

АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЯЖЕСТИ ЭПИДЕМИИ ОТ РАСПРОСТРАНЕННОСТИ ХРОНИЧЕСКИХ НЕИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Выступающий: В.Я. Киселевская-Бабинина

Руководитель: д.ф.-м.н. А.А. Романюха

Москва, 2025

АКТУАЛЬНОСТЬ

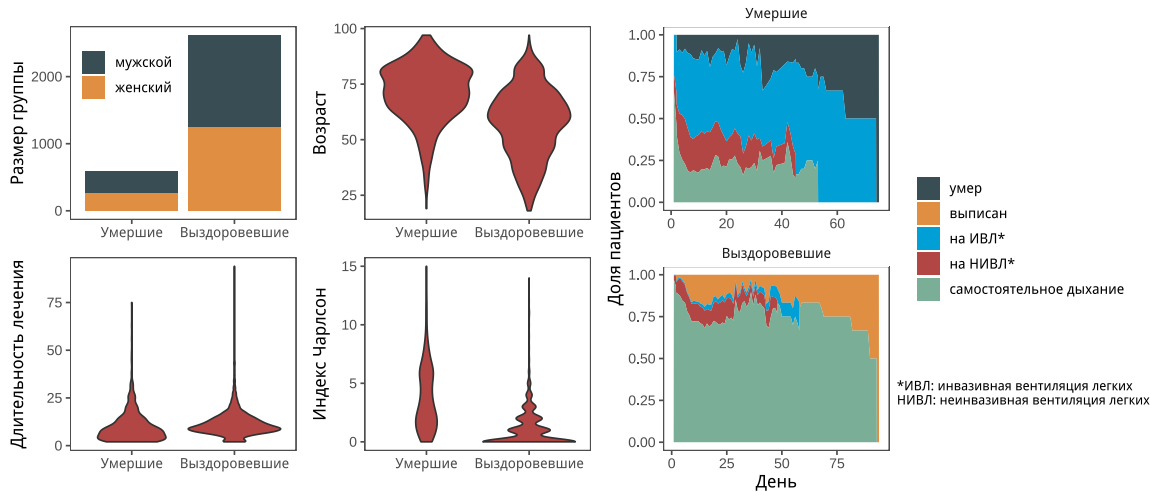
- ① В 2021 году болезнь COVID-19 заняла 2-е место по зарегистрированному числу смертей среди всех причин смерти в мире.
- ② Исследования подтверждают, что наличие у пациента хронических заболеваний усугубляет течение COVID-19.
- ③ Изменение распространенности одного или нескольких хронических заболеваний должно изменить параметры эпидемии, в частности число летальных случаев.
- ④ Математические модели не учитывают неравномерность распределения хронических заболеваний и взаимное влияние нескольких заболеваний при моделировании эпидемии COVID-19.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

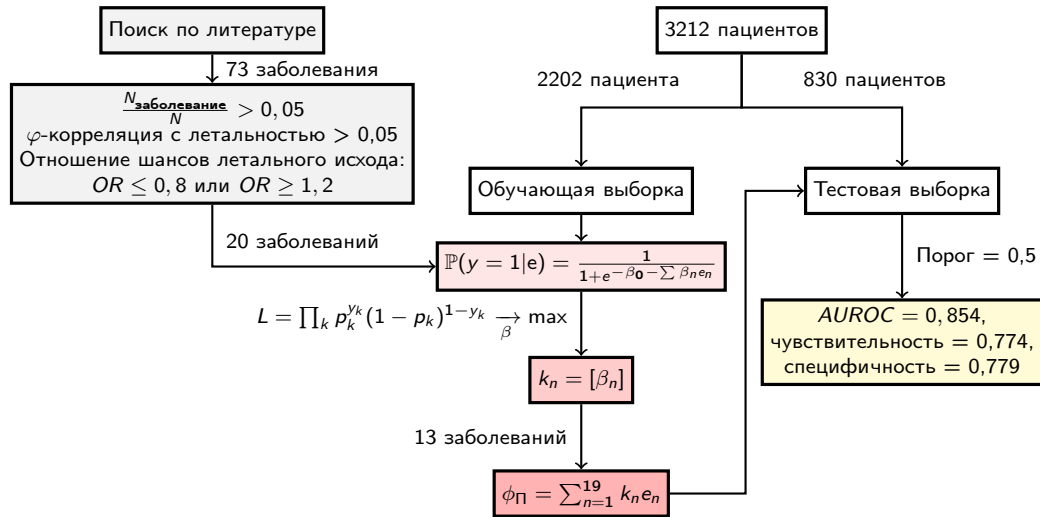
Целью работы является разработка метода моделирования эпидемии в неоднородной по хроническим заболеваниям популяции. Были поставлены следующие **задачи**:

- ① Разработка прогноза тяжёлого течения COVID-19 в зависимости от наличия хронических заболеваний.
- ② Разработка марковской модели течения COVID-19 у пациентов отделения реанимации.
- ③ Разработка метода создания синтетической популяции, неоднородной по распределению хронических заболеваний.
- ④ Моделирование течения COVID-19 в популяции индивидов с разными характеристиками.

