объемов данных. Однако, внедрение и использование СППВР в медицинской практике сопряжено с определенными рисками, которые необходимо принимать во внимание.

#### **Результаты**

Использование СППВР подразумевает сбор, хранение и обработку большого объема медицинской информации пациентов. Неправильная организация системы защиты или сбои могут привести к риску несанкционированного доступа к конфиденциальным медицинским данным, что влечёт нарушение законодательства в сфере защиты персональных данных и медицинской тайне.

При использовании СППВР врачи могут полагаться на рекомендации системы при постановке диагноза и назначении лечения. Однако не возможно избежать некоторой вероятности ошибки, возрастающей из-за неточности в алгоритмах или использованных при обучении данных, на которых основывается система. Это может привести к неправильной диагностике и лечению. Что будет иметь серьезные последствия для здоровья пациентов. За что согласно действующему законодательству несёт врач. А так как СППВР работают по принципу «чёрного ящика» отследить и проверить логику выбора посредством клинического мышления и не возможно. И её рекомендации могут приниматься лечащим врачом только на веру.

Неизбежны сложности после очередных изменений клинических рекомендаций, стандартов. СППВР будет продолжать работать на известных ей данных, пока не будет собран массив данных для её обучения. Что будет означать неактуальность её рекомендаций, возможность противоречия действующим стандартам.

#### Выводы

Несмотря на очевидные плюсы внедрения систем поддержки принятия врачебных решений не следует забывать о возможных рисках. Несоответствие действующим стандартам, риск разглашения персональных данных и конфиденциальной медицинской информации, вероятность ошибочной рекомендации – некоторые из них.

*Контактное лицо: Провоторова Лада Ивановна студентка ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава России, Воронеж*

*E-mail: ProvotorovaLi@yandex.ru*

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-81>

## Проблема унификации каталогов лекарственных средств: единый реестр лекарственных препаратов

А. М. Рабинькая<sup>1</sup>, А. С. Самохин<sup>1</sup>, Е. А. Деревянко<sup>1</sup>,  
О. К. Ситникова<sup>1</sup>, С. А. Ефимов<sup>1</sup>, К. А. Кошечкин<sup>2</sup>

ПМГМУ им. И. М. Сеченова

<sup>1</sup>Стажер

<sup>2</sup>Доктор фармацевтических наук

#### Актуальность

В настоящее время в мире не существует единого каталога лекарственных препаратов, что значительно затрудняет поиски нужных для лечения и профилактики средств. В РФ осуществляется продажа множества лекарств, чей точный каталог ведется государством (ГРЛС). Сайт обслуживает только лекарства, зарегистрированные на территории страны. С его ограниченным

набором функций использование его носителем другого языка или в иной стране будет малоэффективным. Выходом из данных ситуаций является создание единого реестра лекарственных препаратов с оптимальной навигацией пользователей посредством функций сравнения и сопоставления характеристик лекарств, а также поиска синонимов/аналогов определенного лекарственного препарата на территории разных стран.

#### Цель

Главная проблема заключается в том, что, несмотря на то, что вся необходимая информация о лекарственных препаратах содержится в открытом доступе, люди не торопятся к ней обращаться, поскольку она неструктурирована, сложна для поиска и восприятия. Целью исследования является создание единого легкодоступного реестра, с набором функций достаточным для эффективного пользования бота и с понятным интуитивным интерфейсом.

#### Материалы и методы

Был произведен анализ академических статей, данных Росстата и других официальных государственных сайтов для выявления современных тенденций развития информационных технологий и электронного документооборота, а также определения целевой аудитории.

Реестр создан в мессенджере Telegram в качестве чат-бота. Для реализации его функционала были использованы следующие инструменты: Python (aiogram, sqlite3, pandas, selenium); SQL DB Browser.

Внимание разработчиков было направлено на оптимизации процессов обработки информации за счет использования FSM машины и алгоритмов кэширования. Удобство в использовании бота было осуществлено за счет применения многоуровневого inline-меню при поиске аналогов, а так же возможности завершить процесс и вернуться к меню выбора функции (поиск аналогов, поиск по названию и активному веществу).

#### Результаты

Чат-бот исправно функционирует, в нем можно просматривать и сравнивать между собой лекарственные средства, разрешенные на территории РФ, Белоруссии, Казахстана и Кыргызстана. Есть возможность поиска синонимов препарата (с одним и тем же действующим веществом) и его аналогов. В будущем планируется увеличить количество стран в реестре, а также добавить переводчик на английский язык.

#### Выводы

В современном мире, где люди имеют доступ к огромному количеству похожих товаров, фармацевтический рынок занимает важное место, так как каждый критерий, такой как дозировка и действующее вещество, играет большую роль при выборе продукта.

Реестр представляет собой современную разработку, которая облегчит поиск лекарств российским



и иностранным гражданам, посещающим РФ. Расширенный функционал реестра, включая возможность перевода и поиска аналогов в других странах, поможет потребителям лучше ориентироваться на фармацевтических рынках и выбирать лекарства, удовлетворяющие их потребности.

**Ключевые слова:** единый реестр лекарственных препаратов, реестр, электронный реестр, лекарственные препараты, лекарственные средства, фармацевтическая промышленность

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-82>

## Критерии истинности химерных онкогенов, обнаруженных в данных РНК-секвенирования опухолевого материала

Е.Н. Рабушко<sup>1</sup>, М.В. Сунцова<sup>2</sup>, М.И. Сорокин<sup>1,2</sup>,  
А.А. Буздин<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет), Москва

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова  
Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва

### Введение

Химерные гены – результат слияния частей различных генов и характерная черта генома раковых клеток. Особый интерес представляют химерные гены рецепторных тирозинкиназ (РТК) ввиду их значимости для выбора терапии. Так, 10ки низкомолекулярных ингибиторов одобрены FDA США для лечения опухолей с подтвержденными химерными генами РТК. Для поиска химерных транскриптов применяются методы, основанные на анализе данных РНК-секвенирования. Однако разработанные алгоритмы наряду с истинными находят еще большее число артефактных слияний. Поэтому для верификации используют экспериментальную проверку, что увеличивает требуемые для анализа время и количество биоматериала. Валидация особенно важна при анализе данных РНК-секвенирования фиксированных в формалине парафинизированных (FFPE) образцов из-за повышенной степени деградации РНК и образования артефактных слияний в ходе пробоподготовки. Выявление критериев для аналитической верификации химерных транскриптов, обнаруженных в ходе анализа данных РНК-секвенирования различных типов биоматериалов, повысит качество детекции химерных генов и увеличит эффективность лечения онкозаболеваний.

### Материалы и методы

РНК-секвенирование экспериментальных FFPE образцов осуществляли на секвенаторе Illumina NextSeq 550. Для поиска химерных транскриптов использовали STAR-Fusion. Экспериментальную валидацию осуществляли методом ПЦР

с обратной транскрипцией и последующим секвенированием по Сэнгеру. Для расчета покрытия экзонных использовали BEDtools multicov v2.26.0.

### Результаты

Проанализировали профили РНК-секвенирования 764 экспериментальных образцов, нашли 36 потенциальных химерных транскриптов генов РТК и провели экспериментальную валидацию. Установили характерные черты для подтвержденных экспериментально химерных транскриптов: сохранение открытой рамки считывания и тирозинкиназного домена, дисбаланс покрытия экзона РТК до/после точки химеризации, больше одного химерного прочтения.

### Заключение

Полученные результаты могут служить основой для создания алгоритма для автоматической аннотации химерных транскриптов РТК по данным РНК-секвенирования.

**Ключевые слова:** химерные онкогены, тирозинкиназы, РНК-секвенирование, FFPE.

Работа поддержана грантом РФФИ № 20-75-10071.

*Контактное лицо:* Рабушко Елизавета Николаевна, инженер лаборатории трансляционной геномной биоинформатики МФТИ(НИУ), Москва, Россия.

*Телефон:* +7 (985)-492-81-62

*E-mail:* rabushko.en@phystech.edu

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-83>

## ФСД-мониторинг динамики здоровья

В.Н. Ростовцев

ООО СДС, Москва

Мониторинг динамики здоровья предназначен для выявления рисков развития заболеваний. Шкала оценки риска естественным образом включает зоны низкого риска, актуального риска, латентной (скрытой) стадий патогенеза и ранней стадии манифестного заболевания.

Для решения задач мониторинга динамики здоровья наиболее эффективной диагностической технологией является технология функциональной спектрально-динамической диагностики (ФСД-диагностики) [1]. Это обусловлено тем, что ФСД-диагностика эффективна в отношении распространенных инфекционных и неинфекционных болезней, включая латентные стадии и актуальные риски их развития. Кроме того важны простота и малое время записи волнового сигнала от организма (16 сек).

Проект системы мониторинга здоровья на основе ФСД-диагностики включает реализацию следующих этапов: (1) запись волнового сигнала организма и вычисление Добеши-3 вейвлетов, (2) формирование вейвлет образа пациента

и логико-статистическое (ЛСТ) распознавание диагностических маркеров, (3) выявление информативных маркеров и ЛСТ-распознавание и оценка актуальных рисков патогенеза. (4) формирование профиля актуальных рисков и логико-семантическое (ЛСМ) распознавание системных процессов.

В настоящее время разрабатывается программный инструментарий для реализации третьего этапа проекта. На основе общих алгоритмов ЛСТ-распознавания и оценки актуального риска для каждого конкретного заболевания или состояния необходимо создание отдельной программной системы мониторинга. Апробация такой системы на модельном объекте показала достаточно высокую диагностическую эффективность (85 – 90%).

Технологически важно, что каждая запись ФСД-сигнала организма позволяет оценивать индивидуальные нозологические риски по десяткам (а в перспективе и по сотням) нозологических позиций одновременно в режиме теледиагностики за несколько минут с помощью мобильного приложения и присоединяемого к смартфону электрода для записи волнового сигнала организма. Получаемая пользователем информация о динамике актуальных рисков позволит ему своевременно обращаться к врачу за консультацией и рекомендациями по оздоровлению и профилактике.

Реализация проекта обеспечит переход на новый технологический уровень индивидуального мониторинга динамики индивидуального здоровья.

#### Литература

1. Комплекс медицинский спектрально-динамический [Электронный ресурс]/Режим доступа: <http://www.kmsd.su>. – Дата доступа: 09.09.2009.

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-84>

## Цифровые технологии для работы с отклонениями при выпуске лекарственных препаратов

М.А. Румянцев, К.А. Кошечкин

ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова  
Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва

#### Введение

Эпоха развития цифровизации в фармацевтической индустрии становится приоритетным направлением в нынешнее время. Очень важно минимизировать факт человеческих ошибок при написании протоколов об отклонениях, поэтому необходимо применять новые технологии: систему датчиков, машинное моделирование, искусственный интеллект.

#### Материалы и методы

Анализ современных данных был основан на поиске статей в базах научных публикаций

PubMed, Google Scholar, лицензированных сайтах с подтвержденными данными, законодательствах, с предварительной оценкой качества публикации и сроком выхода. Проведлся анализ литературы с построением выводов в сравнительной форме тех или иных методов.

#### Результаты

Внедрение искусственного интеллекта (ИИ) в производство может стать стимулом для фармацевтической промышленности. Вычислительная гидродинамика Reynolds-Averaged Navier-Stokes изучает влияние волнения и уровней напряжения в различном оборудовании. Chemputer помогает цифровой автоматизации синтеза и производства молекул. Мета-классификатор и планшет-классификатор — решения, помогающие регулировать стандарт качества конечного продукта, указывая на возможную ошибку при изготовлении планшета. Используется мониторинг процесса сублимационной сушки на основе искусственных нейронных сетей, в котором применяется комбинация самоадаптивной эволюции наряду с алгоритмами локального поиска и обратного распространения. Electronic Lab Notebook наряду со сложными интеллектуальными методами может обеспечить гарантию качества продукта. Интеллектуальный анализ данных и различные методы обнаружения знаний в экспертной системе Total Quality Management могут использоваться как подходы при принятии сложных решений, создании новых технологий интеллектуального контроля качества. SimplerQMS позволяет пользователям создавать документы об отклонениях с использованием шаблонов, направлять документы на рассмотрение, обновление или утверждение, передавать отклонения в CAPA. Решение TrackWise для управления отклонениями решает первоначальные возникновения, путем расследования, анализа первопричин и заканчивая выполнением корректирующих и предупреждающих действий (CAPA) и последующим контролем изменений. AmpleLogic автоматизирует ручные процессы работы с предполагаемыми и непредвиденными отклонениями, начиная с сообщения об отклонении и заканчивая запросом, приложением CAPA и закрытием.

#### Заключение

Хотя в настоящее время на рынке нет лекарств, разработанных с использованием подходов на основе ИИ, и остаются определенные проблемы, связанные с внедрением этой технологии, вполне вероятно, что ИИ станет бесценным инструментом в фармацевтической промышленности в ближайшем будущем.

**Ключевые слова:** цифровизация, отклонения, искусственный интеллект, фарминдустрия, качество продукта

*Контактное лицо: Румянцев Михаил Анатольевич, студент 4 курса Института Клинической Медицины, специализации – Персонализированная ме-*



дицина ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия.

Телефон: +7 (962)-404-25-01

E-mail: listorezok@gmail.com

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-85>

## Цифровые помощники в медицине

Е.А. Савушкин

ООО «Авиационные технологии связи», Москва

### Введение

Решаемые задачи в рамках автоматизации обслуживания вызовов абонентов, обращающихся в контакт-центр подведомственного учреждения Комитета Здравоохранения, посредством проектирования, реализации и вывода в Продуктивную среду эксплуатации виртуального голосового ассистента (Робота):

1. Развитие искусственного интеллекта, применяемого в медицинской сфере.
2. Повышение осведомленности о наличии препаратов в аптеках мегаполиса.
3. Снижение нагрузки для пожилых граждан или маломобильных групп.
4. Снижение социальной напряженности.
5. Сокращение потерянных вызовов в контакт-центре подведомственного учреждения Комитета Здравоохранения (МИАЦ).
6. Сокращение времени ожидания ответа оператора МИАЦ.
7. Перераспределение нагрузки на операторов МИАЦ.

Материалы и методы

1. В рамках проведения предпроектного исследования анализировались аудиозаписи диалогов абонентов и операторов контакт-центра подведомственного учреждения Комитета Здравоохранения.
2. Была проведена аналитика используемого операторами поступающего от различных сетевых и несетевых аптек мегаполиса массива информации по имеющимся остаткам препаратов с разрозненным с точки зрения систематизации набором параметров и атрибутов подобных выгрузок.

### Результаты

Реализован виртуальный голосовой ассистент, который в Продуктивной среде в автоматизированном режиме обслуживает вызовы жителей и проводит консультации для абонентов по наличию конкретных льготных препаратов в аптеках мегаполиса.

1. Уровень автоматизации обслуживания запросов Абонентов по наличию льготных препаратов достигает 50% от общего объема вызовов, поступивших на Робота.

2. На уровне голосового ассистента реализована дополнительная опция информирования абонентов о сроках плановых поставок, которые предоставляются Комитетом здравоохранения.

### Заключение

Перспективы развития реализованного виртуального голосового ассистента:

1. Гуманизация методики ответов на потенциально претензионных характер вопросов абонентов в голосовом канале коммуникации в случае отсутствия выписанного медицинским специалистом рецепта на препарат, которого нет в аптеках города.

2. Оптимизация имеющихся методик развития искусственного интеллекта в фарм-индустрии.

3. Повышения уровня автоматизации обслуживания абонентов до показателя не менее 95%.

4. Разработка методики ответов на ранее несистематизированные (некластеризованные) обращения абонентов.

5. Автоматизация информационного обмена между Роботом и информационными системами МИАЦ для передачи как в адрес Робота, так и от Робота в адрес операторов контакт-центра для повышения удовлетворенности уровнем обслуживания абонентами.

6. Создание уникальной голосовой математической модели для повышения качества распознавания многосоставных медицинских препаратов.

**Ключевые слова:** льготные лекарства, рецептурная выдача препаратов, форма выпуска, дозировка, МИАЦ

Контактное лицо:

Савушкин Егор Александрович, Заместитель Коммерческого директора – Директор по производству ООО «Авиационные технологии связи», Москва, Россия.

Телефон: +7 (905)-554-75-82

E-mail: savushkin@atsaero.ru

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-86>

## Дневник здоровья для людей с хроническими болезнями в формате телеграм-бота

Т.Р. Самигуллин, Г.С. Лебедев

ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И. М. Сеченова Минздрава России, Москва

### Введение

Хронические заболевания – патологии, протекающие длительное время и приводящие к ухудшению качества жизни или даже потере трудоспособности населения. Большинство хронических болезней имеют смазанную или преходящую симптоматику, которая с трудом поддается коррекции. Также часто большой проблемой является поиск пусковых механизмов и триггеров, провоцирующих



обострение хронических заболеваний. В таких случаях больному рекомендуется вести подробный дневник проявлений болезни, который поможет выявить цикличность заболевания и зависимость от других факторов. С развитием цифровых технологий стало возможным организовать сбор такой информации в цифровом виде и автоматизировать ее обработку. В частности, возможности мессенджера Telegram позволяют разработать прототип такого инструмента в виде чат-бота.

#### Материалы и методы

При разработке использовался язык python 3.11.

Для обеспечения работы приложения с telegram API использовалась библиотека aiogram версии 3.0.0. Она обеспечивает удобное взаимодействие с API telegram, при этом поддерживает асинхронные операции, позволяющие уменьшить время отклика при большой нагрузке на сервер.

Для генерации графиков и сводки применяют библиотеки matplotlib и seaborn.

Для хранения данных о пользователях и их медицинских показателей использовалась встраиваемая СУБД sqlite. Компактность и простота в совокупности с быстрой работой облегчает прототипирование программы. В дальнейшем возможен переход на более продвинутые и производительные СУБД.

Чат-бот имеет модульную структуру, обеспечивающую возможность обновления отдельных компонентов без риска нарушить работу основной программы. В частности, имеются модуль фильтрации и обработки сообщений, модуль взаимодействия с базой данных, модуль обработки биомедицинской статистики и точка входа, объединяющая все компоненты.

В качестве хостинга использовался домашний сервер автора.

#### Результаты

На данный момент готов прототип чат-бота с демо-режимом. В нем можно делать записи температуры тела, а также посмотреть пример того, как будет выглядеть сводка по здоровью. В данный момент сводка включает себя график температуры тела и краткую информацию по результатам анализа.

В ближайшее время планируется дополнить базы знаний диагнозов и симптомов, чтобы пользователь мог самостоятельно выбирать их для отслеживания. Также необходимо продумать характер взаимодействия с ботом, чтобы меню было интуитивно понятным и удобным. Для пилотного запуска приложения также ведется поиск доступного хостинга с удовлетворительной производительностью.

#### Заключени

С учетом отсутствия широкомасштабного тестирования, рано говорить об эффективности и удобстве использования чат-ботов для отслеживания и борьбы с проявлениями хронических заболеваний. Однако уже сейчас существует множество продуктов, облегчающих сбор анамнеза и жалоб для врачей. В эпоху развития телемедицины и методов автоматической обработки данных цифровые дневники здоровья станут полезным

источником биомедицинской статистики для ученых и медицинских специалистов.

Ключевые слова: хронические заболевания, чат-бот, телемедицина, data science

Контактные лица: Самигуллин Тимурбулат Раши-тович, студент

ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский

Университет), Москва, Россия.

Телефон: +79991556214

E-mail: timursamwork@gmail.com

Лебедев Георгий Станиславович, директор Института Цифровой Медицины ФГАОУ ВО Первый МГМУ

имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия.

E-mail: lebedev\_g\_s@staff.sechenov.ru

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-87>

## Модель скрининга катаракты: возможности использования открытых наборов данных в medtech индустрии

С.Н. Сахнов<sup>1</sup>, К.Д. Аксенов<sup>2</sup>, Л.Е. Аксенова<sup>1,2</sup>, В.В. Вронская<sup>1</sup>, А.О. Марцинкевич<sup>1</sup>, В.В. Мясникова<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза»

им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Краснодар

<sup>2</sup>«Пространство интеллектуальных решений», Новороссийск

#### Введение

Технологии Искусственного интеллекта (ИИ) все шире внедряются в современную медицинскую отрасль. Движущим фактором развития таких технологий являются медицинские данные. В 2021 году из 140 уникальных наборов офтальмологических данных 94 находились в открытом доступе.

Катаракта – это одно из наиболее излечимых состояний, которое без хирургического вмешательства вызывает слепоту. Регулярный скрининг катаракты является эффективным средством предотвращения слепоты и выявления пациентов, нуждающихся в хирургическом лечении.

#### Материалы и методы

Материалом исследования являлись два набора данных, один из которых был опубликован на Github и содержал 9668 изображений – 4514 изображения относились к классу катаракта, а 5154 – к здоровым глазам. Второй набор был получен в офтальмологическом центре и содержал 51 изображение с катарактой и нормой. Катарактой и нормой. Для обучения модели использовалась сверточная нейронная сеть (CNN), архитектура которой часто используется в задачах компьютерного зрения.

#### Результаты

Точность на внутреннем валидационном наборе данных составила 98 %.

Точность на внешнем валидационном наборе данных составила 74,5 %. При этом чувствительность и специфичность для набора внешней валидации составили 0,69 и 0,93 соответственно.

