

Моделирование сценария экстремального увеличения заражений после затухания волн осциллирующей эпидемии SARS-CoV-2

А. Ю. Переварюха^{1*}

¹Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр РАН, Санкт-Петербург, Россия
*temp_elf@mail.ru

Аннотация. Анализ эпидемических процессов – одна из старейших задач для применения методов моделирования в области исследования состояния социума. При наличии многих подходов к разработке эпидемических моделей не удалось своевременно получить приемлемый прогноз продолжающегося зимой 2024 г. распространения коронавируса. С новыми волнами обновленный вирус вернулся в очередной раз после объявления победы над инфекцией. Определены возможности и проблемы камеральных структур на основе модификаций SIR-моделей на современной стадии эпидемии продолжающегося мутировать вируса. Общемировая динамика заражений изменила режим колебаний дважды: после пика весны 2022 и зимой 2024 г. После глобальной волны Omicron локальные эпидемии приобрели асинхронный характер по признакам образования и затухания серий волн. Частота появления отдельных пиков заражений существенно различалась в регионах уже в 2020 г. В некоторых странах развивались частые короткие волны большой амплитуды. Сценарии классифицированы по характерным признакам их нелинейной динамики. Предложен метод моделирования резкого развития распространения вируса на основе уравнений с функциями пороговой регуляции, описывающих варианты образования вспышек заражений и ситуативных демпфирующих функций, определяющих форму осциллирующего затухания для числа заражений. Затухающий тренд после первичной волны в модели прерывается событием массового заражения, которое индуцирует вспышку заражений и далее новый по характеристикам режим затухания флуктуаций. В вычислительном эксперименте имитирован вариант развития экстремального пика после стадии затухания волн локальной эпидемии как бифуркационный сценарий реактивации волн активности SARS-CoV-2, обусловленной эффектом от одного массового заражения.

Ключевые слова: модели биофизики, предикативные модели, эпидемические ситуации, эволюция SARS-CoV-2, вычислительные сценарии, волны заражений, возмущение параметров, формализация иммунитета

Для цитирования: Переварюха А. Ю. Моделирование сценария экстремального увеличения заражений после затухания волн осциллирующей эпидемии SARS-CoV-2 // Прикладная информатика. 2025. Т. 20. № 1. С. 100–124. DOI: 10.37791/2687-0649-2025-20-1-100-124

Modeling a scenario of an extreme increase in infections after attenuation of waves of the oscillating SARS-CoV-2 epidemic

A. Perevaryukha^{1*}

¹St. Petersburg Federal Research Center of the RAS, Saint Petersburg, Russia
*temp_elf@mail.ru

Abstract. Analysis of epidemic processes is one of the oldest tasks for the application of modeling methods in the field of studying the state of society. Despite the availability of many approaches to the development of epidemic models, experts were unable to timely obtain an acceptable forecast for the ongoing spread of coronavirus in the winter of 2024. With new waves, the updated virus has returned once again after victory over the infection was declared. The possibilities and problems of office structures based on modifications of SIR models for a modern epidemic stage of a virus that continues to mutate are determined. The global dynamics of infections changed the oscillation mode twice: after the peak in the spring of 2022 and in the winter of 2024. After the global Omicron wave, local epidemics acquired an asynchronous character based on the formation and attenuation of a series of waves. The frequency of occurrence of individual infection peaks varied significantly across regions already in 2020. In some countries, frequent short waves of large amplitude developed. We classified the scenarios according to the characteristic features of their nonlinear dynamics. We proposed a method for modeling the sharp development of spread of the virus based on equations with threshold regulation functions that describe variants of the formation of outbreaks of infections and situational damping functions that determine the form of oscillating attenuation for the number of infections. The fading trend after primary wave in the model is interrupted by a mass infection event, which induces an outbreak of infections and then a new regime of fluctuation attenuation follows. Our computational experiment simulates the development of an extreme peak after the stage of attenuation of waves of a local epidemic as a bifurcation scenario for the reactivation of waves of the SARS-CoV-2 coronavirus activity, which is due to effect of a crowded disease.

Keywords: biophysical models, predictive models, epidemic situations, SARS-CoV-2 evolution, computational scenarios, infection waves, parameter perturbation, immunity formalization

For citation: Perevaryukha A. Modeling a scenario of an extreme increase in infections after attenuation of waves of the oscillating SARS-CoV-2 epidemic. *Prikladnaya informatika*=Journal of Applied Informatics, 2025, vol.20, no.1, pp.100-124 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0649-2025-20-1-100-124

Введение

Статья посвящена развитию оригинальных методик организации вычислений [1] для компьютерного моделирования биофизических процессов [2], применяемых для прогно-

зирования ситуаций и выработки решений. Часто выбор модели определяет опыт и ожидания экспертов, что создает петлю рефлексии для анализа сценариев и прогнозов. Эксперт принимает решение на основе своего понимания