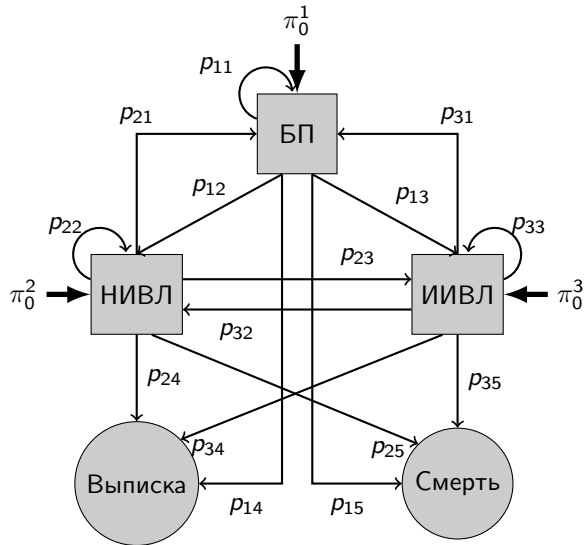
ДАННЫЕ ПО ЛЕЧЕНИЮ И ИСХОДАМ ПАЦИЕНТОВ С ТЯЖЕЛЫМ ТЕЧЕНИЕМ COVID-19



ИНДЕКС ПРЕДРАСПОЛОЖЕННОСТИ К ТЯЖЁЛОМУ ТЕЧЕНИЮ COVID-19



БЛОК-СХЕМА МОДЕЛИ ТЕЧЕНИЯ COVID-19



Матрица переходных вероятностей:

$$T = \|p_{ij}\|_{i=1, j=1}^{5, 5}$$

Переходные вероятности:

$$p_{ij} = \frac{e^{-\beta_j \phi - \beta_{j\phi} \phi_{\text{п}}}}{1 + \sum_{l=1}^n e^{-\beta_{l\phi} - \beta_{l\phi\text{п}} \phi_{\text{п}}}}, j = 1 \dots 4,$$

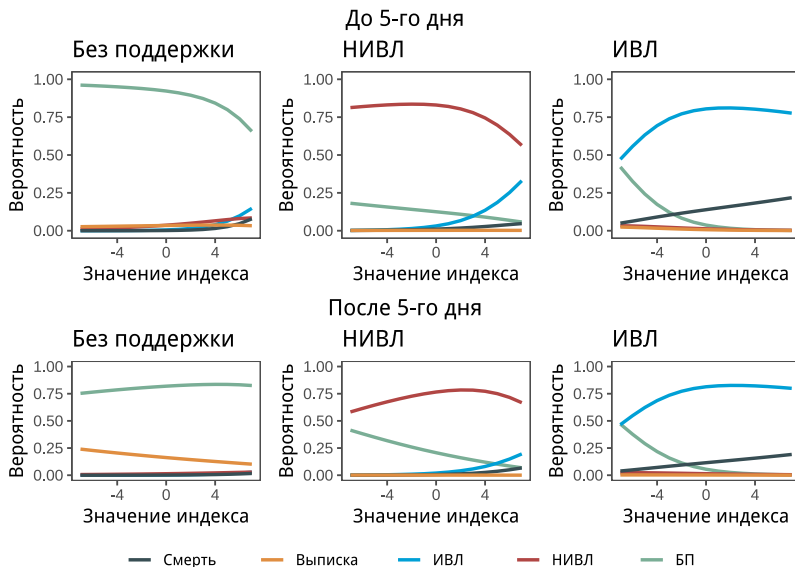
$$p_{i5} = \frac{1}{1 + \sum_{l=1}^n e^{-\beta_{l\phi} - \beta_{l\phi\text{п}} \phi_{\text{п}}}}, \forall i = 1 \dots 5$$

Прогноз течения:

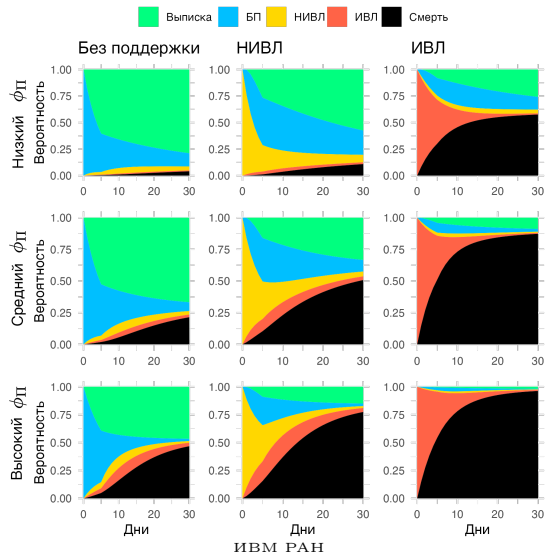
$$\pi_{t+1} = T\pi_n = T^{t+1}\pi_0$$

Шаг по времени t - один день.