#### Заключение

Учитывая, что применение модели в клинической практике имеет смысл только при достижении минимального значения АУС, равного 0,8, необходимо произвести донастройку системы и обеспечить необходимые уровни метрик эффективности для данного сценария.

Открытые наборы данных могут быть использованы для создания систем скрининга, тем не менее, такие данные требуют дополнительной валидации несколькими специалистами, для определения соответствия реальным клиническим случаям.

*Контактное лицо: Аксенова Любовь Евгеньевна, инженер по научно-технической информации, НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Краснодар.*

*Телефон: +7 (981)-860-76-05*

*E-mail: axenovalubov@gmail.com*

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-88>

## Нейросетевой метод деконволюции конфокальных микроскопических изображений

А.С. Сачук<sup>1</sup>, А.Б. Герасименко<sup>1,2</sup>, Е.И. Пчицкая<sup>1</sup>,  
В.С. Чуканов<sup>1</sup>, И.Б. Безпрозванный<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Лаборатория Молекулярной Нейродегенерации, Санкт-Петербургский политехнический институт Петра Великого Университет, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>Физико-технический институт имени А.Ф.Иоффе

<sup>3</sup>Отделение физиологии, Юго-Западный медицинский центр Техасского университета, Даллас, Техас

#### Введение

Изображение объекта, получаемое с помощью микроскопии, является неидеальным – содержит шум и искажения ввиду несовершенства системы регистрации. В общем виде наблюдаемое изображение является конволюцией объекта и функции рассеяния точки (ФРТ) системы. Существуют математические методы, которые позволяют провести обратный процесс – деконволюцию, и восстановить объект по его зарегистрированному искаженному изображению. Для подобного преобразования необходимо оценить ФРТ системы, что само по себе является сложной задачей. Каждый из существующих методов деконволюции обладает своими преимуществами и недостатками: например, одни алгоритмы характеризуются высокой скоростью вычислений, но низким качеством результата, а другие – наоборот.

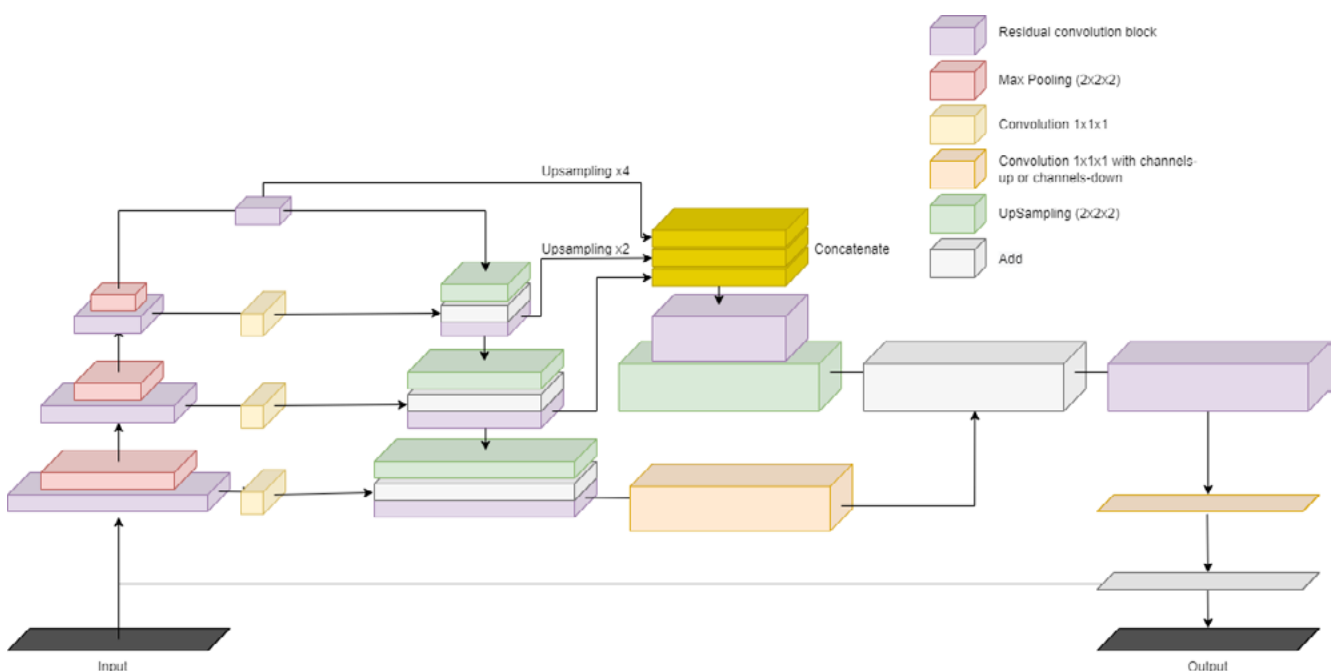


Рис. 1. Структура свёрточной нейронной сети, предназначенной для проведения деконволюции

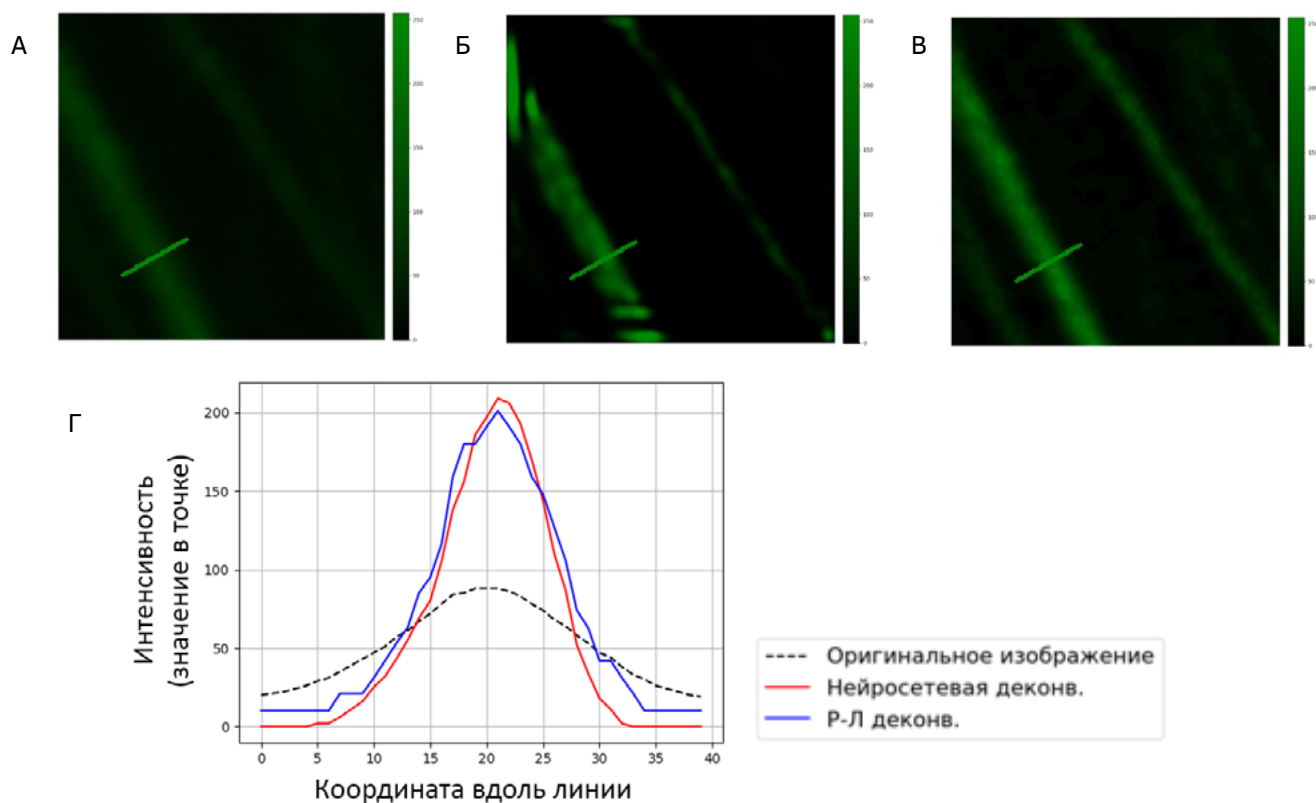


Рис. 2. Сравнение улучшения актинового тяжа  $XY=22$  нм/пиксель и  $Z=100$  нм/пиксель: Исходное изображение (А), результат работы нейросети (Б), результат работы итерационного метода (В), график интенсивности поперек тяжа (Г).

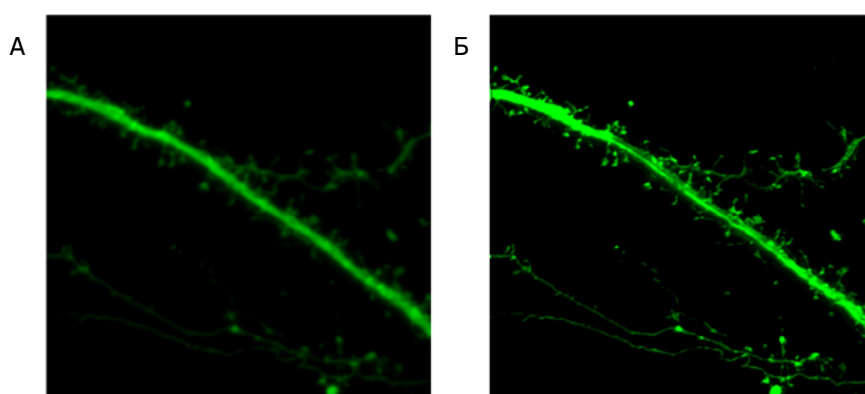


Рис. 3. Сравнение улучшения нейронов в масштабе  $XY=22$  нм/пиксель и  $Z=100$  нм/пиксель: Исходное изображение (А), результат работы нейросетевого метода (Б).

### Материалы и методы

В данной работе представлена нейросеть для проведения деконволюции изображений без явного нахождения ФРТ.

Для решения данной задачи была разработана нейросеть, структура которой изображена на рис. 1.

Фиолетовые блоки – блоки ResNet сети; красные блоки – MaxPooling слои ( $2 \times 2 \times 2$ ); желтые блоки – свёрточные слои ( $1 \times 1 \times 1$ ); оранжевые блоки – свёрточные слои ( $1 \times 1 \times 1$ ) с повышением числа каналов; зеленые блоки – UpSampling ( $2 \times 2 \times 2$ ) слои; белые блоки – поэлементное суммирование

Нейросеть основана на двух архитектурах: U-Net и Residual neural network. Процесс генерации данных и обучения сети был разработан на языке программирования Python с использованием библиотеки глубокого обучения Tensorflow.

### Результаты

В качестве демонстрации работы алгоритма были проведены улучшения актиновых тяжей, а также крупных снимков нейронов. Также для сравнения работы метода приводятся результаты работы итерационного метода деконволюции Ричардсона-Люси.

На рис. 2 представлены размытый снимок актинового тяжа, а также результаты работы нейросети и итерационного метода деконволюции. Снимок имеет размер 200 x 200 x 40. Время деконволюции нейросетью на CPU составило 66.4 с, на GPU – 7.4 с. Время работы метода Ричардсона-Люси на CPU: 212 с.

Видно, что по краям результата работы нейросети наблюдаются разрывы: такой эффект возникает из-за дополнения снимка по бокам точками с нулевыми значениями при работе нейросетью. Для того, чтоб избавиться от этого эффекта, достаточно производить съемку с небольшим зазором по краям снимка. Также видно, что графики интенсивностей у результатов схож: имеет одинаковую ширину и координату пика.

На рис. 3 представлены крупный размытый снимок нейрона, а также результат работы нейросети. Размер снимка 2048 x 2048 x 40 пикселей. Время деконволюции нейросетью на GPU – 6 минут 5 секунд.

#### Заключение

Разработанный метод работает качественно также, как итерационный метод Ричардсона-Люси, но быстрее, особенно это заметно на крупных снимках. Также нейросетевой метод не требует явного нахождения ФРТ.

**Ключевые слова:** флуоресцентная микроскопия, конфокальная микроскопия, деконволюция, свёрточные нейронные сети, архитектура сети, пирамидальная сеть признаков

*Контактное лицо:* Сачук Александр Сергеевич, лаборант ЛМН Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия.

Телефон: +7 (950)-016-60-60

E-mail: as.sachuk.bsns@yandex.ru

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-89>

## Программные решения в управлении изменениями

А. А. Свотин, К. А. Кошечкин

ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. Сеченова Минздрава России  
(Сеченовский университет), г. Москва

#### Введение

Управление изменениями (УИ) — процесс выявления, оценки и внедрения изменений в системы, процессы и организационные структуры внутри организации. Является важнейшим компонентом обеспечения поэтапного и эффективного внедрения изменений с минимальным нарушением работы организации и ее деятельности.

#### Материалы и методы

Для поддержания процесса УИ требуется ряд программных решений, которые можно разделить на несколько групп:

1. ПО для управления проектами (MS Project). Используется для разработки и отслеживания планов УИ, включая определение масштабов, установление сроков и этапов изменений, а также распределение ресурсов.

2. ПО для совместной работы и коммуникаций (MS Teams, Zoom). Является необходимым для облегчения общения и сотрудничества внутри команды и с деловыми партнерами, а также онлайн-обмена документами.

3. ПО для управления рисками (RiskLens, DNV GL Integrity). Позволяет осуществлять выявление и оценку рисков, появляющихся в процессе УИ, а также отслеживать их состояние и разрабатывать стратегии устранения или смягчения воздействия.

4. ПО для управления соответствием (MasterControl, Qualio). Является необходимым в регулируемых отраслях, где необходимо обеспечивать соответствие изменений в процессах и системах актуальной нормативной документации.

5. ПО для анализа данных (MS Excel, Google Analytics). Позволяет собирать и анализировать данные по ключевым показателям, таким как производительность, финансовые показатели и удовлетворенность клиентов.

Эти решения помогают организациям плавно и максимально эффективно внедрять изменения и управлять ими, минимизируя свои и максимизируя преимущества таких изменений. Конкретное решение для каждой организации зависит от ее потребностей и имеющихся ресурсов.

Существует ряд основных шагов, связанных с процессом УИ для компьютерных систем:

1. Идентификация изменения. Определение необходимости изменения компьютерной системы.

2. Оценка изменения. Оценка потенциально-го влияния изменений на систему и организацию в целом.

3. Планирование и подготовка. Включает в себя разработку подробного плана реализации изменений и их тестирование.

4. Реализация. Установка нового программного или аппаратного обеспечения, обновление существующих систем, изменением процессов и процедур.

5. Обзор и оценка. Мониторинг системы для обеспечения должного функционирования и решения возникающих вопросов и проблем.

Данный процесс является важным компонентом поддержания целостности и эффективности подобных систем в фармацевтической промышленности. Следуя структурированному и систематическому подходу, организации могут гарантировать, что изменения внедряются плавно и эффективно, снижая вероятность сбоев и увеличивая эффективность изменений, что позволяет выживать и развиваться в условиях конкуренции и жесткой рееламентации деятельности

**Заключение**

Таким образом, инструменты управления изменениями являются ценным подспорьем для фармацевтических компаний при внедрении и управлении изменениями в системах, процессах и организационных структурах. Предоставление инструментов и платформ для планирования, внедрения и мониторинга изменений, обеспечивает плавное и эффективное внесение изменений, что сводит к минимуму сбои и максимизирует преимущество изменений.

**Ключевые слова:** Управление изменениями, программные решения, программное обеспечение (ПО).

*Контактное лицо: Свотин Артем Александрович, студент ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия.*

*Телефон: +7 (915)-207-13-95*

*E-mail: svotin\_a\_a@student.sechenov.ru*

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-90>

## **Возможности аннигиляционной замедленной флюоресценции для оценки статуса регионарных лимфатических узлов и краев резекции при хирургическом лечении рака молочной железы**

М.А. Сеньчукова<sup>1,2</sup>, С.Н. Летута<sup>3</sup>, А.Т. Ишемгулов<sup>2,3</sup>,  
Е.Ю. Зубарева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Оренбургский государственный медицинский университет Минздрава России, Оренбург, Россия, ул. Советская, 6

<sup>2</sup>ГАУЗ Оренбургский областной клинический онкологический диспансер, Оренбург, Россия, ул. Гагарина, 11

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбург, Россия, проспект Победы, 13

**Актуальность**

Поиск новых эффективных способов оценки статуса регионарных лимфоузлов (РЛУ) и краев резекции при хирургическом лечении рака молочной железы (РМЖ) не потерял своей актуальности. Ранее в эксперименте показано, что характеристики замедленной флюоресценции (ЗФ), возникающей при аннигиляции синглетного кислорода с молекулами ксантеновых красителей в триплетном состоянии (аннигиляционная ЗФ, (АЗФ)), достоверно различаются в здоровых и опухолевых тканях (Letuta S.N. and all, 2016).

**Цель исследования** – изучить возможности использования метода АЗФ для оценки статуса регионарных лимфоузлов (РЛУ) и краев резекции

при хирургическом лечении рака молочной железы (РМЖ)

**Пациенты и методы**

Изучены 163 образца тканей опухоли, краев резекции и РЛУ, полученные от 81 пациента с первичным РМЖ, неопухолевыми патологией и доброкачественными опухолями молочной железы. Срезы тканей размером 3-5 мм окрашивали раствором сенсбилизатора эритрозина. Для каждого образца регистрировали кинетику затухания длительной люминесценции эритрозина методом флэш-фотолиза. Для возбуждения длительной люминесценции использовали вторую гармонику (532 нм) импульсного твердотельного YAG:Nd<sup>3+</sup> лазера LQ-129 (Беларусь). В качестве фотоприемника использовали фотоумножитель ФЭУ-84-3 через монохроматор МДР-41. Связь аналоговых измерительных устройств и цифровых систем обработки данных осуществляли с помощью управляющей схемы.

**Результаты**

Рассчитаны 12 показателей, отражающих интенсивность, продолжительность и динамику изменений АЗФ. С помощью ROC анализа установлено, что точки отсечения (cut-off) у 5-и из 12 показателей с высокой чувствительностью и специфичностью дискриминируют образцы, содержащие и не содержащие ткань РМЖ. Эти показатели включали: тест №1 – изменение интегральной интенсивности АЗФ (площадь под кривой (AUC)=0.786, cut-off=0.897); тест №2 – изменение интегральной интенсивности фосфоресценции (AUC=0.749, cut-off=1.229); тест №3 – отношение начальных интенсивностей (кинетических кривых) замедленной флюоресценции и фосфоресценции (AUC=0.744, cut-off=4.242); тест №4 – скорость изменения интегральной интенсивности АЗФ (AUC=0.784, cut-off=9.5); тест №5 – максимальное (расчётное) снижение интегральной интенсивности АЗФ в сравнении с начальной (AUC=0.757, cut-off=0.85). Если в исследуемых образцах результат теста №4 был < 9.5, а теста №5 < 0.85, ткань РМЖ была верно подтверждена в 73,5% случаев (чувствительность теста). При любых других комбинациях значений тестов №4 и №5, метод в 89.8% случаях верно подтверждал ткань, не содержащую клетки РМЖ (специфичность теста).

**Заключение**

Метод АЗФ может иметь большие возможности для оценки статуса РЛУ и краев резекции при хирургическом лечении РМЖ. Несомненно целесообразность дальнейших исследований возможностей АЗФ при РМЖ и других злокачественных новообразованиях.

**Ключевые слова:** рак молочной железы, аннигиляционная замедленная флюоресценция, диагностика

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-25-00183, <https://rscf.ru/project/23-25-00183/>.

*masenchukova@yandex.ru*

*Телефон: +7 987 34 88 525*



## Телемедицина и искусственный интеллект в офтальмологии: перспективы использования

Н.Д. Сергеева<sup>1,2</sup>, А.О. Укина<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>GMS Clinics and Hospital, Москва

<sup>2</sup>Национальный центр защиты детского зрения, Москва

<sup>3</sup>ГБУЗ ЛО «Гатчинская Клиническая межрайонная больница»,  
Ленинградская область

<sup>4</sup>ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет  
ИТМО» (Университет ИТМО), Санкт-Петербург

### Введение

Под телемедициной (ТМ) понимают использование современных технологий обработки и передачи данных в практике дистанционного оказания медицинской помощи. В последние годы развитие технологий привело к повышению мощности вычислительных систем компьютеров, что позволяет использовать технологии из области искусственного интеллекта (ИИ), такие как методы глубокого обучения в разных направлениях офтальмологии.

### Цель

Изучить особенности и перспективы применения технологий телемедицины и искусственного интеллекта в офтальмологии.

### Материалы и методы

Поиск публикаций проводился по базам данных PubMed (включая Medline), Web of Science, Scopus, а также российским научным электронным библиотекам eLIBRARY.RU и «КиберЛенинка» с 1 января 2018 г. по 2 августа 2023 г. Поиск ограничивали англо- и русскоязычными полнотекстовыми статьями, не относящимися к обзорам литературы по теме исследования.