ЗАВИСИМОСТЬ ПЕРЕХОДНЫХ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ОТ $\phi_{\text{П}}$



СРАВНЕНИЕ РИСКОВ ПРИ РАЗНЫХ ЗНАЧЕНИЯХ ИНДЕКСА И ПРИ РАЗНОМ ПЕРВОНАЧАЛЬНОМ СОСТОЯНИИ В МОДЕЛИ



СОЗДАНИЕ СИНТЕТИЧЕСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ

Популяция была создана на основе двух байесовских сетей по разным наборам данных, в вершинах которых – характеристики индивидов.

	Данные опросов жителей США	Данные пациентов московского стационара
Время	2021 год	март 2020 – июнь 2021
Размер	438'693 записей	3'212 записей
Тип данных	Вся популяция	Только госпитализированные
	пол, возраст	пол, возраст
Характеристики	8 заболеваний	13 заболеваний первоначальное состояние

Оптимизация структуры и условных вероятностей проводилась максимизацией байесовского критерия методом восхождения к вершине:

$$BIC(G|D) = \ln(P(D|G, \Theta)) - \frac{d}{2} \log m$$

СХЕМА ОБЪЕДИНЕНИЯ СЕТЕЙ

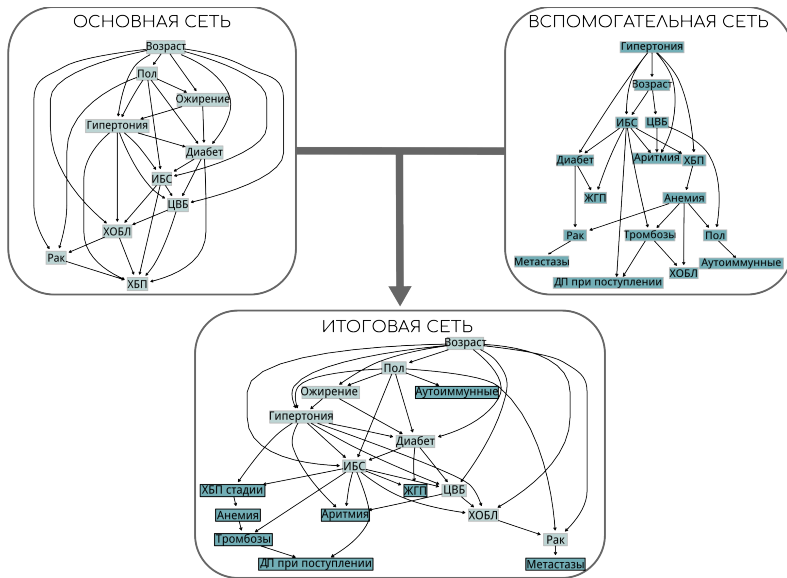
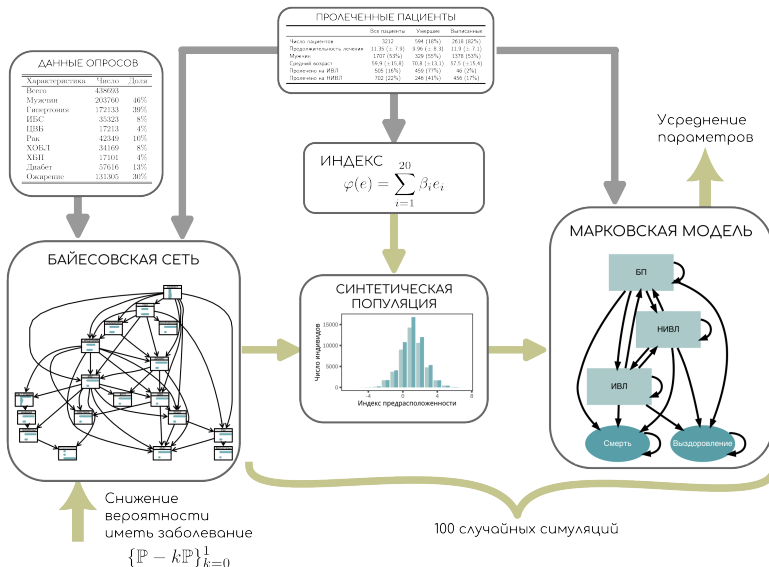
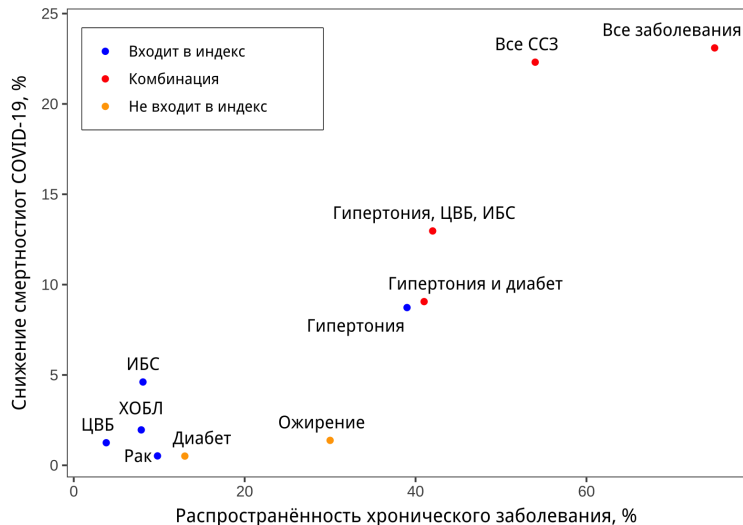