### Результаты

Телемедицина (ТМ) – это прикладная область медицины, которая способствует внедрению в диагностику высокотехнологичных инструментов, дистанционного сопровождения пациентов. Основные задачи ТМ: разъяснение, корректировка назначенного лечения, а также создание прочных коммуникаций между врачами и пациентами, непосредственно между специалистами разных уровней и направлений, заимствование и разработка информационных стандартов передачи медицинских данных между разными телемедицинскими центрами. ТМ можно разделить на телеконсультации (врач-пациент) и телеконсилиумы (врач-врач). Препятствия на пути повсеместного внедрения телеофтальмологии (ТО): получение качественного изображения глазного дна, обучение специалистов для работы в сфере ТМ, создание информационных стандартов анализа и передачи изображения, правовое поле в области ТМ, налаживание стабильного финансирования, создание положительного

отношения пациентов и врачей к ТО, информационная безопасность и защита персональных данных.

В офтальмологии существует огромное количество субспециальностей и направлений. Как правило, самые узкие специалисты работают в медицинских центрах крупных городов, и для получения помощи пациентам необходимо преодолевать сравнительно большие расстояния, что, очевидно, актуализирует необходимость использования технологий ТО. Для оптимизации и ускорения работы с большими данными в офтальмологии все чаще прибегают к технологиям искусственного интеллекта (ИИ).

Основные задачи ИИ в офтальмологии – анализ изображений, данных для ускорения или автоматизации диагностического поиска. Ключевые направления исследований в области ИИ по офтальмологии – это: анализ ОКТ-изображений ДЗН при глаукоме, фотоснимков глазного дна и ОКТ сетчатки для выявления патологии сетчатки, анализ снимков роговицы при кератоконусе, дистрофии Фукса. Также ИИ применяется в формулах расчета интраокулярных линз. Стоит отметить перспективы применения ИИ в разработке помощников для слепых/слабовидящих и создание чат-ботов, интернет-помощников, приложений для пациентов.

### Заключение

Телеофтальмология — важная область ТМ, включающая ряд направлений, основным из которых является дистанционная диагностика, лечение и ведение пациентов с заболеваниями офтальмологического профиля, в частности, диабетической ретинопатией, глаукомой и возрастной макулярной дегенерацией. Использование технологий ИИ расширяет перспективы развития ТМ в офтальмологии и открывает новые возможности дистанционного консультирования пациентов.

**Ключевые слова:** телемедицина, офтальмология, искусственный интеллект

*Контактное лицо: Укина Анастасия Олеговна, врач-офтальмолог ГБУЗ ЛО «Гатчинская КМБ», студентка магистратуры ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО» (Университет ИТМО), Санкт-Петербург*

*Телефон: +7 (952)392-72-06 E-mail: anastasiakina@yandex.ru*

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-92>

## Современные проблемы мониторинга уровня глюкозы в крови у людей с сахарным диабетом и решение их с помощью приборов непрерывного мониторинга уровня глюкозы крови

Е.А. Сидерко

Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова (Сеченовский университет), г. Москва, Российская Федерация

### Аннотация

Диабет является одним из самых быстро растущих заболеваний во всем мире. Клинические факторы риска и гликемический контроль сами по себе не могут предсказать развитие осложнений. Все больше растет число пациентов, которые не до конца понимают, как пользоваться глюкометрами или которые страдают от боли и инфекции после инвазивных методов измерения уровня глюкозы в крови. В этой статье рассматривают прогресс исследований и проблемы в области неинвазивной технологии измерения уровня глюкозы в крови. С быстрым развитием технологий и биосенсоров неинвазивный мониторинг уровня глюкозы в крови станет эффективным, доступным, надежным и безопасным для многих пациентов, страдающих сахарным диабетом.

**Ключевые слова:** неинвазивный мониторинг, сахарный диабет, оптическое обнаружение, фотоакустическая спектроскопия, электрохимическое обнаружение, наноматериалы.

## Modern problems of monitoring blood glucose levels in people with diabetes mellitus and solving them with the help of devices for continuous monitoring of blood glucose levels

Siderko Ekaterina Alexandrovna

I. M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russian Federation  
e\_a\_s@mail.ru

### Annotation

Diabetes is one of the fastest growing diseases worldwide. Clinical risk factors and glycemic control alone cannot predict the development of complications. There is an increasing number of patients who do not fully understand how to use glucose meters

or who suffer from pain and infection after invasive methods of measuring blood glucose levels. This article examines the progress of research and challenges in the field of non-invasive blood glucose measurement technology. With the rapid development of technologies and biosensors, noninvasive blood glucose monitoring will become effective, affordable, reliable and safe for many patients suffering from diabetes.

### Введение

Сахарный диабет является одним из наиболее распространенных хронических заболеваний человека. С каждым днем появляется новые пациенты с диагнозом «Сахарный диабет». Некоторые люди даже не знают наличия у себя данного заболевания. Но что делать тем, кто знает и хочет себя защитить от осложнений? Придумали инвазивные глюкометры, которым нужна капля капиллярной крови для установления уровня глюкозы в крови. Но прогресс не стоит на месте. Ученые стали думать, как облегчить жизнь пациентам с сахарным диабетом, они придумали создать неинвазивные приборы для измерения уровня глюкозы. Благодаря данным приборам пациентам не придется прокалывать пальцы.

**Цель:** Рассмотреть наиболее распространенные системы неинвазивного мониторинга уровня глюкозы в крови, их преимущества и недостатки.

**Задачи:** Проанализировать статьи и учебные материалы для лучшего понимания проблемы данного вопроса.

### Материалы и методы

Проведен анализ проблемы с неинвазивными устройствами для контроля уровня глюкозы в крови.

Обзор литературы проводился с использованием электронных баз данных статей PubMed и Google академия. В рамках этой статьи были использованы материалы за 2008-2022 гг. Для поиска статей использовались следующие ключевые слова: «неинвазивный мониторинг глюкозы», «сахарный диабет», «оптическая спектроскопия», «фотоакустическая спектроскопия», «электромагнитное зондирование», «электрохимическое обнаружение» и их сочетания.

### Результаты и обсуждение

Сахарный диабет – хроническое заболевание, обусловленное абсолютной или относительной инсулиновой недостаточностью, приводящей к нарушению всех видов метаболизма, поражению сосудов, нервной системы и патологическим изменениям в различных органах и тканях.

В норме глюкоза попадает в организм человека с пищей или из депо. Далее глюкоза попадает в кровяное русло, откуда далее должна попасть в клетки организма и пройти метаболические пути. Чтобы попасть в клетку, необходим инсулин. Он вырабатывается  $\beta$ -клетками островков Лангерганса поджелудочной железы в ответ на увеличение уровня глюкозы в крови. Благодаря инсулину глюкоза попадает в клетки организма и обеспечивает их энергией.

В современном мире на данный момент выделили много форм сахарного диабета, которые отличаются причинами возникновения абсолютной или относительной инсулиновой недостаточности, но итог у них один – развитие гипергликемии с возможным развитием патологических изменений в различных органах и тканях.

Наиболее часто распространены сахарные диабеты 1 и 2 типа. Для сахарного диабета 1 типа характерна абсолютная инсулиновая недостаточность обусловленная нарастающей деструкцией  $\beta$ -клеток островков Лангерганса поджелудочной железы. Для сахарного диабета 2 типа характерна относительная инсулиновая недостаточность за счёт функциональной недостаточности  $\beta$ -клеток островков Лангерганса поджелудочной железы из-за нарушения толерантности к глюкозе. Несмотря на схожие черты, данные типы сахарного диабета имеют множество различий. Например, наследственная отягощенность больше преобладает у сахарного диабета 2 типа; обнаружение антител в крови специфических к клеткам поджелудочной железы обнаруживаются у больных сахарным диабетом 1 типа и тд.

Существуют и другие клинически узнаваемые формы диабета: моногенный диабет (MODY или неонатальный диабет), гестационный диабет (диабет беременных), митохондриальный диабет и, возможно, позднесторонняя аутоиммунная форма (латентный аутоиммунный диабет у взрослых или LADA) [1]. Независимо от этой неоднородности, все эти формы диабета имеют заметный генетический компонент [1].

Заболевание «Сахарный диабет» является одним из самых быстрорастущих заболеваний во всём мире, и, по прогнозам, к 2045 году он поразит приблизительно 693 миллиона взрослых [1]. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), в настоящее время в мире насчитывается около 450 миллионов случаев диабета.

В России согласно данным Федерального регистра больных сахарным диабетом распространённость сахарного диабета в 2021 году составила 4,9%. При этом, результаты проведённого масштабного российского эпидемиологического исследования подтверждают, что диагностируется лишь 54% случаев сахарного диабета 2 типа. Таким образом, реальная численность пациентов с диагнозом «Сахарный диабет» в Российской Федерации составляет не менее 10 миллиона человек (около 7% населения), что представляет чрезвычайную угрозу для долгосрочной перспективы, поскольку значительная часть пациентов остаётся не диагностированными, а, следовательно, не получают должное лечение и имеют высокий риск развития сосудистых осложнений.

Почти половина больных с сахарным диабетом находится в возрастной категории 40-59 лет. Из них более 70% – жители развивающихся стран.

К 2025 году в развивающихся странах наибольшее число больных будет среди пациентов работоспособного возраста. Самое большое количество людей с сахарным диабетом (41 миллион) живёт в Индии (6% взрослого населения). В Германии среди пациентов в возрастной группе до 14 лет зарегистрировано от 15 600 до 17 400 детей с заболеванием «Сахарный диабет 1 типа» [2,3]. В Германии среди пациентов до 20 лет было зарегистрировано 2,3 на 100 000 населения людей с заболеванием «Сахарный диабет 2 типа» [2,3].

Разрушительная макрососудистые осложнения (например, атеросклероз, медиакальциноз Менкеберга, диффузный фиброз интимы артерий) и микрососудистые (например, диабетическая болезнь почек, диабетическая ретинопатия и невропатия) осложнения приводят к увеличению смертности, слепоте, почечной недостаточности и общему снижению качества жизни у людей с диабетом [1]. Данное осложнение не просто так называют «разрушительными», так как от них каждый год умирает 3,8 миллиона человек.

Сахарный диабет – это не одно заболевание, а скорее группа состояний, широко классифицируемых по одному диагностическому критерию – гипергликемия [1]. С каждым годом регистрируется всё больше людей с диагнозом «Сахарный диабет» [4]. Становится всё более очевидным, что даже сахарный диабет 2 типа, преобладающий тип диабета, составляющий 90-95% случаев, сама по себе неоднородна как с точки зрения механизмов действия, так и с точки зрения взаимосвязи с результатами в отношении здоровья [1].

В настоящее время концентрация глюкозы в крови является основой для диагностики сахарного диабета среди населения. Стандарт был введён ВОЗ в 2009 году, установив уровень глюкозы в крови натощак нормальных людей на уровне 3,9-6,1 ммоль/л, а уровень через 2 часа после еды – 7,8 ммоль/л или менее [4]. Пациенты с типичными симптомами диабета, у которых произвольные увеличение глюкозы в крови  $\geq 11,1$  ммоль/л, уровень глюкозы натощак  $\geq 7,0$  ммоль/л или через 2 часа после еды  $\geq 11,1$  ммоль/л, что означает наличие диабета у пациентов [4]. Частый мониторинг уровня глюкозы в крови информирует пациентов с сахарным диабетом о необходимости предпринять соответствующие действия для коррекции уровня гликемии в крови и, таким образом, избежать рисков развития осложнений, связанных с гипо- или гипергликемией [5].

Как говорилось выше, сахарный диабет может повлечь за собой развитие микрососудистых и макрососудистых осложнений. Осложнения диабета, как микрососудистые, так и макрососудистые, как правило, возникают вместе [1]. Ниже кратко разобраны основные осложнения, которые могут развиваться у людей с сахарным диабетом.



Диабетическая болезнь почек (или диабетическая нефропатия) – прогрессирующее расстройство, которое определяется снижением функции почек из-за гипергликемии и часто сопутствующей альбуминурии [1].

Диабетическая ретинопатия – прогрессирующее поражение кровеносных сосудов в сетчатке с развитием кровоизлияния, отслоения сетчатки и слепоте [1].

Диабетическая нейропатия могут быть разбиты на несколько подтипов: дистальная симметричная полинейропатия (наиболее распространённая форма), вегетативные невропатии, атипичные невропатии и недиабетические невропатии [1]. Основной причиной повреждения нервов являются метаболические факторы и диабетическая микроангиопатия нервных сосудов, что ведёт к уменьшению числа аксонов, сегментарной демиелинизации, отёку, дистрофии нервных волокон.

Макрососудистые осложнения ведут к развитию сердечно-сосудистых заболеваний. Несмотря на хорошо известный повышенный риск развития сердечно-сосудистых заболеваний у людей с сахарным диабетом, патофизиология, связывающая эти два состояния, плохо изучена [1]. Но именно сердечно-сосудистые заболевания являются основной причиной смертности у людей с сахарным диабетом [6].

Современные подходы к осложнениям сахарного диабета не обращают процесс вспять, а опираются почти исключительно на несовершенные попытки профилактики или лечения установленной патологии [1]. Поэтому для пациентов с диагнозом «Сахарный диабет» очень важно следить и контролировать уровень глюкозы в крови, а для многих людей традиционные способы измерения сложны, поэтому многие начали разработку неинвазивного метода диагностики уровня глюкозы. Перспектива неинвазивных устройств заключается в снижении болезненности во время проведения процедуры, уменьшает дискомфорт и риск заражения кожи при выполнении прокола пальца. Было проведено множество исследований и написано множество статей, посвящённых теме неинвазивного мониторинга глюкозы, чтобы попытаться протолкнуть прогресс развития данной технологии дальше, чем просто идея, и выпустить эти приборы в массовое производство.

Очевидно, что неинвазивный мониторинг станет новым методом мониторинга, который принесёт облегчение огромному количеству пациентов и поэтому несёт большой коммерческий потенциал.

Неинвазивный мониторинг глюкозы это метод определения глюкозы в крови человека, не повреждая ткани. Данный метод исследования уровня глюкозы может обеспечить непрерывный (24/7) мониторинг уровня глюкозы в крови в режиме реального времени в отличие от традиционного метода, когда необходимо для получения

нового результата прокалывать повторно кожу. Неинвазивный мониторинг глюкозы остается предметом исследований в течение последних двух десятилетий, и было предложено несколько методов неинвазивного исследования уровня глюкозы [7]. Множество принципов и методов были использованы в исследованиях, а также в промышленности за последнее время. Существуют несколько методов неинвазивного определения глюкозы, которые можно разделить на оптические, микроволновые и электрохимические методы [4]. В других источниках методы неинвазивного определения уровня глюкозы разделяли на оптическую спектроскопию (оптическое обнаружение), фотоакустическую спектроскопию (акустическое обнаружение), электромагнитное зондирование (электромагнитное обнаружение) и зондирование на основе наноматериалов (электрохимическое обнаружение) [7].

Неинвазивные подходы к измерению уровня глюкозы в крови классифицируются в зависимости от: (1) свойств глюкозы, (2) свойств тканей и (3) уровня ацетона в выдыхаемом воздухе [8]. Для каждой из этих категорий определены проблемы и ограничения, влияющие на показания уровня глюкозы [8]. Существуют несколько неинвазивных методов зондирования глюкозы, которые полагаются на свойства глюкозы [8].

Оптическая спектроскопия является самым популярным среди всех методов неинвазивного мониторинга глюкозы [7]. Оптический датчик состоит из источника (источников) света, детектора и оптического преобразователя, который преобразует обнаруженный свет в измеримый электрический сигнал [8]. Существует два режима работы оптического датчика: отражение и пропускания [8]. Для режима отражения источник света и фотоприемник расположены на одной стороне; в режиме пропускания – фотоприемник на одной стороне, источник света на другой [8]. Принцип действия оптической спектроскопии: когда свет попадает в организм, он взаимодействует с атомами в ткани и поглощается, передается или рассеивается [8].

Данный метод имеет ряд преимуществ: большинство не зависит от реагентов, их срок службы может быть значительно дольше, чем у электрохимических датчиков [9]. Тип взаимодействия зависит от: (1) длины волны падающего света, (2) структуры ткани и (3) оптических свойств ткани (относительный показатель преломления, коэффициент поглощения и коэффициент рассеивания) [8]. Глюкоза влияет на прохождение через нее оптический сигнал путем поглощения света в среднем инфракрасном (длина волны от 2500 до 25000 нм) и ближнем инфракрасном (длина волны от 700 до 2500 нм) диапазонах спектра [7,8,10,11]. Измерения ближним инфракрасным диапазоном достижимы в режиме отражения и пропускания благодаря соответствующей глубине проникновения (0,5 мм или более) [8,10,11]. Методы зондирования и измерений

на основе среднего инфракрасного диапазона могут работать только в режиме отражения, поскольку свет среднего инфракрасного диапазона не может проникать более чем на несколько микрометров через ткань [8,10,11]. Оптическое зондирование не потребляет глюкозу, поэтому концентрация глюкозы в области вокруг датчика остается неизменной [9]. Стратегические расположения датчиков на теле человека включают: пальцы, уши, губу, предплечья, переднюю камеру глаза и поперек языка [8].

Рамановское рассеивание определяет степень рассеивания монохроматического света на основе рамановского эффекта [12]. Когда свет попадает на цель, получается от этой цели рассеянный свет, движущийся во всех направлениях. Большая часть этого излучения имеет ту же длину волны (упругое рассеяние), что и падающий свет, в то время остальное представляет собой небольшое количество рассеянного излучения с другой длиной волны (неупругое рассеяние) [12]. Такая разница между двумя разными длинами волн называется «рамановским сдвигом». Сдвиг представляет собой разницу между начальным и конечным колебательным состоянием исследуемой молекулы [12]. Таким образом, рамановская спектроскопия зависит от вращательного и вибрационного состояния внутри молекул [12].

У данного метода существуют существенные недостатки: (1) поглощение света водой (вода – распространенная молекула в организме, которая поглощает большой процент света), что заставляет задуматься над созданием оптимальной длины волны для минимизации поглощения его водой; (2) поглощение света компонентами крови и тканями (к поглощающим компонентам относят меланин, бета-кератин, жировую ткань, альбумин и гемоглобин); (3) рассеивание света компонентами крови и тканями, что ослабевает интенсивность измеряемого света; (4) колебания температуры в тканях [8].

Другой способ измерения концентрации глюкозы с использованием оптического обнаружения – поверхностный плазмонный резонанс, где когерентные волны заряда (поверхностные плазмонные поляритоны) пропускается через призму на поверхности металла, которая затем изгибается на детекторе [7,12]. В отличие от предыдущего метода, основанный на интенсивности света, метод использует информацию об угловом сдвиге. При определенном резонансном угле (показателе преломления) свет воздействует на электроны на металлической части чипа. В результате изменений уровней глюкозы в чувствительной среде могут характеризоваться небольшими изменениями показателя преломления в интерфейсе и соответствующим сдвигом резонансной частоты [12].

Есть две проблемы в восприятии уровня глюкозы в крови: (1) сильное оптическое рассеивание

и распад, (2) оптическое поглощение молекулы глюкозы пересекается с поглощением водой и другими веществами [10].

Методы, основанные на фотоакустической спектроскопии, полезны для смягчения проблем, поскольку они имеют преимущества оптических методов с дополнительными преимуществами высокой чувствительности к свету и акустических волн по сравнению с рассеивающими и поглощающими свойствами тканей [10].

Данная технология использует идею ультразвуковых волн, но она использует короткие лазерные импульсы с длиной волны, которая поглощается определенной молекулой в жидкости для получения микроскопического локализованного нагрева, зависящего от удельной теплоемкости ткани [12]. Поглощенное тепло вызывает расширение среды, генерируя ультразвуковую волну, которая может быть обнаружена акустическим датчиком или датчиком давления [12].

Таким образом, фотоакустический мониторинг глюкозы представляет собой гибридный подход, который сочетает в себе оптическое возбуждение и акустическое обнаружение [7,10]. Оптическая энергия возбуждения преобразуется в звуковую энергию многоступенчатым процессом преобразования.

Измерения фотоакустической спектроскопией могут быть выполнены с помощью различных систем, которые могут классифицированы на основе управления источником света, либо импульсного, либо модулированного по интенсивности (непрерывный) [10,12]. Импульсная спектроскопия генерирует большие сигналы, но требует мощного импульсного источника света, что делает систему сложной и большой [10,12]. Непрерывная спектроскопия имеет преимущества перед импульсной в соотношении сигнал/шум, несмотря на использование небольшого источника света [10,12].

Дифференциальная непрерывно-волновая фотоакустическая спектроскопия – это метод, который появился недавно и объединил модулированную по интенсивности спектроскопию с двухволновой модуляцией [10]. В данном методе образец облучают двумя лазерами, которые модулируются на одной и той же частоте (380 кГц), но на 180 градусов вне фазы друг с другом [10]. Но нужно учитывать, что во время эксперимента с этим методом по сравнению с инвазивными методами зондирования были показаны различия, которые связали с различиями перфузии, зависящей от части тела для инвазивного мониторинга [10].

Кровь человека состоит на 55% из плазмы, плазма состоит на 90% из воды. Вода является биполярным соединением с высокой поляризацией, что делает относительную диэлектрическую проницаемость высокой. Глюкоза в свою очередь имеет меньшую относительную диэлектрическую проницаемость из-за меньшей поляризации.

Таким образом, общее повышение или понижение концентрации глюкозы в том же объеме образца крови уменьшает или повышает относительную диэлектрическую проницаемость плазмы крови соответственно [7].

Электромагнитное зондирование – это технология измерения тока или напряжения, которое пропорционально магнитной связи между двумя индукторами [12]. Поскольку связь зависит от диэлектрических характеристик среды между двумя катушками, она также пропорциональна концентрации и типу анализируемого вещества [12]. Таким образом, соотношение между входным и выходным уровнем тока или напряжения пропорционально концентрации глюкозы.

Данная система основана из трех основных модулей: (1) модуль зондирования глюкозы, который состоит из датчиков на основе электромагнитной системы для мониторинга глюкозы с пикомольной точностью; (2) модуль зондирования окружающей среды и физиологии, который калибрует потенциальные раздражающие факторы в режиме реального времени и (3) модуль обработки сигналов выходных данных нескольких интегрированных датчиков вместе с регрессивной моделью для преобразования показаний в абсолютные уровни глюкозы [13].

Электромагнитные датчики предназначены для одновременного измерения уровня глюкозы на различных местах на организме. Электромагнитные волны передаются в организм, где отраженные и передаваемые волны воздействуют на подлежащие ткани [13].

В повседневной жизни на диэлектрическую спектроскопию могут влиять различные экологические и физиологические факторы такие, как температура и влажность окружающей среды, температура и проводимость кожи с датчиком [13]. В одном из исследований предлагается интегрировать в носки или перчатки датчик, что может повысить точность реакции предлагаемого электромагнитного датчика [13].

Появление наноматериалов в качестве основных компонентов в технологиях значительно модернизировало современные биосенсоры, извлекая ценные данные, а с ними и полезную информацию из основных жидкостей организма (например, моча, слюна, пот, слезы).

Влияние наноматериалов на сенсорные приложения примечательно, так как они демонстрируют большую площадь поверхности, повышенную чувствительность и селективность, улучшенную каталитическую активность, которые являются необходимыми предпосылками для точной оценки уровня глюкозы в крови [7].

Эти устройства состоят из слоя биологического распознавания в датчиках, который может взаимодействовать с молекулой-мишенью, и преобразователя, который может преобразовывать это в измеримый сигнал [9]. В отличие от других

доступных биожидкостей организма, таких как слезы, моча и слюна, пот больше всего подходит для мониторинга здоровья [9]. Слезы могут быть отображены только время от времени, моча не может быть постоянно доступна, а слюна не может быть использована (может быть не особенно точным или надежным, так как на нее влияет последний прием пищи). Хотя точное обнаружение на основе пота является сложной задачей, оно считается идеальным кандидатом для непрерывного или полунепрерывного мониторинга в течение длительного времени [9].

Несмотря на значительные изменения в эволюции электрохимических датчиков, полностью неинвазивные подходы к мониторингу уровня глюкозы крови по-прежнему пользуются большим спросом, поскольку они могут быть надежными, чувствительными, удобными для пользователя и приводить к индивидуальным вариантам лечения [8].

Было предложено использовать покрытых золотом электродов оксида меди, которые показали многообещающие результаты, для недорогого, неферментативного неинвазивного мониторинга [14]. Данный датчик был изготовлен с использованием гидротермических выращенных наностержней оксида меди на стеклянных подложках, покрытых фотосодержащим оксидом олова [14]. Производительность зондирования была увеличена в несколько раз после присоединения наночастиц золота к наностержням оксида меди [14].

Таким образом, датчики на основе наноматериалов имеют огромное будущее, особенно в проектировании и разработке высокочувствительных, экономически эффективных неинвазивных устройств для мониторинга уровня глюкозы в крови [15].

Помимо тех методов, которые были описаны выше, были также исследованы другие подходы в создании неинвазивных приборов. Например, были исследованы действия ядерного магнитного резонанса на частоте 400 МГц. В данной технологии объединили три различных метода: электромагнитный, акустический и ближайшая инфракрасная спектроскопия с методами компенсации [7,15]. Была предпринята попытка измерить уровень глюкозы в крови с использованием метода измерения емкости с использованием параллельного пластинчатого конденсатора [15]. Также существуют и другие подходы в измерение концентрации глюкозы, такие как биоимпедансная спектроскопия, микроволновая спектроскопия, ультразвук и распространение тепла, которые показывают большие потенциалы [9].

Прогресс сейчас не стоит на месте, за последнее время появилось много приборов, которые могут стать в будущем массовым прибором для людей с сахарным диабетом и облегчить им жизнь. В этой статье рассматривается прогресс в исследовании неинвазивных методов мониторинга уровня глюкозы в крови. Цель данного краткого

и систематического обзора – подчеркнуть важность неинвазивных методов контроля уровня глюкозы в крови и изложить о каждом методе. Существуют четыре основных метода: оптическая спектроскопия, фотоакустическая спектроскопия, электромагнитное зондирование и зондирование на основе наноматериалов. Для создания более совершенного прибора для неинвазивного мониторинга уровня глюкозы в крови необходимо междисциплинарное сотрудничество. К сожалению, на данный момент современные неинвазивные устройства не демонстрируют долгосрочную точность, которая необходима для замены прокола пальца [5]. Общая проблема многих неинвазивных методов измерения уровня глюкозы являются индивидуальные различия в морфологии и/или концентрации компонентов крови и/или тканей. Эти различия могут повлиять на точность определения уровня глюкозы в крови, а как следствие могут влиять на создание самих приборов.

### Заключение

Носимые неинвазивные датчики глюкозы, которые могут предоставить человеку безболезненные и портативные средства для измерения уровня глюкозы в крови и управления состоянием своего здоровья, привлекают большое внимание многих людей, что позволило создать много приборов для неинвазивного измерения. В будущем существует тенденция к введению в массовый оборот серии приборов, которые смогут облегчить жизнь многих пациентов с диагнозом «Сахарный диабет». Для удовлетворения ожидания рынка и потребителя может быть разработано более прочное, надежное и точное устройство неинвазивного мониторинга уровня глюкозы в крови.

**Keywords:** noninvasive monitoring, diabetes mellitus, optical detection, photoacoustic spectroscopy, electrochemical detection, nanomaterials.

### Список источников

1. Cole JB, Florez JC. Genetics of diabetes mellitus and diabetes complications. *Nat Rev Nephrol.* 2020 Jul;16(7):377-390. doi: 10.1038/s41581-020-0278-5. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9639302/>
2. Neu A, Bürger-Büsing J, Danne T, Dost A. Diagnosis, Therapy and Follow-Up of Diabetes Mellitus in Children and Adolescents. *Exp Clin Endocrinol Diabetes.* 2019 Dec;127(S 01):S39-S72. doi: 10.1055/a-1018-8963. <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/html/10.1055/a-1018-8963#R-0170>
3. Ellard S, Bellanné-Chantelot C, Hattersley AT; European Molecular Genetics Quality Network (EMQN) MODY group. Best practice guidelines for the molecular genetic diagnosis of maturity-onset diabetes of the young. *Diabetologia.* 2008 Apr;51(4):546-53. doi: 10.1007/s00125-008-0942-y. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2270360/>

4. Tang L, Chang SJ, Chen CJ, Liu JT. Non-Invasive Blood Glucose Monitoring Technology: A Review. *Sensors (Basel).* 2020 Dec 4;20(23):6925. doi: 10.3390/s20236925.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7731259/>

5. Shokrehodaie M, Cistola DP, Roberts RC, Quinones S. Non-Invasive Glucose Monitoring Using Optical Sensor and Machine Learning Techniques for Diabetes Applications. *IEEE Access.* 2021;9:73029-73045. doi: 10.1109/access.2021.3079182. Epub 2021 May 11.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8321391/#S14title>

6. Strain WD, Paldánus PM. Diabetes, cardiovascular disease and the microcirculation. *Cardiovasc Diabetol.* 2018 Apr 18;17(1):57. doi: 10.1186/s12933-018-0703-2.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5905152/>

7. Laha S, Rajput A, Laha SS, Jadhav R. A Concise and Systematic Review on Non-Invasive Glucose Monitoring for Potential Diabetes Management. *Biosensors (Basel).* 2022 Nov 3;12(11):965. doi: 10.3390/bios12110965.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9688383/>

8. Shokrehodaie M, Quinones S. Review of Non-Invasive Glucose Sensing Techniques: Optical, Electrical and Breath Acetone. *Sensors.* 2020; 20(5):1251. <https://doi.org/10.3390/s20051251>

<https://www.mdpi.com/1424-8220/20/5/1251>

9. Zafar H, Channa A, Jeoti V, Stojanović GM. Comprehensive Review on Wearable Sweat-Glucose Sensors for Continuous Glucose Monitoring. *Sensors (Basel).* 2022 Jan 14;22(2):638. doi: 10.3390/s22020638.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8781973/>

10. Y. Tanaka, T. Tajima, M. Seyama and K. Waki, “Differential Continuous Wave Photoacoustic Spectroscopy for Non-Invasive Glucose Monitoring,” in *IEEE Sensors Journal*, vol. 20, no. 8, pp. 4453-4458, 15 April 15, 2020, doi: 10.1109/JSEN.2019.2962251

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8943303>

11. M. Shokrehodaie, D. P. Cistola, R. C. Roberts and S. Quinones, “Non-Invasive Glucose Monitoring Using Optical Sensor and Machine Learning Techniques for Diabetes Applications,” in *IEEE Access*, vol. 9, pp. 73029-73045, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3079182.

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9427517>

12. Villena Gonzales W, Mobashsher AT, Abbosh A. The Progress of Glucose Monitoring—A Review of Invasive to Minimally and Non-Invasive Techniques, Devices and Sensors. *Sensors.* 2019; 19(4):800. <https://doi.org/10.3390/s19040800>

<https://www.mdpi.com/1424-8220/19/4/800>

13. Hanna, Jessica, et al. "Wearable flexible body matched electromagnetic sensors for personalized non-invasive glucose monitoring." *Scientific Reports* 12.1 (2022): 14885.

<https://www.nature.com/articles/s41598-022-19251-z>

14. Chakraborty, Pinak, et al. "Non-enzymatic and non-invasive glucose detection using Au nanoparticle decorated CuO nanorods." *Sensors and Actuators B: Chemical* 283 (2019): 776-785.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925400518322068>

15. Laha S, Rajput A, Laha SS, Jadhav R. A Concise and Systematic Review on Non-Invasive Glucose Monitoring for Potential Diabetes Management. *Biosensors*. 2022; 12(11):965. <https://doi.org/10.3390/bios12110965>

<https://www.mdpi.com/2079-6374/12/11/965>

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-93>

## Телемедицинские системы

В.С. Скосырский, Д.В. Степочкин

ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени

И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет),  
Москва, Россия

### Введение

В настоящее время технологический прогресс существенно влияет на развитие медицины. Телемедицинские системы являются одним из результатов этого развития, позволяющим существенно улучшить качество медицинского обслуживания пациентов. Одним из главных достоинств телемедицинских систем является возможность предоставить проживающим в отдаленных зонах больным высококвалифицированную помощь специалистов ведущих медицинских учреждений. В России, территория которой охватывает десятки часовых поясов, развитие телемедицинских систем призывает сама география страны.

### Материалы и методы

Проведен поиск научных статей, включая опубликованные в рецензируемых журналах, E-Library, PubMed, КиберЛенинка. Использован метод комплексного исследования, включающий анализ существующих телемедицинских систем, обзор проблем и препятствий их внедрении, анализ преимуществ и недостатков

### Результаты

Развитие информационных технологий содействует распространению телемедицинских систем и технологий, улучшая доступность и эффективность здравоохранения. Видеоконференцсвязь и специализированные программные приложения обеспечивают удаленные консультации и лечение пациентов. Телемедицина, хотя и имеет свои ограничения и риски, такие как конфиденциальность

данных и ограничения физических обследований, уже успешно внедрена в России с помощью проектов, таких как «Яндекс Здоровье», «СберЗдоровье» и «Онлайн Доктор». Для успешной реализации телемедицинских систем критически важны хорошая организация и координация между медицинскими учреждениями, специалистами и пациентами. Такие системы улучшают доступность и качество медицинского обслуживания, особенно для отдаленных районов и в экстренных ситуациях. Открытый доступ к врачу круглосуточно улучшает обслуживание пациентов с хроническими заболеваниями и облегчает общение по чувствительным темам, таким как урология или гинекология. Телемедицинские технологии снижают нагрузку на поликлиники и медицинский персонал, способствуя контролю инфекционных заболеваний и улучшению общего состояния здоровья населения. Главной перспективой развития телемедицины является повышение эффективности мониторинга заболеваний и улучшение здоровья населения на ранних стадиях их развития

### Заключение

Телемедицинские системы имеют много преимуществ для пациентов и врачей, таких как удобство, доступность, экономия времени и денег, а также возможность дистанционного наблюдения пациентов с хроническими заболеваниями. Они позволяют эффективно использовать рабочее время врача, уменьшить нагрузку на медперсонал и расширить профессиональные знания через онлайн-семинары и конференции. Однако у таких систем есть некоторые недостатки, включая ограниченный доступ к физическому обследованию, проблемы с конфиденциальностью и доступом к лекарственным препаратам, а также требование наличия технологий для доступа к ним. Телемедицина является полезным дополнением к традиционным методам медицинского обслуживания, но не может полностью заменить личное обращение к врачу. Низкая осведомленность о возможностях телемедицины у части населения является одной из главных причин относительно нераспространенного использования данной технологии. Тем не менее, те пациенты, кто уже опробовал телемедицину, положительно оценивают ее удобство и эффективность. Наиболее известными телемедицинскими сервисами в России является Яндекс.Здоровье, Сбер.Здоровье, Онлайн Доктор. Телемедицина обещает стать широко используемой и востребованной в будущем России.



<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-94>

## Программная платформа нового поколения для работы с данными секвенирования GENOMENAL

А.А. Слепухина, Е.Ф. Тарасенко, М.Ю. Помазной,  
А.С. Григорьев, А.О. Шелестова, Д.Ю. Адамьян,  
Е.П. Каманова, Е.А. Матросова, С.Ю. Храмов,  
Ю.В. Вяткин, Д.Н. Штокало

ООО «Новые Программные Системы», г. Новосибирск

### Введение

В условиях увеличения доступности секвенирования нового поколения критическими барьерами для массового применения являются скорость обработки данных, точность и корректность в интерпретации генетических вариантов, отсутствие аппаратной и программной инфраструктуры для обработки данных, ограничения в визуализации результатов секвенирования и аннотации полученных вариантов, а также дефицит специалистов в области биоинформатики и клинической интерпретации. Цифровые решения способствуют преодолению указанных проблем.

### Материалы и методы

Программная платформа GENOMENAL предназначена для обработки, аннотации и интерпретации данных массового параллельного секвенирования. В основу платформы положены усовершенствованные программные конвейеры, осуществляющие автоматизированную обработку данных полногеномного, полноэкзомного и таргетного NGS секвенирования. Разработан и реализован интуитивно понятный многопользовательский веб-интерфейс для загрузки данных с автоматическим распознаванием платформ секвенирования, типов данных, для отслеживания этапов автоматической обработки (проверка качества, очистка парных файлов, выравнивание на референсный геном GRCh38, поиск вариантов, аннотация, генерация отчетов) по заданному или настроенному пользователем пайплайну, а также для визуализации и интерпретации результатов обработки данных одного образца или образцов, обработанных совместно (групповой, семейный, популяционный анализ). Приложение позволяет выполнить поиск герминальных, соматических и структурных вариантов, CNVs. Корректность поиска вариантов и CNVs была протестирована на эталонных геномных данных из открытых источников. GENOMENAL осуществляет аннотацию полученных вариантов и генов по сотням параметров из внутренних и открытых баз данных (ClinVar, Ensembl, gnomAD.v3, VarSome и др.). В программе представлены инструменты для фильтрации, настраиваемой под любые исследовательские задачи, а также интеграция

с IGV (визуализация прочтений), НРО (гено-фенотипические связи). Для увеличения скорости и качества интерпретации внедрены принятие/отклонение критериев классификации ACMG+AMP, в процесс подготовки отчета – готовые шаблоны, которые можно адаптировать с помощью универсальных блоков или создать пользовательский отчет.

### Результаты

Полностью автономная биоинформатическая обработка данных секвенирования из парных файлов FASTQ при использовании облачного варианта программы для полного генома со средней глубиной покрытия около x30 прочтений составляет 40 часов, для полного экзома на примере набора SureSelect Human All Exon V7 длиной 50 млн. со средней глубиной покрытия x60 прочтений составляет 4 часа. Облачная архитектура позволяет использовать платформу в условиях защиты передачи данных исследователям и центрам, не имеющим собственных биоинформатиков или высокопроизводительных вычислительных ресурсов.

### Заключение

GENOMENAL обеспечивает высокую степень автоматизации и существенное сокращение времени анализа.

**Ключевые слова:** биоинформатика, данные секвенирования, NGS

*Контактное лицо: Слепухина Анастасия Александровна, клинический биоинформатик, ООО «Новые программные системы», Новосибирск, Россия.*

*Телефон: +7 (913) 014-90-06*

*E-mail: ana.slepukhina@novel-soft.com*

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-95>

## Электронный паспорт службы «детской онкологии и гематологии». На пути к цифровизации

А.С. Слинин<sup>1</sup>, Ф.Н. Костин<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева»  
Минздрава России, Москва

<sup>2</sup> ФГБНУ «Национальный НИИ общественного здоровья имени  
Н.А. Семашко», Москва

### Введение

Разработка электронного паспорта службы помогает выявить проблемные области и разработать эффективные стратегии развития. Кроме того, цифровая версия позволяет актуализировать информацию в режиме реального времени, что особенно важно в быстро развивающейся области медицины, такой как детская гематология и онкология.

Перевод паспорта в цифровую версию также способствует повышению доступности информации для специалистов из разных регионов. Теперь

им нет необходимости физически иметь справочник, они могут легко получить нужные данные через электронную платформу.

В целом, перевод паспорта службы детской гематологии и онкологии в цифровую версию значительно улучшил возможности анализа и использования информации. Это дало возможность главным внештатным специалистам принимать более обоснованные управленческие решения и эффективно разрабатывать стратегии развития своей специальности.

#### Материалы и методы

Электронный паспорт службы входит в состав электронной системы оценки качества оказания профильной медицинской помощи. В нем содержится аналитическая информация о каждом уровне профильной службы каждого субъекта РФ. Данные представлены в виде электронной формы и включают более 2500 полей. Эти поля обновляются каждые полгода и представлены в удобной графической форме.

Электронный паспорт службы детской онкологии-гематологии имеет 3 уровня представления информации: государственный, федеральный и субъектовый. На каждом из этих уровней отображается информация о 21 ключевом параметре, характеризующем службу. На уровне Федерального округа также представлена информация популяционного канцер-регистра ФГБУ «НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева» МЗ РФ.

На субъектовом уровне электронного паспорта также представлена базовая статистическая информация, контактные данные и динамика изменений 30 критериев, согласно системе оценки качества оказания профильной медицинской помощи. Это позволяет оценить и сравнить качество оказания медицинской помощи в службах детской онкологии-гематологии на различных уровнях.

#### Результаты

Применение цифрового паспорта службы, обогащенного данными электронной системы оценки качества оказания профильной медицинской помощи и научного регистра, позволяет значительно упростить анализ и восприятие большого объема данных, а также способствует принятию организационных решений.

#### Заключение

Постоянно увеличивающийся объем анализируемых данных для клиницистов, администраторов и исследователей требует пропорционального подхода.

Естественным решением в подобной ситуации является внедрение разнообразных цифровых медицинских решений. В медицинских информационных системах крайне важно обеспечить доступность предоставления большого объема разнородной, динамически меняющейся информации. Дальнейшее распространение информационных систем только увеличит спрос на специалистов

системы здравоохранения, которые могут преодолеть разрыв между медицинскими и информационными науками.

**Ключевые слова:** электронный паспорт службы, оценка качества медицинской помощи, детская онкология, гематология, организация здравоохранения

*Контактное лицо: Слинин Алексей Сергеевич, заведующий отделом по работе с регионами ФГБУ «НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева» Минздрава России, Москва, Россия.*

*Телефон: +7 (985)-185-35-83*

*E-mail: filipp.kostin@fccho-moscow.ru*

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-96>

## Применение интеллектуальных систем в морфологическом анализе клеток

В.Д. Смирнов

Институт информационных систем и технологий  
Первого Московского Государственного Медицинского  
Университета имени И.М. Сеченова

#### Аннотация

Данная статья посвящена проблеме применения современных методов машинного обучения в морфологии. В данной работе рассмотрены предпосылки и причины слияния морфологии и машинного обучения, рассмотрен опыт создания информационных систем для морфологического анализа ученых разных стран, а также рассмотрены наиболее успешные методы машинного обучения для морфологического анализа.

#### Review article

#### Введение

Морфологический анализ клеточного материала требует большого количества сил и времени, но он является единственным способом точного определения наличия и свойств опухоли. Большинство видов неоплазм возможно подтвердить только при помощи морфологического анализа.

Для проверки клеточного материала необходимо взять пункцию, окрасить материал, подготовить образец для работы на микроскопе, изучить его и сделать выводы. Данный процесс занимает много времени, особенно анализ клеточного материала (пример снимка с микроскопа показан на рисунках Рис. 1 и Рис. 2.).