СХЕМА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА



ИЗМЕНЕНИЕ СМЕРТНОСТИ ОТ COVID-19 ПРИ СНИЖЕНИИ РАСПРОСТРАНЁННОСТИ ЗАБОЛЕВАНИЙ НА 50%



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Создан новый индекс для прогнозирования течения COVID-19, основанный на хронических заболеваниях пациента.
- Создана марковская модель течения COVID-19 у пациентов реанимации.
- Создана синтетическая популяция при помощи объединенной байесовской сети с характеристиками индивидов в вершинах. Этот подход позволил сохранить причинно-следственную связь возникновения хронических заболеваний.
- Впервые получены оценки зависимости смертности населения от инфекционных заболеваний и распространённости хронических заболеваний.

НАУЧНАЯ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ

- Математически проверена гипотеза о значительном влиянии бремени хронических заболеваний на устойчивость к COVID-19 на популяционном уровне.
- Данный анализ может быть применён при разработке политики снижения бремени хронических заболеваний среди населения.
- Разработанный комплекс методов может быть использован для изучения эпидемиологии других инфекционных заболеваний, в том числе гриппа и туберкулёза.

СПИСОК СТАТЕЙ В ЖУРНАЛАХ

- [1] Б. Л. Курилин, В. Я. Киселевская-Бабинина, Я. В. Кузьмичева, А. В. Шаповал, Н. Е. Дроздова и К. А. Попугаев, “Влияние вакцинации на течение заболевания и его исход у реанимационных пациентов с COVID-19,” *Журнал им. Н.В. Склифосовского «Неотложная медицинская помощь»*, т. 11, № 4, с. 610—623, 2023.
- [2] В. Я. Киселевская-Бабинина, V. Y. Kisselevskaya-Babinina, A. A. Романюха, A. A. Romanyukha, Т. Е. Санникова и Т. Е. Sannikova, “Математическая модель течения COVID-19 и прогноз тяжести инфекции,” *Математическое моделирование*, т. 35, № 5, с. 31—46, 2023.
- [3] В. Я. Киселевская-Бабинина, К. А. Попугаев, В. А. Молодов и И. В. Киселевская-Бабинина, “Использование ресурсов инфекционного коечного фонда в период эпидемии COVID-19 в зависимости от характеристик пациентов,” *Журнал им. Н.В. Склифосовского «Неотложная медицинская помощь»*, т. 12, № 3, с. 481—488, 2023.
- [4] V. Ya. Kisselevskaya-Babinina, A. A. Romanyukha и Т. Е. Sannikova, “Mathematical Model of COVID-19 Progression: Prediction of Severity and Outcome,” *Mathematical Models and Computer Simulations*, т. 15, № 6, с. 987—998, 2023.



САРАТОВ
23-26 СЕНТЯБРЯ
2025 ГОДА



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



VI Международная научная конференция
X Всероссийский молодежный научный форум
НАУКА БУДУЩЕГО – НАУКА МОЛОДЫХ

ДИПЛОМ III МЕСТО

КИСЕЛЕВСКАЯ-БАБИНИНА
ВИКТОРИЯ ЯРОСЛАВОВНА

Победитель конкурса научно-исследовательских
работ студентов и аспирантов

СЕКЦИЯ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕМАТИКА

ДЕНИС СЕРГЕЕВИЧ СЕКИРИНСКИЙ

ЗАМЕСТИТЕЛЬ МИНИСТРА НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ДИРЕКЦИЯ

И

ИНКОНСАЛТ

Спасибо за внимание!