Как видно на Рис. 1 и Рис. 2 клеточные образцы не обладают большой контрастностью, а также клетки на снимках имеют достаточно маленькие размеры. В морфологическом анализе огромное значение имеет внутреннее строение клеток: форма ядра, количество ядер, внешняя

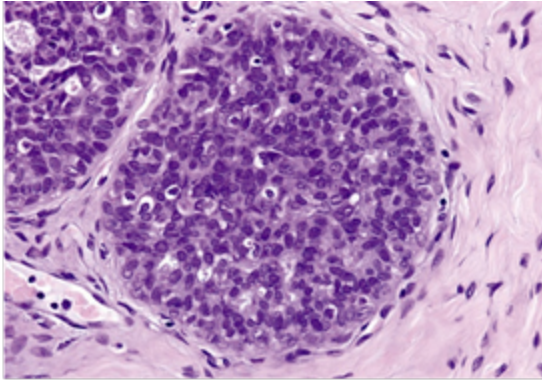


Рис. 1

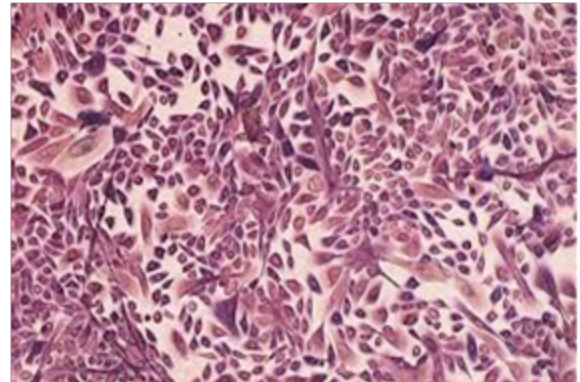


Рис. 2

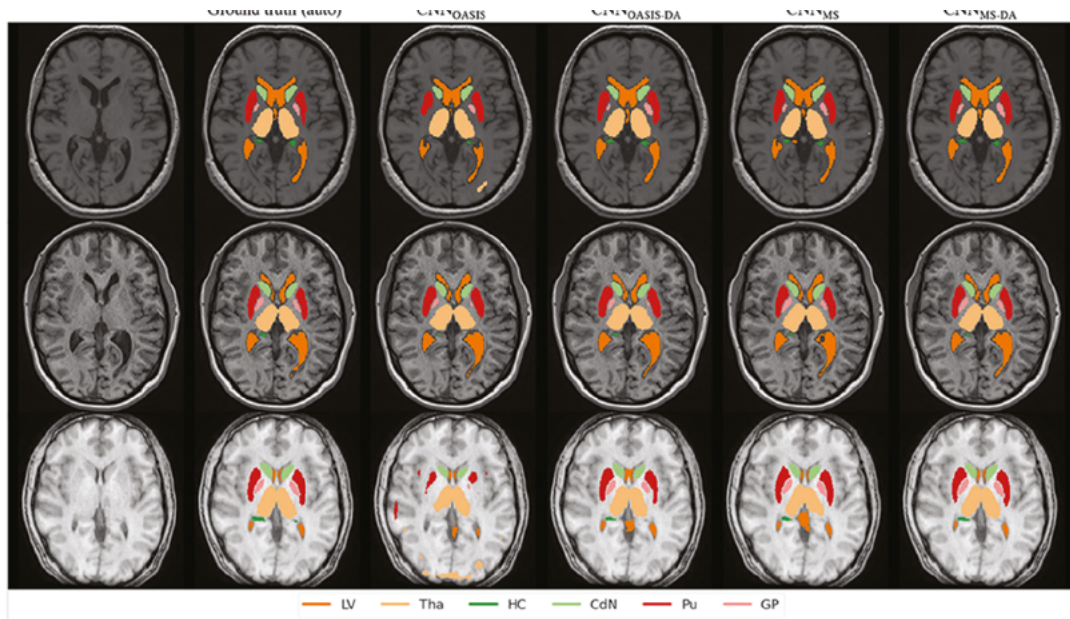


Рис. 5. Результаты сегментации для разных моделей на трех тестовых примерах из набора данных MS. Автоматизированная наземная истина вычисляется iso BRAIN . Результаты CNN OASIS сильно различаются в зависимости от интенсивности изображения. Добавление GMM-DA улучшает предсказание сегментации.



Рис. 3



Рис. 4

Результат обработки изображения нейросетью.

оболочка клеток. Определение морфологии неоплазмы очень важно для планирования дальнейшего лечения. т.е. одни типы опухоли более устойчивы к лечению цитостатиками, а другие, наоборот, стоит лечить только хирургически. И всё это приходится делать вручную, а заменить данный

анализ в современном мире не представляется возможным.

Исключить врача из данного процесса невозможно, но при помощи современных технологий мы можем значительно облегчить и ускорить его работу: световой микроскоп может сделать



высококачественное изображение клеточного материала, а технологии машинного обучения могут увеличить контрастность изображения и выделить места, где наиболее вероятно могут находиться клетки опухоли.

Таким образом мы можем сократить время, требуемое для проведения морфологического анализа.

#### Материалы и методы

Технологии увеличения качества изображения работают достаточно хорошо и имеются в открытом доступе в интернете. На сайте [waifu2x.udp.jp](http://waifu2x.udp.jp) можно бесплатно использовать подобную технологию, которая основана на глубоком обучении свёрточных нейронных сетей. Результат работы данной программы представлен ниже на рисунках Рис. 3 и Рис. 4: на первом изображении до обработки, на втором после.

С технологиями распознавания объектов на изображении мы сталкиваемся ежедневно: камеры на дорогах, распознавание лиц в телефонах, а варианты программ для решения данной задачи имеются в значительном количестве в открытом доступе в интернете.

#### Результаты

Вернёмся к морфологическому анализу. Снимки клеточного материала, сделанные световым микроскопом, не обладают большой контрастностью, распознать клетки на них сложно, особенно если исследуется большая область, пример такого изображения представлен выше на Рис. 1 и Рис. 2.

Уже были проведены исследования по применению нейронных сетей для обработки рентгеновских снимков<sup>2</sup>, МРТ головного мозга<sup>3</sup> и молочной железы<sup>4</sup> и снимков сетчатки глаза<sup>5</sup> – все они не обладают контрастностью и сделаны в одном цвете, однако для МРТ и рентген-снимков были разработаны программы, повышающие контрастность изображения, а так же распознающие и выделяющие на снимке патологические участки.

По аналогии можно создать подобную программу для снимков клеточного материала.

На практике в работе с изображениями лучший результат показывают свёрточные нейронные сети<sup>6</sup>. Кратко говоря, данное семейство искусственных нейронных сетей обрабатывает изображения фильтрами малого разрешения и на основе результатов делает вывод.

#### Обсуждение

Морфологический анализ заключается в подробном рассмотрении клеток тканей организма, в нём важно как разные ткани соединяются между собой, как выглядят клетки этих тканей, как выглядят их ядра – каждый из анализируемых признаков опухоли можно задать в виде изображения или набора изображений. Таким образом можно создать набор фильтров для свёрточной нейронной сети и обучить её определять границы опухоли, клеток, их форму и признаки.

Исследования по обучению нейронных сетей морфологическому анализу проводились как в России, так и за границей и результаты радуют.

#### Заключение

Создав программное обеспечение для автоматизированного морфологического анализа в нынешней ситуации в России, мы значительно снизим нагрузку на патологоанатомов, которых в России не хватает, уменьшим трудозатраты и время на проведение анализа, а также повысим качество результатов. Так как рак является сложным в диагностике заболеванием, а морфологический анализ является чуть ли не единственным способом однозначной диагностики, но при этом достаточно субъективен и проводится только одним специалистом для одного человека, то создание программ в помощь патологоанатомам просто необходимо.

**Ключевые слова:** морфология, цифровая морфология, ИИ, искусственный интеллект, нейронные сети, машинное обучение  
*1smirnovsevolod0@gmail.com*

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-97>

## Системы поддержки принятия врачебных решений на основе искусственного интеллекта в терапии детей с сахарным диабетом первого типа

Д.Ю. Сорокин, Д.Н. Лаптев, О.Б. Безлепкина

ФГБУ НИИЭ эндокринологии Минздрава России, г. Москва

#### Введение

На январь 2017 года по данным федерального регистра сахарного диабета только 16-21% детей до 18 лет с сахарным диабетом 1 типа (СД1) достигают компенсации обменных процессов (гликированный гемоглобин (HbA1c) <7%). Одними из причин, затрудняющих улучшение гликемического профиля, является разная суточная потребность в базальном инсулине и необходимость введения малых доз инсулина, чего трудно добиться при использовании множественных инъекций инсулина (МИИ) с помощью инсулиновых шприц-ручек, а также потребность в регулярной ежемесячной корректировке дозировок инсулина врачом.

Перевод пациента на непрерывную подкожную инфузию инсулина (НПИИ) с помощью инсулиновой помпы мог бы решить вопрос в разной суточной потребности в базальном инсулине и необходимости введения малых доз инсулина, однако данный процесс не имеет единых стандартов и во много зависит от личного опыта врача. Увеличение использования НПИИ, дополненной непрерывным мониторингом глюкозы (НМГ) или флеш-мониторингом глюкозы (ФМГ) приводит



к накоплению большого массива электронных данных, на анализ которого уходит много времени на амбулаторном приёме у врача-эндокринолога. Использование искусственного интеллекта в медицине открывает огромные перспективы по обработке большого массива электронных данных и созданию общепринятых рекомендаций.

### Цель

Разработать систему помощи принятия врачебных решений (СППВР) по первичной настройке инсулиновой помпы (ИП) для пациентов с СД1, переводимых с терапии МИИ на НПИИ, и СППВР по коррекции настроек ИП для пациентов с СД1, использующих НПИИ с НМГ/ФМГ, которые имели бы удовлетворительную согласованность с экспертным мнением врачей.

### Материалы и методы

Для разработки обеих моделей использовался анализ ретроспективных клинических данных, полученных в ходе стационарного лечения и дистанционного консультирования детей с СД1 в возрасте до 18 лет в ГНЦ РФ ФГБУ «НМИЦ эндокринологии» Минздрава России. Обе модели представлены нейронной сетью (НС) – это подкласс машинного обучения, состоящий из многих простых вычислительных элементов, протекающих параллельно. По своей структуре она напоминает организацию и функционирование биологических нейронных сетей – центральной нервной системы человека. На базе моделей были реализованы веб-приложения – СППВР.

Для разработки СППВР по первичной настройке ИП использовались данные 2850 пациентов, использующих МИИ. Её клиническая эффективность оценивалась по согласованности значений рекомендаций СППВР с врачебными рекомендациями на тестовой выборке из 35 пациентов. Полная согласованность значений – когда врач согласился с предложенными программой рекомендациями; частичная согласованность значений – когда врач не согласился с предложенными программой рекомендациями, но разница между врачебными рекомендациями и рекомендациями СППВР была в диапазоне  $\pm 15\%$ ; полная несогласованность значений – когда врач не согласился с предложенными программой рекомендациями и разница между врачебными рекомендациями и рекомендациями СППВР была более  $\pm 15\%$ .

Для разработки СППВР по коррекции настроек ИП использовались данные 504 пациентов (189 000 пациент-часов), использующих НПИИ с НМГ/ФМГ. Клиническая эффективность оценивалась по согласованности вектора рекомендаций СППВР с врачебными рекомендациями на тестовой выборке из 40 пациентов. Полная согласованность вектора принятия решения – когда вектор корректировок врача и СППВР относительно исходных значений совпали, например, оба решили увеличить параметр; полная несогласованность вектора

принятия решения – когда векторы коррекции врача и СППВР относительно исходных значений были противоположными, например, врач решил увеличить параметр, а СППВР уменьшить данный параметр; частичная согласованность вектора принятия решения – когда кто-то один решил изменить параметр, а другой оставить его прежним, например, врач решил увеличить параметр, а СППВР оставить его без изменений.

Нулевая гипотеза заключалась в том, что не существует разницы в согласованности/несогласованности между врачами и СППВР, поэтому любое значимое значение  $P$  ( $p < 0,05$ ) указывало на наличие значительной разницы между рекомендациями врачей и СППВР, что указывало на меньшую эффективность моделей.

### Этическая экспертиза

Протокол исследования одобрен локальным комитетом по этике ГНЦ РФ ФГБУ «НМИЦ эндокринологии» Минздрава России (выписка из протокола №17 от 28.10.2020).

### Результаты

Статистически значимых различий в согласованности значений первичных параметров ИП (базальный профиль, углеводный коэффициент (УК), чувствительность инсулина (ЧИ)) между врачами и СППВР при переводе пациентов с МИИ на НПИИ нет. Разница в  $\pm 15\%$  между врачебными рекомендациями и рекомендациями СППВР является клинически допустимой, поэтому медиана (Q1-Q3) суммы полной и частичной согласованности значений базального профиля составила 75% [12,5-100], УК – 62,5% [41,7-100], ЧИ – 100% [0-100]. Сравнение среднесуточных показателей параметров ИП при первичной настройке помпы статистически значимых различий не выявило: медиана базальной скорости СППВР составила 0,38 ЕД/час [0,22-0,61], врача – 0,4 ЕД/час [0,17-0,51]; медиана среднесуточного показателя УК СППВР – 0,85 ЕД/ХЕ [0,7-1,03], врача – 0,83 ЕД/ХЕ [0,74-1,1]; медиана среднесуточного показателя ЧИ СППВР составила 6,3 ммоль/л [4,9-9,8], врача – 6,5 ммоль/л [4,2-9,7].

Медиана полной согласованности вектора принятия решения между СППВР и врачом при коррекции настроек ИП пациентов, получающих НПИИ с НМГ/ФМГ, по всем трём параметрам составила 47,9% [25-63,5], медиана полной несогласованности вектора принятия решения между СППВР и врачом – 0% [0-12,5], медиана частичной согласованности вектора принятия решения между СППВР и врачом – 41,7% [20,8-62,5]. При частном рассмотрении согласованностей вектора принятия решения между базальным профилем, УК и ЧИ, статистически значимые различия установлены между полной несогласованностью вектора принятия решения базального профиля к УК и базального профиля к ЧИ. Значимых различий в медианных показателях параметров ИП между СППВР и врачами относительно исходных значений нет:

медиана часового показателя базальной скорости СППВР составила 0,66 ЕД/час [0,34-1,18], врача – 0,66 ЕД/час [0,32-1,23]; медиана среднесуточного показателя УК СППВР составила 1,16 ЕД/ХЕ [0,81-1,42], врача – 1,16 ЕД/ХЕ [0,82-1,55]; медиана среднесуточного показателя ЧИ СППВР составила 4,4 ммоль/л [3-8,5], врача – 4,4 ммоль/л [3-6,7].

#### Выводы

Разработанные нами СППВР демонстрируют сопоставимые рекомендации по сравнению с мнением опытных врачей и схожие результаты с зарубежными исследованиями.

**Ключевые слова:** сахарный диабет, дети, искусственный интеллект, СППВР

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-98>

## Промышленный интернет вещей при производстве фармацевтической продукции

А.Л. Стурлис

Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М.Сеченова г. Москва, Российская Федерация

#### Введение

Промышленный интернет вещей (IIoT) – это совокупность программных и аппаратных мер связи удалённого сервера с контрольным оборудованием (датчики). Используется для сбора, передачи и контроля данных между устройствами, посредством сети Интернет, что предоставляет возможность для отслеживания и измерения определённых параметров в автоматическом режиме. Необходимо во многих сферах человеческой деятельности, в том числе в фармацевтической промышленности.

#### Материалы и методы

Было проведено обзорное исследование статей. Рассматривались статьи из таких источников: PubMed, ScienceDirect, ResearchGate и другие. Анализировались статьи с 2019 по 2022 гг.

#### Результаты

В процессе исследования было обнаружено несколько способов использования в фармацевтической промышленности IIoT. Например, данная технология позволяет обеспечить автоматизацию производства, транспортировку и хранение (включая управление данными цепочками), контроль качества и способность предотвращения проблем до их возникновения.

Также, данная технология использовалась для распространения вакцин против COVID-19 на ранних этапах. Более того, IIoT может помочь улучшить качество контроля за производством и распространением вакцин, что в свою очередь повысит доверие населения к медицинским препаратам и способствует дальнейшему развитию медицинской индустрии в целом.

Кроме того, важным моментом является использование IIoT в «холодовой цепи». В частности, IIoT может быть использован для контроля температурного режима хранения и транспортировки иммунологических препаратов.

Использование интернета вещей в фармацевтической промышленности необходимо для контроля целостности упаковок, в которых транспортируются ЛС, контроль поставок данных товаров и не менее важно – прогнозирование спроса. Анализ данных, которые поступают от различных источников этой системы, может показать рыночные тенденции, демографию пациентов, количество продаж и спрогнозировать спрос. Производитель, опираясь на полученные данные, уже может вводить корректировки, для улучшения работы технологического процесса.

Имеется ряд проблем внедрения интернета вещей в фармацевтической промышленности, однако, их можно решить, если соблюдать требования к эксплуатации, рационально использовать технологии и предусмотреть ряд возможных ошибок при работе с IIoT.

#### Заключение

IIoT используется в различных аспектах промышленности. Он помогает улучшить качество поставок, сохранность лекарственных средств, анализ спроса и надежность транспортировки ИБП.

Большое количество возможностей, которые открываются при использовании данной системы в технологическом процессе, способны улучшить качество и количество поступаемых лекарственных средств потребителю, что улучшает качество жизни людей.

**Ключевые слова:** промышленный интернет вещей, датчики, фармацевтическая промышленность, удалённый доступ, холодовая цепь

**Контактное лицо:** Стурлис Алина Леонидовна, студент ПМГМУ им. И.М.Сеченова (Сеченовский университет).

Телефон: 89265510621

E-mail: sturlis\_a\_l@mail.student.sechenov.ru

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-99>

## Медицинский чат-бот

Д.А. Сухоруков, П.А. Филипов, А.О. Фокина

Первый московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва

#### Введение

В наше время чат боты становятся все более доступными и широко используются в различных сферах жизни, включая медицину. Одним из примеров такого использования является медицинский чат-бот, который помогает пациентам записаться на прием к врачу, основываясь на симптомах, которые вводит пациент. Это удобное

и быстрое решение для тех, кто хочет быстро получить медицинскую помощь, но не хочет тратить время на поиск нужного врача и звонки в медицинские учреждения. В данной статье мы рассмотрим принцип работы медицинского чат-бота, его преимущества и возможности, а также расскажем о том, как он может помочь пациентам получить медицинскую помощь быстро и удобно.

### **Материалы и методы**

Для создания медицинского чат-бота, который умеет записывать пациента на прием к врачу, мы использовали язык программирования Python3 и базу данных SQL.

Для хранения информации о пациентах и врачах мы использовали базу данных SQL. Мы создали таблицы для хранения информации о пациентах, врачах и специальностях врачей.

Мы провели тестирование чат-бота на наборе тестовых данных, который включал различные симптомы и запросы от пользователей. Мы также провели тестирование на различных устройствах и платформах, чтобы убедиться в том, что чат-бот работает корректно и стабильно.

В результате мы создали медицинский чат-бот, который позволяет пациентам записаться на прием к врачу, основываясь на симптомах, которые они пишут боту. Наш чат-бот работает на языке Python3 с использованием базы данных SQL и может быть использован в различных медицинских учреждениях для упрощения процесса записи на прием.

### **Результаты**

В результате создания медицинского чат-бота мы получили удобный и быстрый инструмент для записи пациентов на прием к врачу. Наш чат-бот позволяет пациентам описать свои симптомы и получить список врачей, которые могут им помочь. Пациенты могут выбрать удобное время для приема и записаться на прием без необходимости звонить в медицинские учреждения и искать нужного врача.

Мы также обнаружили, что использование медицинского чат-бота может сократить время, затрачиваемое на запись на прием, и уменьшить количество ошибок при записи. Это может улучшить качество медицинской помощи и уменьшить нагрузку на медицинский персонал.

Таким образом, создание медицинского чат-бота является эффективным способом упрощения процесса записи на прием к врачу и может быть использовано в различных медицинских учреждениях для улучшения качества медицинской помощи.

### **Обсуждение**

Создание медицинского чат-бота является актуальной темой в современной медицине. Он может значительно упростить процесс записи на прием к врачу и улучшить качество медицинской помощи. Однако, необходимо учитывать некоторые ограничения и проблемы, связанные с использованием чат-ботов в медицине.

Одной из главных проблем является недостаточная точность диагностики на основе симптомов, которые вводит пациент. Чат-бот не может заменить врача и провести полноценный медицинский осмотр. Поэтому, необходимо учитывать, что чат-бот может использоваться только для предварительной оценки состояния пациента и направления его к соответствующему специалисту.

Также, необходимо учитывать, что не все пациенты могут быть готовы использовать медицинский чат-бот. Некоторые пациенты могут испытывать трудности с использованием технологий или предпочитать общаться с врачом лично. Поэтому, необходимо предоставлять пациентам возможность выбора между использованием чат-бота и обращением к врачу лично.

Кроме того, необходимо обеспечить безопасность и конфиденциальность персональных данных пациентов при использовании медицинского чат-бота. Необходимо использовать надежные методы шифрования и защиты данных, чтобы предотвратить возможность несанкционированного доступа к персональным данным пациентов.

Таким образом, использование медицинского чат-бота является перспективным направлением в современной медицине, но необходимо учитывать некоторые ограничения и проблемы, связанные с его использованием.

### **Заключение**

Создание медицинского чат-бота для записи пациента на прием к врачу является эффективным способом упрощения процесса записи и улучшения качества медицинской помощи. Медицинский чат-бот может значительно сократить время, затрачиваемое на запись на прием, и уменьшить количество ошибок при записи.

Однако, необходимо учитывать некоторые ограничения и проблемы, связанные с использованием медицинского чат-бота. Недостаточная точность диагностики на основе симптомов, которые вводит пациент, может быть одной из главных проблем. Также, не все пациенты могут быть готовы использовать медицинский чат-бот, поэтому необходимо предоставлять им возможность выбора между использованием чат-бота и обращением к врачу лично.

Несмотря на эти ограничения, использование медицинского чат-бота является перспективным направлением в современной медицине. Он может быть использован в различных медицинских учреждениях для упрощения процесса записи на прием и улучшения качества медицинской помощи.

В дальнейшем, необходимо проводить дополнительные исследования и тестирования медицинского чат-бота для определения его эффективности и точности диагностики. Также, необходимо учитывать вопросы безопасности и конфиденциальности персональных данных пациентов при использовании медицинского чат-бота.

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-100>

## Потенциал применения алгоритмов искусственного интеллекта для выявления очаговой патологии по данным флюорографии и рентгенографии органов грудной клетки

М.М. Сучилова<sup>1</sup>, М.Р. Коденко<sup>1,2</sup>, Р.В. Решетников<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГБУЗ Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ

<sup>2</sup> Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э.Баумана, г. Москва

### Введение

ЗНО лёгких могут долгое время иметь бессимптомное течение, вследствие чего существует риск запоздалого установления диагноза. Для таких пациентов излечение маловероятно, и лишь небольшая их часть выживает дольше 1-2 лет. Залогом хорошего прогноза для пациентов с ЗНО является его выявление на ранних стадиях. Первой линией рентгенологической диагностики для профилактических обследований являются рентгенография и флюорография.

### Цель исследования

Работа посвящена изучению возможностей рентгенографии и флюорографии для выявления патологических очагов в лёгких, соответствующих ЗНО, а также роли алгоритмов искусственного интеллекта (ИИ) в их выявлении.

### Материалы и методы

Случайным образом были отобраны 500 пациентов старше 55 лет, прошедшие флюорографию в период с ноября 2019 г. по март 2023 г., а также 500 пациентов старше 55 лет, прошедших рентгенографию органов грудной клетки за этот период. Для всех пациентов были получены результаты работы ИИ-сервисов, а также тексты описаний и заключений врачей-рентгенологов. Был выполнен поиск каждого пациента в канцер-регистре на наличие выставленного диагноза ЗНО трахеи, бронхов и лёгкого (коды С33-С34, международная классификация болезней 10-го пересмотра). В дальнейшем были сопоставлены результаты поиска канцер-регистра, ответа ИИ-сервиса и заключения врача-рентгенолога.

### Результаты

Из 500 пациентов, прошедших рентгенографию, 9 (1,8 %) были найдены в канцер-регистре. При сопоставлении с данными ответов ИИ были обнаружены 8 (1,6 %) из этих пациентов, всего положительных ответов от ИИ было 356 (71,2 %). При анализе заключений врачей очаговые патологии были отмечены у 7 (1,4 %) пациентов, среди которых только 1 (0,2 %) был найден в канцер-регистре.

Чувствительность для врача-рентгенолога составила 11%, специфичность – 99 %. Для ИИ чувствительность составила 89 %, специфичность – 29 %. Из 500 пациентов, прошедших флюорографию, в канцер-регистре был найден 1 (0,2 %) пациент, по результатам исследования которого алгоритм ИИ также выдал положительный результат. При анализе ответов ИИ всего было выявлено 248 (49,6 %) положительных ответа. При анализе текстов заключений был выявлен 1 (0,2 %) пациент с подозрением на очаговое образование, который не был найден в канцер-регистре. Чувствительность для врача-рентгенолога составила 0%, специфичность – 100%. Для ИИ чувствительность составила 100 %, специфичность – 50 %.

### Заключение

Для обеих изученных модальностей рентгенологии с высокой достоверностью детектировали отсутствие патологии, в то время как алгоритмы ИИ проявили способность детектировать признаки легочных очагов, пропущенных врачами. Результаты исследования демонстрируют потенциальный сценарий внедрения технологий ИИ в клиническую практику с целью повышения выявляемости опухолевых заболеваний посредством подсвечивания подозрительных областей для дальнейшей врачебной верификации.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, рентгенография, флюорография, ЗНО лёгкого  
*Контактное лицо:* Сучилова Мария Максимовна, младший научный сотрудник отдела научных медицинских исследований ГБУЗ Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ

Телефон: +7 (916)-991-31-08

E-mail: SuchilovaMM@zdrav.mos.ru



<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-101>

## Идентификация астроцитов и нейронов *in vitro* в модели глутаматной эксайтотоксичности при помощи методов искусственного интеллекта

И.А. Таржанов<sup>1,2</sup>, Н.В. Лизунова<sup>2,3</sup>, З.В. Бакаева<sup>2</sup>,  
К.А. Кошечкин<sup>1</sup>, А.М. Сурин<sup>4</sup>, Е.Н. Фартушный<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)

<sup>2</sup> Федеральное государственное автономное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Министерства здравоохранения Российской Федерации

<sup>3</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Биологический факультет

<sup>4</sup> Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии»

Ишемическая патология мозга является на данный момент одним из опасных процессов, возникающих при травмах головного мозга, а также при различных процессах, связанных с нарушением системного кровообращения. Одним из значимых механизмов патологии мозга во время ишемии/травмы/инсульта является глутаматная гиперстимуляция, возникающая вследствие усиленной стимуляции нормально функционирующих нейронов высокими концентрациями возбуждающего нейромедиатора глутамата, выходящего из цитозоля повреждённых клеток в межклеточное пространство. Распространённым модельным объектом для уточнения фундаментальных принципов данной патологии, а также поиска возможных лекарственных агентов, направленных на определённый механизм развития патологического процесса, являются нейроглиальные культуры. Для рассмотрения взаимного ответа между клетками используется принцип сигналинга, основанного на работе ионов кальция, играющих основную роль в передаче информации между клетками ЦНС. Основной проблемой данной модели является отсутствие чётких параметров, позволяющих рассчитать вклад определённого типа клеток в патологический процесс глутаматной гиперстимуляции. Целью нашей работы является поиск возможных параметров, основанных на кальциевом сигналинге обоих типов клеток, для их разделения в сокультурах, а также создание программного обеспечения, позволяющего автоматизировать данный процесс и находить возможные взаимодействия внутри данных, упускаемые человеческим глазом.

Работы проводились на клеточных культурах нейронов кортекса крысы 0–1 дня рождения. Культивирование культуры проводилось в течение 11 дней. Регистрация кальциевого сигналинга велась на системе, состоящей из инвентированного микроскопа Nikon Ti2E (Nikon, Япония) в комплектации с фотокамерой sCMOS камеры Prime BSI Express от компании Teledyne Photometrics, США. В качестве красителя использовался низкоафинный краситель FuraFF (Thermo Fisher, США). Для разделения астроцитов и нейронов между собой использовались следующие подходы: фармакологический – добавление KCl 30мкМ (идентификация нейронов) и АТФ 100мкМ (идентификация астроцитов), а также морфологический – иммуноцитохимия с антителами под определённые белки клеток (NeuN – Нейроны и GFAP – Астроциты). Первичный анализ данных кальциевого имиджинга и изображений ИЦХ проводили в программах Nikon NIS-Elements (Япония), Excel и ImageJ. Разметку сигналов клеток и их типов производили вручную по анализу данных изображений ИЦХ. Дальнейший анализ и построение модели производили в Jupiter Notebook с использованием библиотек Python pandas, numpy, scikit-learn. Код доступен по ссылке: <https://drive.google.com/file/d/1ApqRykKV9pTGy6Wqj7rBWdZqxntJ8plk/view?usp=sharing>

В качестве параметров для дальнейшего анализа и построения модели были выбраны максимальные значения  $[Ca^{2+}]_i$  и площади под кривыми (AUC) в период действия веществ. Иммуноцитохимическое (ИЦХ) окрашивание культур после эксперимента по измерению динамики кальция и сопоставление с изображением в проходящем свете позволило точно разметить клетки, которые относятся к астроцитам. В качестве модели для классификации данных был выбран алгоритм «Дерево решений», как наименее чувствительный к коллинеарности данных и быстро обучаемый алгоритм. Поскольку данные несбалансированные, в модели были учтены веса классов. Анализ узлов итогового дерева решений позволил сделать вывод, что наиболее важным параметром для классификации является ответ клеток на глутамат и на АТФ. При этом в модели не используется информация об ответе на воздействие высокой концентрации KCl. Исключение данного воздействия ускорит протокол и минимизирует сторонние влияния на клетки при использовании данной модели.

*likeman.1998@yandex.ru,*

*<https://orcid.org/0000-0001-6018-089X>*

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-102>

## Введение электронной системы идентификации пациентов и биологического материала в практику лаборатории клинической эмбриологии

К.С. Татищева<sup>1,2</sup>, Т.С. Архипова<sup>1</sup>, Ю.А. Татищева<sup>2</sup>,  
А.Ф. Сайфитдинова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>РГПУ им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург

<sup>2</sup>Клиника репродукции Скайферт, Санкт-Петербург

### Введение

Одной из основных задач лаборатории клинической эмбриологии является точность идентификации биологического материала. При лечении пациентов методами вспомогательных репродуктивных технологий (ВРТ) в лабораторию поступают только половые клетки пациентов (яйцеклетки и сперматозоиды), их принадлежность в рутинной практике определяется маркировкой на лабораторной посуде. Ответственность за идентификацию материала лежит на эмбриологе, выполняющем основные этапы экстракорпорального оплодотворения (ЭКО). До недавнего времени единственной возможностью проверки действий эмбриолога являлся «двойной контроль» – привлечение другого сотрудника для верификации своих действий. Такой алгоритм крайне не надежен и может привести к фатальным ошибкам (рождению детей, не имеющих генетической связи с родителями), о которых регулярно сообщают средства массовой информации и научные издания. В последние годы решением этой проблемы стало появление «электронных свидетелей» – систем идентификации для обнаружения и мониторинга всех действий в лаборатории. Система помогает снизить риск человеческой ошибки каждый раз, когда образцы перемещаются из одной чашки или пробирки в другую, и защищает каждый этап цикла ЭКО.

### Материалы и методы

Система электронной идентификации RI WITNESS была установлена и введена в эксплуатацию в клинике репродукции «Скайферт» в 2021 году. Система использует радиочастотную идентификацию (RFID)

Каждому пациенту присваивается идентификационная карта с персональным номером – ID.

Все чашки и пробирки, содержащие биоматериал пациентов, маркируются с помощью самоклеящихся RFID-меток, которые совпадают с уникальным ID пациента

По всей лаборатории установлены считыватели RI Witness, они встроены в поверхность рабочей станции эмбриолога.

Каждый считыватель соотносит RFID-метки и ID пациента, и позволяет приступить к процедурам.

Если метка RFID и ID пациента не совпадает, работа эмбриологической лаборатории блокируется, предотвращая любые потенциальные ошибки.

Перенос эмбрионов состоится только после автоматической проверки и совпадения ID пациентки и RFID-меток на чашке.

Помимо функций идентификации система позволяет проводить учет циклов и процедур, проводимых в клинике и оценивать работу каждого эмбриолога (временные рамки выполнения каждой манипуляции, количество процедур) за счет индивидуальной регистрации сотрудника на рабочем месте.

### Результаты

Внедрение системы электронной идентификации пациентов и биологического материала позволило значительно сократить время на проведение процедур за счет наличия «электронного свидетеля». Эмбриолог, ранее выполнявший функцию проверяющего, получил возможность вести самостоятельную работу. Анализ данных, накопленных системой позволил равномерно распределять обязанности между сотрудниками и избегать повышенной нагрузки на отдельных сотрудников. Также стало возможным оценить временные затраты на проведение каждой манипуляции и стандартизовать ряд процессов. Проведенный опрос пациентов об их опыте лечения с использованием системы электронной идентификации RI WITNESS показал повышение доверия к клинике, снижение тревожности в процессе лечения. Все эти факторы привели к повышению результативности лечения.

### Заключение

Система электронной идентификации RI WITNESS полностью внедрена в работу лаборатории клинической эмбриологии и является неотъемлемой частью современной клиники ВРТ.

*Контактное лицо: Татищева Юлия Александровна, к.б.н., заведующая лабораторией эмбриологии клиники Скайферт, Санкт-Петербург, Россия.*

*Телефон: +7 (960)255-55-57*

*E-mail: yuliya.tatischeva@skyfert.clinic*

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-103>

## Применимость текстурных статистических признаков ультразвуковых изображений в дифференциальной диагностике узловых образований щитовидной железы

А.А. Трухин, А.В. Манаев, С.М. Захарова, Е.А. Трошина, А.А. Гармаш

ГНЦ РФ ФГБУ «НМИЦ эндокринологии» Минздрава России, г. Москва

### Введение

Ультразвуковое исследование щитовидной железы является основным методом выявления узлового зоба. Диагностическую ценность УЗИ в рамках дифференциальной диагностики узлового зоба трудно переоценить. К преимуществам УЗИ можно отнести отсутствие воздействия ионизирующего излучения, мобильность используемого оборудования и относительно низкую стоимость проведения исследования. К недостаткам относят «экспертность» метода, когда его точность во многом зависит от квалификации и опыта специалиста.

### Материалы и методы

Анализ ультразвукового изображения (объекта исследования) специалистом, как и любого другого диагностического исследования в медицине, начинается с так называемого «распознавания

образов», т.е. выделении элементов изображения и их характеристик (предмет исследования) для сравнения с принятыми критериями нормы. Специалист, выполняющий эту задачу должен обладать достаточным опытом в области медицинской визуализации, знать ультразвуковую анатомию и варианты нормы, чтобы определить изменения, которые могут указывать на патологию. Кроме того, важное значение имеет оптимальное качество изображения.

### Результаты

Сложная организация процессов ультразвуковой диагностики приводит к ряду ошибок случайного и систематического характера. Одним из вариантов эффективного решения указанной проблемы является разработка модели интеллектуальной системы помощника врача УЗИ (см. Рисунок 1).

Совокупность процессов интеллектуальной системы поддержки врача УЗИ представлена в виде причинно-следственной диаграммы Исикавы на Рисунке 2.

Источниками низкой воспроизводимости исследований ультразвуковой диагностики могут стать процессы стандартизации ультразвуковых изображений, предобработки ультразвуковых изображений, совершенствования интеллектуальных алгоритмов, хранения данных, автоматизированная обработка ультразвуковых изображений, клиент-серверное взаимодействие.

### Результаты

Сложность выделения признаков изображений является отдельной проблемой процесса совершенствования интеллектуальных алгоритмов. Так нами проведено исследование 16

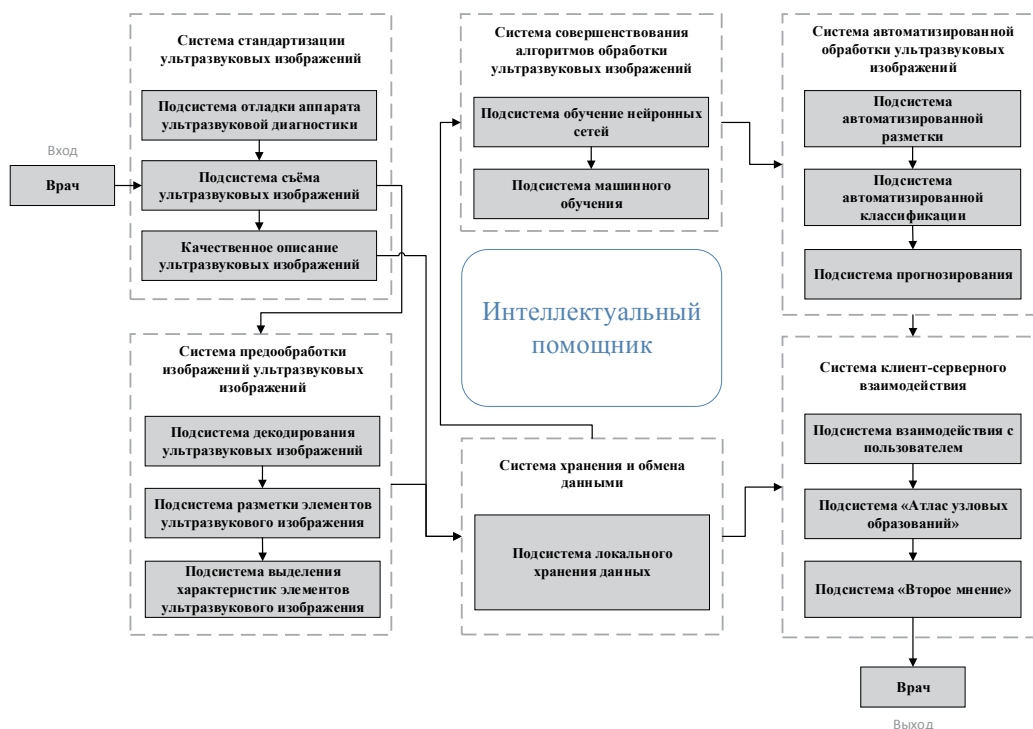


Рисунок 1. Модель интеллектуальной системы помощника врача УЗИ



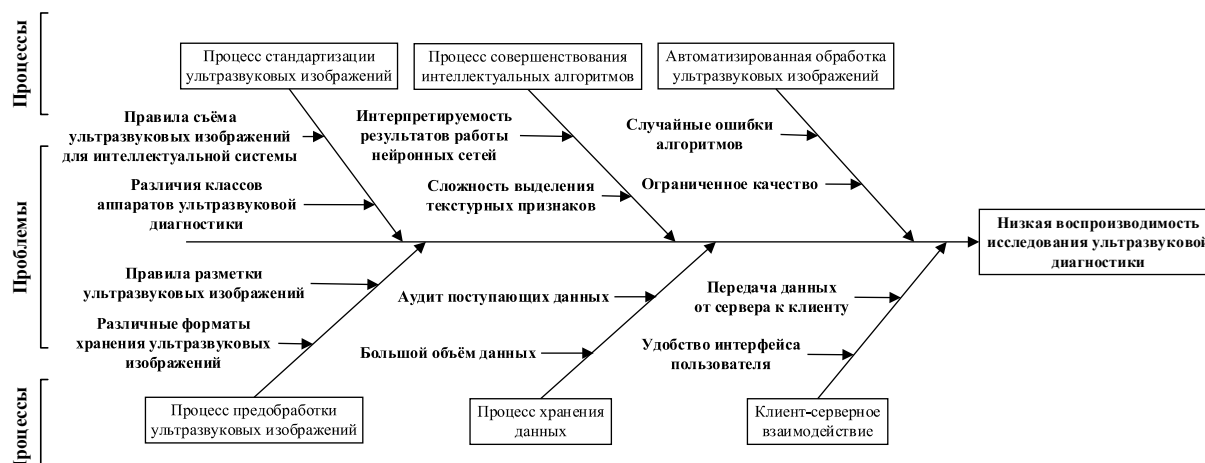


Рисунок 2. Причинно-следственная диаграмма связей проблем процессов интеллектуальной системы помощника врача УЗИ с низкой воспроизводимостью исследований ультразвуковой диагностики

статистических текстурных признаков на предмет прогностической ценности для задач классификации степени злокачественности, показана высокая прогностическая ценность классификации степени злокачественности  $AUC = 0.83$ .

#### Заключение

Интеллектуальные системы становятся перспективным дополнением к выполнению задач ультразвуковой диагностики щитовидной железы, удовлетворяя желание клинического здравоохранения повысить эффективность медицинской визуализации. Продемонстрированное исследование показывают, что существующие интеллектуальные системы могут успешно использовать в повседневной работе клиницисты для оценки степени злокачественности узлов щитовидной железы и для принятия решения о необходимости проведения ТАБ. Работы выполнены в рамках выполнения работ по гранту Российского научного фонда №22-15-00135 «Научное обоснование, разработка и внедрение новых технологий диагностики коморбидных йододефицитных и аутоиммунных заболеваний щитовидной железы с использованием возможностей искусственного интеллекта».

**Ключевые слова:** интеллектуальные системы, онкология щитовидной железы, узловые образования, ультразвуковая диагностика

**Контактное лицо:** Трухин Алексей Андреевич, медицинский физик отделения радионуклидной терапии ГНЦ РФ ФГБУ «НМИЦ эндокринологии» Минздрава России, Москва, Россия.

Телефон: +79036042988

E-mail: alexey.trukhin12@gmail.com

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-104>

## Биоинформатический скрининг некодирующих рнк, вовлеченных в патогенез эпителиального рака яичников

Л.А. Урошлев., И.В. Пронина, А.М. Бурденный,  
В.И. Логинов, Э.А. Брага

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии», Москва.

#### Введение

Эпигенетическая регуляция в канцерогенезе включает механизм связывания микроРНК с комплементарными участками в последовательностях мРНК, регулируемый, в свою очередь, участием длинных некодирующих РНК (днРНК), т.н. механизм конкурирующих эндогенных РНК (кэРНК), который отображают схемой днРНК/микроРНК/мРНК.

#### Материалы и методы

Скрининг некодирующих РНК, вовлеченных в патогенез эпителиального рака яичников (РЯ), проведен с применением метода глубокого машинного моделирования и нескольких моделей на основе баз GEO и TCGA. С помощью процедуры `removeBatchEffect` из пакета `limma` (Linear Models for Microarray Data) в R-studio выполнено устранение систематических ошибок, возникающих на этапе выравнивания последовательностей. Для анализа днРНК и мРНК применяли функцию `limma-voom`: только вариации экспрессии между образцами ( $\log_2 IQR > 0.5$ ,  $p < 0.05$ ). Частота ложных открытий (FDR) контролировалась на пороге 0.01. Использованы базы TargetScan v.7.2, DIANA-TarBase v.8 и mirPath v.3 для предсказания целевой последовательности 12 микроРНК (miR-124,



miR-125b, miR-127, miR-129, miR-132, miR-137, miR-148a, miR-191, miR-193a, miR-203, miR-339, miR-375).

### Результаты

С применением корреляционного анализа отобраны 102 пары микроРНК–днРНК и 131 пара микроРНК–мРНК с отрицательными корреляциями. 67 пар днРНК–мРНК показали положительные коэффициенты корреляции (по Спирмену). Добавлен порог присутствия экспрессии, установленный на уровне >0 в более чем 70% образцов. Отсеяны пары, в которых экспрессия днРНК не соответствовала этому критерию. Такое же отсеивание применялось для мРНК. В результате скрининга отобраны 13 мРНК (AURKA, BCL2, CDK4, c-MET, WNT4, YAP1, ZEB1, ZEB2, CCND1, ADAM9, SOX4, TGFB, MAPK1); 10 днРНК (MALAT1, MAFG-DT, OIP5-AS1, MLK7-AS1, TUG1, UCA1, SNHG14, CCAT1, DSCAM-AS1, lnc-CCL28); 5 микроРНК (hsa-miR-148a-3p, hsa-miR-193a-5p, hsa-miR-203a-3p, hsa-miR-124-3p, hsa-miR-375-3p).

С применением TargetScan v.7.2, DIANA-TarBase v.8 и программы scanMiR tool, установлено, что сайты посадки на мРНК и на днРНК имеют только 2 микроРНК: miR-203a-3p и miR-148a-3p. В итоге, определены 8 интерактонов, вовлеченных в патогенез РЯ: MALAT1/miR-148a-3p/BCL2; MAFG-DT/miR-148a-3p/BCL2; MALAT1/miR-203a-3p/(CDK4, c-Met, WNT4, YAP1, ZEB1, ZEB2).

### Заключение

Биоинформационный скрининг некодирующих РНК, участвующих в патогенезе РЯ, выявил 18 днРНК с экспрессией, отрицательной коррелирующей с микроРНК. Были идентифицированы потенциальные взаимодействия в 7 парах днРНК/микроРНК, 11 парах микроРНК/мРНК и 90 парах днРНК/мРНК. Достоверные положительные корреляции между уровнями экспрессии мРНК и днРНК позволяют предположить их возможное участие в качестве конкурентов за связывание с микроРНК по механизму кэРНК по схеме днРНК/микроРНК/мРНК. Полученные результаты после валидации на резекционном материале РЯ послужат основой для разработки новых методов диагностики и таргетной терапии РЯ.

Работа выполнена за счет средств РНФ № 20-15-00368П.

**Ключевые слова:** днРНК, микроРНК, мРНК, кэРНК

**Контактное лицо:** Пронина Ирина Валерьевна, старший научный сотрудник лаборатории патогеномики и транскриптомики ФГБНУ «Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии», Москва, Россия.

Телефон: +7 (985) 766-83-81

E-mail: zolly\_sten@mail.ru

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-105>

## Система мониторинга мировой дефектуры лекарственных средств

А.М. Усанова, П.Д. Гриднева, И.А. Дмитриева,  
А.В. Карпова, К.А. Кошечкин

Первый Московский государственный медицинский  
университет имени И.М. Сеченова, Москва

### Введение

Нехватка лекарств является растущей проблемой мирового уровня, создающей клинические и экономические проблемы в странах с различным уровнем дохода. Дефициту подвержены все виды лекарств, и на общем фоне стерильные препараты для инъекций выделяются: они имеют самый высокий риск нехватки. Причины нехватки включают в себя много факторов, например, проблемы с предложением, спросом и регулированием. Проблемы снабжения, в свою очередь, состоят из производственных проблем, отсутствия сырья, логистических и бизнес-проблем. К проблемам спроса относят своевременные запасы, более высокий спрос на продукт, сезонный спрос и непредсказуемый спрос. Одним из важных факторов данных проблем является отсутствие мониторинга дефектуры лекарств.

Проблема лекарственного дефицита касается экономической, клинической и гуманистической сфер. ВОЗ разработала глобальные стратегии смягчения последствий на четырех уровнях для преодоления нехватки лекарств во всем мире. Они включают в себя обходной путь для решения текущей проблемы, улучшение операционной деятельности для снижения риска нехватки и обеспечения раннего предупреждения, изменения в государственной политике, а также обучение всех медицинских работников управлению дефицитом.

Актуальность данной работы заключается в оценке доступности и обеспеченности лекарственными средствами среди жителей различных стран и регионов для дальнейшей разработки предложений по предупреждению дефектуры лекарственных средств.

Цель данной работы – оценить системы мониторинга дефектуры лекарственных средств и уровень обеспеченности населения разных стран лекарственными препаратами, найти и описать методы для выявления и предотвращения дефектуры.

### Материалы и методы

Для более детального изучения проблемы дефицита лекарственных средств в статье использовались такие методы, как теоретический анализ публикаций по данной теме; сравнение уровня лекарственного обеспечения в различных странах и обобщение данных; проведение социологического опроса и статистического анализа.

**Результаты**

Проблема дефектуры существует как в передовых государствах, так и в странах третьего мира. Для ее решения можно применять различные методы, в том числе использовать системы мониторинга, чтобы отслеживать количество различных препаратов и вовремя предотвратить возникшую нехватку

**Заключение**

Государственные системы мониторинга дефектуры лекарственных средств жизненно необходимы для устранения проблемы лекарственного дефицита и активного поддержания доступности и обеспеченности лекарствами среди жителей различных стран. Также необходимо провести большую работу по стандартизации содержания и качества данных государственных регистров. Дефицит может не только быть следствием сбоев в производстве, но и отражать другие способствующие факторы в международных механизмах распределения и поставки лекарств, включая разницу в ценах и нормах прибыли между национальными фармацевтическими рынками.

*Контактное лицо: Кошечкин Константин Александрович, ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия.*

*Телефон: +7 (903)-151-61-59*

*E-mail: koshechkin\_k\_a@staff.sechenov.ru*

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-106>

## Применение искусственного интеллекта в анализе скан изображений гистологических препаратов почки

А.Л. Файзуллин<sup>1</sup>, Е.И. Иванова<sup>1</sup>, В.О. Гринин<sup>2</sup>,  
Д.М. Ермилов<sup>2</sup>, А.В. Лычагин<sup>1</sup>, П.С. Тимашев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва

<sup>2</sup> ПАО «Вымпелком», Москва

**Введение**

Классификация Банфф используется для диагностики отторжения трансплантатов почки, но она сталкивается с ограничениями из-за переменчивой конкордантности в оценках врачей. Искусственный интеллект (ИИ) может стандартизировать технические аспекты исследований, повысить их объективность и точно количественно оценить морфологические характеристики, улучшая воспроизводимость в клинической практике. Внедрение ИИ в рутинные процессы патологоанатомического отделения является ядром системных преобразований в микроскопической диагностике, объединенных термином «цифровая патология». Цель данного исследования

заключается в разработке решений на основе ИИ для диагностики острого отторжения трансплантата почки.

**Материалы и методы**

Глубокая модель обучения использует настроенную архитектуру Mask R-CNN для сегментации структур почечной ткани. Обучение было проведено на аннотированных регионах интереса, включавших в себя канальцы, клубочки и артерии. Программа создавала области дополнительных классов, а именно – регионы стромы (которые были определены как все пространство между выше указанными тканевыми структурами) и инфильтрации иммунными клетками. Последние области представляли собой регионы стромы, в которых плотность определяемых программой лимфоцитов была достаточно высокой.

**Результаты**

Была показана высокая предсказательная способность модели для экспертных метрик фиброза (сi) и интерстициальной инфильтрации (i) на основе измерений площади фиброза и площади инфильтрации. Данная модель поможет патологоанатомам делать более точные диагнозы и принимать более аргументированные решения в сложных случаях пограничных изменений в гистологических препаратах. Данная модель будет применена для создания цифровых двойников биоптатов, представляющих собой объемные модели, построенные из скан-изображений десятков последовательных срезов, окрашенных гематоксилином и эозином. Такие модели добавят новое измерение в морфологический анализ.

**Заключение**

Применение ИИ в нефропатологии быстро развивается и уже включает автоматизированную морфометрическую оценку, 3D моделирование гистологической структуры и ускорение процесса оценки для повышения точности и эффективности диагностики. К другим инновационным программным решениям в области цифровой патологии почки можно отнести разработку решения для определения ядрышковой градации для светлоклеточного почечно-клеточного рака. Это решение позволяет давать оценку плотности опухолевых клеток разных классов и интегрировать результаты в информационную систему для патологоанатомических отделений Ахон. Решение направлено на расчет нового гистологического биомаркера, имеющего прогностическую ценность и низкую зависимость от лабораторных технологических процессов. Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (грант № 22-15-00467).

*Контактное лицо: Файзуллин Алексей Леонидович, заведующий Лабораторией цифрового микроскопического анализа Института регенеративной медицины Научно-технологического парка биомедицины ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени*



И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия.  
Телефон: +7 (917)-587-88-31  
E-mail: fayzullin\_a\_l@staff.sechenov.ru

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-107>

## Возможности цифровой обработки данных компьютерной томографии в планировании операций при опухоли почки

Д.Н. Фиев, П.В. Глыбочко., Ю.Г. Аляев., Д.В. Бутнару, Е.С. Сирота, А.В. Проскура, М.М. Черненко, И.М. Черненко, Х.М. Исмаилов, С.М. Амрахов, З.С. Шомукина, С.В. Вовденко, А.Р. Аджиев

Центр нейросетевых технологий НИИ уронефрологии и репродуктивного здоровья человека Сеченовского Университета, Москва

### Введение

За последние годы отмечен рост заболеваемости раком паренхимы почки. Единственным эффективным методом избавления от опухоли почки на сегодняшний день остается хирургический. Техническое осуществление хирургического вмешательства должно быть максимально продумано и запланировано на основании всеобъемлющего предоперационного обследования. Данное положение включает в себя как диагностические вопросы, так и персонифицированный подход к выбору тактики хирургического вмешательства в каждом конкретном наблюдении. Для решения подобных задач в последние годы стали широко привлекаться современные компьютерные технологии, в том числе связанные с использованием искусственного интеллекта (ИИ).

**Цель исследования:** масштабирование виртуального моделирования операций на почке за счет использования возможностей глубокого машинного обучения.

### Материалы, использованные в работе

На сегодняшний день мы располагаем собственным 15 летним опытом применения и внедрения в урологическую практику виртуального моделирования более 2000 операций при хирургических заболеваниях почек. Получение трехмерных объектов до настоящего времени осуществлялось в «ручном режиме» IT-специалистом, который использовал программу Amira. Первичными данными для получения 3D моделей патологического процесса в почке являются DICOM данные всех фаз мультиспиральной компьютерной томографии брюшной полости с контрастированием. С июня 2023 года в Институте Урологии и репродуктивного здоровья человека Сеченовского Университета разработан программный софт

«NephroAI», который на основании технологии ИИ «компьютерного зрения» позволят осуществлять 3D построения и виртуальное планирование операций на почке в автоматическом режиме.

### Результаты

Программный софт «NephroAI» позволяет придавать ту или иную цветность различным анатомическим структурам в соответствии с изображениями в анатомическом атласе, что улучшает наглядность и дифференцировку их в восприятии хирургом. Поворачивая виртуальную 3D модель почки в различных направлениях, получают точки обзора из ракурсов, которые могут быть недоступны хирургу во время операции, например, со спины. При этом можно выполнять виртуальное удаление части паренхимы почки получая подробную информацию об особенностях топографо-анатомического взаимоотношения опухоли с внутрипочечными структурами (сосудами и мочевыми путями).

### Обсуждение

Получение информации для предоперационного планирования хирургического вмешательства при образованиях паренхимы почки, основанного на данных 3D моделирования, является трудоемкой «штучной» работой, требующей подготовки обученного IT-специалиста. Кроме того, необходимо иметь в арсенале лечебного учреждения лицензированное программное обеспечение. При этом работа одного специалиста, как показал наш опыт, позволяет удовлетворять как практические, так и научные потребности лишь одного специализированного медицинского центра.

### Заключение

Применение ИИ позволяет сделать шаг в сторону масштабирования задуманного проекта и сделать его доступным для нужд практического здравоохранения как в Москве, так и в Российской Федерации. Это становится возможным благодаря глубокому машинному обучению, которое уже позволяет получать 3D моделирование опухолевого процесса в почке за кратно меньшее время без ущерба качеству данного построения.

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-108>

## Цифровое фенотипирование и носимые устройства в медицине

Т.С. Филь

ФГБОУ ВО СЗГМУ им И.И.Мечникова, Санкт-Петербург

### Введение

В 2018г. в России принята концепция предиктивной, превентивной и персонализированной медицины. В рамках данной концепции разрабатываются различные методы персонифицированного

подхода к диагностике и терапии. Один из них – цифровое фенотипирование.

Цифровое фенотипирование – новое направление в цифровых медицинских технологиях. Суть технологии состоит в сборе данных с носимых устройств, характеризующих физическое и эмоциональное состояние человека в режиме реального времени. Данные, собираемые при цифровом фенотипировании, условно делятся на **активные**, которые человек вводит самостоятельно, заполняя опросники, электронные дневники самонаблюдения, анкеты, и **пассивные**, которые с согласия пациента собираются с датчиков и сенсоров носимого устройства. Анкетирование и дневники самонаблюдения не являются принципиально новой технологией, однако, в цифровой форме они позволяют накапливать большие массивы наблюдений о пациентах и их заболеваниях. В свою очередь, накопление больших информационных массивов с применением методов машинного обучения позволяет радикально поменять подход к управлению здоровьем – принимать решения на основании анализа **данных реальной клинической практики**. Данные реальной практики более объективно отражают картину заболевания и позволяют уловить детали, недоступные в рандомизированных клинических исследованиях.

Значимым источником данных реальной клинической практики является сбор информации с носимых устройств в повседневной жизни. Носимые устройства могут являться медицинским изделием, но могут и не являться таковым и быть при этом ценным источником информации.

Одной из перспективных областей применения цифрового фенотипирования в настоящее время является психиатрия: проводятся исследования по выявлению корреляции между рецидивами психических заболеваний и бытовым поведением человека в отношении своего смартфона, исследованию голосовых паттернов психических расстройств и т.п. [1,2,3] Некоторые авторы считают, что цифровое фенотипирование могло бы облегчить мониторинг психического здоровья, предоставляя более экономичное и доступное средство мониторинга по сравнению с традиционными очными оценками и психометрическим тестированием. [4]

В основе сбора данных с носимых устройств лежит технология **интернета вещей**. Интернет вещей – это технологии на основе взаимосвязанных физических объектов и систем, способных передавать сигналы между собой и обрабатывать их. Интернет вещей является одной из сквозных цифровых технологий, т.е. эта цифровая технология универсальна для разных сфер экономики и общественной жизни. Согласно отчету экспертов ВШЭ, интернет **медицинских** вещей возглавляет ТОП-10 наиболее перспективных технологий интернета вещей в 2023г. (<https://issek.hse.ru>), при этом ожидаемый срок массового внедрения этой технологии составляет 3-5 лет.

В 2022г. Минздрав России инициировал проект в рамках экспериментального правового режима (ЭПР) на территории отдельных регионов по внедрению дистанционного мониторинга пациентов с гипертонической болезнью и сахарным диабетом – «Персональные медицинские помощники». В рамках ЭПР пациенты будут обеспечены медицинскими изделиями мониторинга артериального давления и гликемии. В основе проекта лежат технологии интернета вещей, биосенсоры и телемедицинские технологии. Решение построено на базе промышленного интернета вещей «IIoT.Istok». Пациент подписывает согласие на участие в проекте и на сбор данных о нем, с помощью медицинского персонала в поликлинике по месту жительства регистрируется на специализированной платформе и получает устройство для мониторинга показателей здоровья. Обученный персонал поликлиники осуществляет настройку прибора, подключение его к платформе и регистрацию пациента. В дальнейшем дома пациент осуществляет контроль показателей артериального давления или гликемии, и данные автоматически передаются из прибора по беспроводной интернет-связи в электронную медицинскую карту пациента в медицинскую информационную систему медицинской организации. В случае пропуска измерения, прибор напоминает пациенту о необходимости измерения и отправляет соответствующее сообщение лечащему врачу. Ожидается, что дистанционный мониторинг показателей здоровья пациентов повысит приверженность к регулярному контролю показателей здоровья и приему лекарственных препаратов, что в свою очередь повысит качество лечения. По данным на июль 2023г. цифровая платформа Ростеха «Персональные медицинские помощники» объединила в единую систему данные с более чем 7 тысяч медицинских устройств в шести регионах России. (<https://rostec.ru>). Планируется, что к 2024 году сервисами персональных медицинских помощников будет охвачено не менее 10% граждан России, находящихся в группе риска по артериальной гипертензии, сахарному диабету и хронической сердечной недостаточности. Сбор данных реальной практики позволит перейти к превентивной предиктивной медицине, а также к разработке новых уникальных схем терапии социально-значимых и других заболеваний.

Интернет медицинских вещей – важнейшая цифровая технология, которая будет значительно влиять на качество и доступность медицинской помощи. А цифровое фенотипирование – перспективное направление дистанционного мониторинга здоровья, способствующее развитию персонализированного подхода в медицине.

#### Список литературы

1. Insel TR. Digital phenotyping: a global tool for psychiatry. World Psychiatry. 2018 Oct;17(3):276-277. doi: 10.1002/wps.20550.



2. Lydon-Staley DM, Barnett I, Satterthwaite TD, Bassett DS. Digital phenotyping for psychiatry: Accommodating data and theory with network science methodologies. *Curr Opin Biomed Eng.* 2019 Mar; 9:8-13. doi: 10.1016/j.cobme.2018.12.003.

3. Huckvale K., Venkatesh S., Christensen H. Toward clinical digital phenotyping: a timely opportunity to consider purpose, quality, and safety. *npj Digital Medicine* (2019) 2:88; doi:10.1038/s41746-019-0166-1

4. Coghlan S, D'Alfonso S. Digital Phenotyping: an Epistemic and Methodological Analysis. *Philos Technol.* 2021; 34(4):1905-1928. doi: 10.1007/s13347-021-00492-1.

**Ключевые слова:** цифровое здравоохранение, цифровая медицина, персональные медицинские помощники, цифровое фенотипирование, интернет медицинских вещей

*Контактное лицо: Филь Татьяна Сергеевна, к.м.н., заведующая отделением СЗГМУ им И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия.*

*Телефон: 89052570736*

*Email: fts-88@mail.ru*

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-109>

## Информационно-аналитическое сопровождение государственной регистрации лекарственных средств для медицинского применения

А.И. Ходенок

ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва

### Введение

В силу постоянного развития новых технологий и информационного наполнения всех сфер деятельности фармацевтического работника, система государственного контроля за обращением лекарственных средств нуждается в непрерывном улучшении. Сегодняшние условия характеризуются быстрыми технологическими и методологическими изменениями, ростом объемов публикуемой информации и глобализацией экономических связей, что делает информационное сопровождение профессиональной деятельности в фармацевтической отрасли крайне важным для успешного и стабильного развития. В данном контексте цифровизация процесса Государственной регистрации в РФ является необходимым шагом и основным фокусом данного обзора.

### Материалы и методы

В ходе написания данного обзора научно-методической базой послужили российские научные

статьи из основных поисково-информационных и библиотечных баз публикаций (Google Scholar, E-library, ResearchGate, CyberLeninka).

### Результаты

В рамках обзора затронуты аспекты Федерального закона №61-ФЗ, дана характеристика eCTD (электронному Общему техническому документу), представлено сравнение Научного центра экспертизы средств медицинского применения и Европейской сети официальных контрольных лабораторий ЛС, а также краткое описание Государственной регистрации по процедуре ЕАЭС.

### Заключение

Внедрение информационных технологий стало неотъемлемой частью всех сфер, включая область обращения лекарственных средств. Необходимо следить за темпом развития новейших технологий, особенно в сфере регулирования фармацевтической промышленности. Каждый производитель лекарственных препаратов должен ставить перед собой задачу соответствия современным требованиям государственной регистрации в Российской Федерации.

**Ключевые слова:** Государственная регистрация лекарственных препаратов, процедура регистрации по Правилам ЕАЭС, ОТД.

*Контактное лицо: Ходенок Ангелина Игоревна, студент 5 курса Института Фармации имени А.П. Нелюбина ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия.*

*Телефон: +7 (985)-125-04-65*

*E-mail: khodenok\_a\_i@student.sechenov.ru*

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-110>

## Использование докинг-метода для поиска потенциальных ингибиторов протеинкиназ – терапевтических мишеней нейровоспаления

И.Ю. Хохлова, В.В. Какоткин, М.А. Агапов, Е.В. Семина, Е.Г. Чулахин

ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет им. И. Канта», г. Калининград

### Введение

Такие патологические состояния как травмы мозга, инсульты и нейродегенеративные заболевания характеризуется чрезмерной активацией микроглии, вызывающей нейровоспаление. В этом процессе активное участие принимают системные медиаторы воспаления – интерлейкин-1-β, интерлейкин-6, фактор некроза опухолей α и оксид азота. [1] В зависимости от фактора, вызывающего воспаление, будет понятен итоговый вектор внутриклеточной сигнализации, вовлекающий конкретные

протеинкиназы. Киназы, в зависимости от субстрата фосфорилирования, представляют собой потенциально значимые терапевтические мишени для борьбы с многочисленными заболеваниями и патологическими состояниями. [2]

Такое множество вариаций делает разработку прицельных ингибиторов традиционными методами молекулярной биологии (“мокрой” биологии) сложной за счет больших экономических, временных и материальных ресурсов. В связи с этим, целесообразным становится подход, при котором начальные стадии разработки лекарств будут происходить *in silico* с использованием фармакофорного подхода, метода молекулярного моделирования (или докинга), а также методов хемоинформатики.

Учитывая это, целью данного исследования стало использование метода докинга для проверки библиотеки, содержащей 900 уникальных соединений, синтезированных в БФУ им. И. Канта за последние 5 лет, на специфичность связывания к киназам ROCK1 и MAPK14.

#### Материалы и методы

Для проверки была выбрана методика докинга Glide, version 6.7 (Schrödinger, LLC, New York, NY, 2015) [3], которая использует серию иерархических фильтров для поиска возможных местоположений лиганда в области активного сайта рецептора, обеспечивая максимально близкий к исчерпывающему поиск по положению, ориентации и конформационному пространству, доступному лиганду.

В отличие от других методов стыковки лигандов с жесткой трехмерной структурой известного белкового рецептора, методика Glide приближает полный систематический поиск конформационного, ориентационного и позиционного пространства, связанного с лигандом.

Кристаллические структуры белков-ферментов в комплексе с лигандами были взяты из Protein Data Bank (PDB ID: 1OZ1, PDB ID: 6E9W, дата обращения 22.05.2023).

Для взятых кристаллических структур ферментов выполняли встроенную процедуру подготовки белка, с применением параметров по умолчанию, которые включали в себя: добавление атомов водорода, нулевой порядок связей, удаление лишней связанной воды, создание дисульфидных связей. Процедура подготовки лигандов нужна для оптимизации структур молекул, включает в себя нейтрализацию заряженных групп, создание таутомеров и удаление нежелательных и неверных структур молекулы. Докинг проводили с использованием стандартных настроек – коэффициент масштабирования радиуса Ван-дер-Ваальсовых сил 0.8, инверсия пирамидальных атомов азота, и конформация ароматических колец по умолчанию.

#### Результаты

Из 900 соединений потенциальных ингибиторов методом молекулярного докинга были

отобраны кандидаты с показателем связывания выше заданного значения. 20 молекул-кандидатов, специфичных к MAPK14 и 19 структур специфичных к ROCK1. Активные молекулы включают в себя гетероциклические фрагменты, такие как индол, тиазол, имидазол и их производные.

#### Заключение

Метод докинга показал высокую эффективность в поиске ингибиторов, предположительно специфичным к киназам ROCK1 и MAPK14. Дальнейшая эффективность соединений будет проверена методами молекулярной биологии – вестерн-блот и фенотипический скрининг.

**Ключевые слова:** докинг, протеинкиназа, нейродегенеративные заболевания

#### Источники:

1. Figuera-Losada M, Rojas C, Slusher BS. Inhibition of microglia activation as a phenotypic assay in early drug discovery. *J Biomol Screen*. 2014 Jan;19(1):17-31.
2. *Comprehensive Med. Chem.*, S. Chackalamannil, D. Rotella, S. E. Ward, 2017 Elsevier Ltd
3. Friesner, R. A.; Banks, J. L.; Murphy, R. B.; Halgren, T. A.; Klicic, J. J.; Mainz, D. T.; Repasky, M. P.; Knoll, E. H.; Shaw, D. E.; Shelley, M.; Perry, J. K.; Francis, P.; Shenkin, P. S. Glide: A New Approach for Rapid, Accurate Docking and Scoring. 1. Method and Assessment of Docking Accuracy, *J. Med. Chem.* 2004, 47, 1739-1749.

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-111>

## Комплексный подход к анализу медицинских изображений с помощью искусственного интеллекта

В.Ю. Чернина<sup>1</sup>, В.А. Гомболевский<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ООО “АЙРА Лабс”, г. Москва,

<sup>2</sup>АНО “Институт искусственного интеллекта” (AIRI), г. Москва

#### Введение

На сегодняшний день решения с применением алгоритмов искусственного интеллекта (ИИ), разработанные для лучевой диагностики, позволяют вывести диагностический процесс в клинику на принципиально новый уровень, на порядок более эффективно организовать работу врача и улучшить все показатели, включая экономические, клиники в целом. В XXI веке лечебный и диагностический процесс, 4P медицина будущего, не мыслима без активного использования компьютерной томографии (КТ). Нагрузка на отделение лучевой диагностики растет лавинообразно. Начинает ощутимо сказываться нехватка врачей-рентгенологов, у работающих специалистов значительно растет нагрузка, повышается значимость ошибок, обусловленных человеческим фактором.



Цель данного исследования: оценка частоты выявления патологических находок и экономического потенциала применения технологий комплексного алгоритма ИИ при анализе КТ органов грудной клетки (ОГК), валидированного врачами-рентгенологами, по сравнению с врачами-рентгенологами без доступа к ИИ в условиях частного медицинского центра.

#### Материалы и методы

В обсервационное одноцентровое ретроспективное исследование включались КТ ОГК без внутривенного контрастирования в период с 01.06.2022 по 31.07.2022г. в ООО “Госпиталь на Яузе” г. Москва. КТ обработаны комплексным алгоритмом ИИ для 10 патологий: инфильтративные изменения в легких, характерные для вирусной пневмонии (COVID-19 в условиях пандемии); легочные узлы; свободная жидкость в плевральных полостях; эмфизема легких; увеличение диаметра грудной аорты; увеличение диаметра ствола легочной артерии; коронарный кальциноз; оценка толщины надпочечников; оценка высоты и плотности тел позвонков. 2 эксперта анализировали КТ и сравнивали результаты с анализом ИИ. Для всех находок, выявленных и пропущенных врачами клиники, определили дальнейшую маршрутизацию, в соответствии с клиническими рекомендациями. Для каждого пациента была рассчитана стоимость неоказанных медицинских услуг (СНМУ) по прайс-листу клиники.

#### Результаты

Итоговую группу составили 160 КТ ОГК с описаниями. С помощью ИИ выявлено 90 (56%) исследований с патологиями, из них в 81 (51%) протоколе была пропущена хотя бы одна патология. Общая СНМУ “второго этапа” для всех патологий от 81 пациента была оценена в 2 847 760 руб. СНМУ только для тех патологий, которые пропущены врачами, но выявлены ИИ, составила 2 065 360 руб.

#### Заключение

Применение ИИ для анализа данных КТ ОГК в качестве “помощника” рентгенолога позволяет существенно уменьшить число случаев пропуска патологий. СНМУ при таком подходе в 3,6 раза больше по сравнению со стандартной моделью работы врачей-рентгенологов без помощи ИИ. Применение комплексного ИИ для КТ ОГК может быть рентабельным.

**Ключевые слова:** компьютерная томография; искусственный интеллект; грудная клетка; случайные находки; экономическая эффективность

**Контактное лицо:** Чернина Валерия Юрьевна, руководитель отдела клинической оценки искусственного интеллекта ООО “АЙРА Лабс”, Москва, Россия.

Телефон: +7 (964)636-99-93

E-mail: [chernina909@gmail.com](mailto:chernina909@gmail.com)

## Проблемы правового регулирования телемедицины и возможные пути их преодоления

И.А. Шадеркин<sup>1</sup>, А.Ю. Баринава<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Лаборатория электронного здравоохранения Института цифровой медицины ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва

<sup>2</sup> Институт клинической медицины им. Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва

В современном мире технологический прогресс активно влияет на различные сферы жизни, включая медицину. Одним из проявлений этого влияния является телемедицина – предоставление медицинских услуг с использованием информационных и коммуникационных технологий. Телемедицина открывает новые горизонты для пациентов и врачей, позволяя проводить консультации, диагностику и лечение на расстоянии. Однако, несмотря на все ее преимущества, существуют проблемы, связанные с правовым регулированием данной области.

**Цель:** Рассмотреть современные проблемы правового регулирования телемедицины в России и предложить возможные пути их преодоления.

Были выделены ключевые аспекты, требующие внимания и действий со стороны законодателей, медицинского сообщества и технологических компаний:

1) Четкое определение понятия диагноза. Следует законодательно утвердить точное определение понятию «медицинский диагноз», его структуры и видов для обеспечения ясности и единообразия в клинической практике. Необходимо утвердить принципы формулирования медицинского диагноза. Необходимо дать возможность ставить и изменять диагноз при использовании телемедицинских технологий.

2) Слаборазвитая инфраструктура интернет-связи в отдаленных регионах является одним из лидирующих проблемных факторов, для преодоления которого необходимо экономическое обоснование затрат на информационные и коммуникационные технологии. Для этой цели необходимо проводить исследования эффективности таких технологий, а также использовать опыт других стран, согласно которому телемедицинские технологии создают значительные преимущества системам здравоохранения.

3) Определение ответственности и страхование рисков является важнейшим аспектом любого лечения. Необходимо информировать пациентов о возможностях и ограничениях телемедицины.



4) Ограничения возможностей врачей при постановке первичного диагноза значительно урезает возможности телемедицины. Необходимо расширить перечень полномочий врачей для диагностирования и определения urgencyности, а также определить, в каких ситуациях могут быть применены те или иные технологии удалённой связи с пациентом.

5) Практические сложности при межтерриториальных оплатах в ОМС и телемедицине главным образом выражены в различиях бюджета и тарифов между регионами, которые могут значительно варьироваться, влияя на доступность медицинской помощи и заработную плату медицинских работников. Для решения этого вопроса необходимо создание и утверждение тарифов в ОМС, а также прозрачных механизмов для осуществления межтерриториальных оплат в ОМС.

6) Снижение среднего чека в частных медицинских учреждениях при использовании телемедицины связано с тем, что при применении телемедицинских технологий оплата обычно ограничивается только консультацией врача. Возможными способами решения проблемы для частных клиник являются расширение спектра услуг, повышение их качества и использование маркетинговых стратегий для привлечения новых клиентов.

#### Литература:

[1] И.А. Шадеркин – Барьеры телемедицины и пути их преодоления – (Telemedicine barriers and ways to overcome them)

[2] <https://medvestnik.ru/content/news/Vladimir-Putin-poruchil-za-dva-goda-podkluchit-k-internetu-vse-bolnicy-i-polikliniki-strany.html>

[3] Д.В. Мелик-Гусейнов, Л.А. Ходырева и др. – Телемедицина: нормативно-правовое обеспечение, реалии и перспективы применения в отечественном здравоохранении, Экспериментальная и клиническая урология 2019, DOI 10.29188/2222-8543-2019-11-1-4-10

[4] И.А. Шадеркин – Можно ли поставить диагноз дистанционно? Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения 2022;8(1)69-79;

[5] Г.А. Арсаханова – Телемедицина как форма качественного предоставления медицинских услуг, Столыпинский вестник №2/2023, doi 10.55186/27131424\_2023\_5\_2\_3

[6] М.Д. Прилуков – Проблемы правового регулирования телемедицины. Российский и международный опыт Вестник Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, 2018, №6, с. 136-141

<sup>1</sup> [shaderkin\\_i\\_a@staff.sechenov.ru](mailto:shaderkin_i_a@staff.sechenov.ru)

<sup>2</sup> [barinova\\_a\\_yu@staff.sechenov.ru](mailto:barinova_a_yu@staff.sechenov.ru)

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-113>

## Поиск метаболомных маркеров повреждения головного мозга при гипоксически-ишемической энцефалопатии новорожденных

Ю.А. Шевцова, Ч.М. Эльдаров, К.В. Горюнов,  
В.В. Чаговец, Н.Л. Стародубцева, О.В. Ионов,  
Д.Н. Силачев

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г.Москва, Россия

#### Введение

Выявление гипоксически-ишемической энцефалопатии (ГИЭ) – сложная задача, поскольку симптомы и признаки сильно варьируют и могут совпадать с другими патологическими состояниями. Ранняя диагностика имеет решающее значение для своевременного начала терапевтической гипотермии, которую необходимо проводить в течение первых 6 часов жизни для эффективного лечения. Прогностическая сила современных клинических маркеров ГИЭ приводит к тому, что около часть новорожденных младенцев, у которых в итоге разовьется ГИЭ средней или тяжелой степени остаются без должного клинического внимания. Таким образом, поиск биомаркеров с использованием «миксных» технологий вскоре станет ключевым, так как для дифференцированной диагностики ГИЭ необходим паттерн биологических молекул, которые могут быть выявлены массспектрометрическими методами анализа различных классов молекул, включая белки, липиды и различные метаболиты.

#### Материалы и методы

Повреждение головного мозга в условиях *in vivo* моделировалось следующим образом: 7-ми дневных крыс анестезировали 1%-ным изофлюраном, далее отделяли левую сонную артерию и пережигали ее электрокаутером, затем животных помещали в гипоксические условия на 2 часа (8% кислорода и 92% азота). Для выявления в головном мозге очагов повреждения через 4 часа после гипоксии проводили магнитно-резонансную томографию. Через 6 часов после гипоксии получали образцы плазмы крови и сухие пятна для последующего метаболомного анализа методом высокоэффективной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием ВЭЖХ-МС.

#### Результаты

Был проведен липидомный ВЭЖХ-МС анализ для выявления потенциальных биомаркеров повреждения головного мозга с последующей идентификацией. Одномерный статистический анализ выявил 76 молекул-кандидатов. Было



показано значительное снижение лизофосфатидилхолинов и повышение содержания моноацилглицеридов в 6.9 раз в условиях ишемии-гипоксии. Чаще других изменялись также фосфоглицериды. Идентификация молекулярных ионов происходила с помощью базы данных метаболитов человека HMDB.

#### Заключение

Результаты проделанной работы показывают, что метод ВЭЖХ-МС может быть надежным способом выявления метаболических изменений в плазме крови и сухих пятнах крови для ранней диагностики гипоксически-ишемической энцефалопатии новорожденных.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-15-00454, <https://rscf.ru/project/22-15-00454/>

**Ключевые слова:** масс-спектрометрия, метаболизма, протеомика, диагностика, асфиксия новорожденных

*Контактное лицо: Силачев Денис Николаевич, заведующий лабораторией Клеточных технологий ФГБУ Национальный медицинский исследовательский центр акушерства, гинекологии и перинатологии им. академика В.И. Кулакова Министерства здравоохранения РФ, Москва, Россия.*

*Телефон: +7 (905)-792-13-01*

*E-mail: silachevdn@genebee.msu.ru*

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-114>

## Подготовка набора данных, объединяющего цифровые маммографические изображения и клинические данные пациентов из электронных медицинских карт

В.Е. Ягжина<sup>1,2</sup>, А.В. Владимировский<sup>1,2</sup>, Е.Ф. Савкина<sup>1</sup>,  
К.М. Арзамасов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ»

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва

#### Введение

Наиболее частой локализацией злокачественных новообразований (ЗНО) у женщин в РФ является молочная железа. Золотым стандартом диагностики ЗНО молочных желез является маммография, которая позволяет обнаруживать новообразования на ранних стадиях. В настоящее время для повышения диагностической точности данного метода в практическое здравоохранение внедряется программное обеспечение на основе технологий искусственного интеллекта (ПО на основе ТИИ).

Однако существующее ПО на основе ТИИ способно оценивать только маммографические изображения без учета клинической информации о пациентах, так как медицинские электронные записи являются неструктурированными и поэтому не подходят для их последующей машинной обработки. Таким образом, для успешного развития и применения ТИИ в диагностике заболеваний молочных желез необходима подготовка качественных наборов данных, объединяющих цифровые маммографические изображения и клинические данные пациентов из электронных медицинских карт.

#### Материалы и методы

В работе использовался набор данных, включающий маммографические изображения с бинарной оценкой (наличие/отсутствие патологии), который был подготовлен для тестирования ПО на основе ТИИ по обнаружению ЗНО молочных желез. Набор данных детализировался и обогащался следующими клиническими показателями: возраст пациентов на момент проведения исследования, возраст наступления менопаузы, количество родов и аборт. Для сбора данных использовались медицинские информационные системы ЕМИАС (Единая медицинская информационно-аналитическая система) и ЕРИС (Единый радиологический информационный сервис). Выполнен статистический анализ данных.

#### Результаты

По итогам работы сформирована таблица с клиническими данными, содержащая следующие колонки: анонимизированный уникальный номер исследования, дата исследования, заключение по шкале BI-RADS, пол, дата рождения пациента, диагноз, дата постановки диагноза, возраст наступления менопаузы, количество родов, количество аборт. Полученная таблица включает 71 пациента. Установлена прямая умеренная корреляционная связь ( $r = 0,3419$ ;  $P\text{-value} = 0,0116$ ) между возрастом наступления менопаузы и наличием патологии. Обнаружена зависимость между количеством родов, возрастом наступления менопаузы и наличием патологии. Чем позднее наступила менопауза и было меньше родов у женщины, тем чаще встречались злокачественные новообразования молочной железы. И наоборот, чем меньше возраст наступления менопаузы и больше количество родов, тем реже встречались ЗНО.

#### Заключение

В ходе работы был сформирован набор данных, содержащий маммографические снимки 71 пациента, обогащенный дополнительной клинической информацией. Подготовленный набор данных может быть использован для тестирования ПО на основе ТИИ, оценивающего не только маммографические изображения, но и клиническую информацию.

**Ключевые слова:** набор данных, искусственный интеллект, маммография, злокачественные новообразования молочной железы

Контактное лицо: Ягжина Вероника Евгеньевна, техник, отдел медицинской информатики, радиомики и радиогеномики ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», Москва, Россия.

Телефон: +7 (926)-186-51-19

E-mail: YagzhinaVE@zdrav.mos.ru

<https://doi.org/10.14341/CBAI-2023-115>

## Развитие экспортного потенциала цифрового здравоохранения Российской Федерации

А.Н. Яковлев

ГК Брэйв Системс, г. Санкт-Петербург

Обеспечение здоровья населения является ключевым национальным интересом, основой современной государственной политики на мировом пространстве. Применение информационных технологий позволяет наиболее эффективным способом увеличить качество и доступность медицинских услуг для населения за счет простоты тиражирования и стандартизации средств автоматизации деятельности медицинских работников.

Российская Федерация на протяжении почти 15 лет проводит непрерывное государственное финансирование информатизации сферы здравоохранения. Требования по обеспечению информационного обмена с единой государственной системой являются в настоящее время лицензионным условием для осуществления медицинской деятельности. Протоколы информационного обмена предусматривают глубокую степень автоматизации. Всё это объясняет современные медицинские учреждения вне зависимости от ведомственной принадлежности или формы собственности осуществлять медицинскую деятельность в цифровой форме.

Колоссальный объем произведенных инвестиций привел к возникновению продуктов в сфере

цифрового здравоохранения, не имеющие мировых аналогов.

В докладе представлена Межгосударственная Телемедицинская Платформа МедСфера, которая позволяет объединить структуры государственного и частного здравоохранения государств-участников в единое цифровое пространство, объединяя знания и компетенции.

В основе подхода лежит высокая структуризация медицинской документации, что позволяет производить автоматизацию деятельности медицинских работников, повысить доступность медицинской помощи, обеспечить контроль качества, а также осуществлять обмен электронной медицинской документацией юридически значимым образом в единой документарной парадигме.

В настоящее время Межгосударственная Телемедицинская Платформа МедСфера представлена в ряде государств пространства СНГ, АСЕАН, Африки, Латинской Америки и Карибского бассейна.

Система позволяет оказывать платные медицинские услуги в цифровом пространстве по широкому спектру нозологий, осуществлять цифровое сопровождение ряда процессов медицинского туризма, что обеспечивает чрезвычайные перспективы дальнейшей экспансии в системы здравоохранения иностранных государств.

Однако вследствие отсутствия интереса у регулятора российской стороны, главным сдерживающим фактором является слабая вовлеченность медицинских организаций – пользователей платформы, а также научных коллективов и компаний-разработчиков, имеющих существенные наработки по отдельным нозологиям.

Приглашаем заинтересованных коллег включиться в эту работу, вывести систему здравоохранения Российской Федерации на международные рынки в обеспечение реализации экспортного потенциала отрасли, консолидации и согласованной эволюции систем здравоохранения контура дружественных государств.



**Контактная информация оргкомитета  
конференции:**

[endocrinology.konf@yandex.ru](mailto:endocrinology.konf@yandex.ru)

**Официальный сайт мероприятия:**

[cbai.endocrincentr.ru](http://cbai.endocrincentr.ru)

