

Модель Штакельберга подчёркивает, что первый ход лидера даёт ему значительное преимущество в конкурентной борьбе (990>506).

Модели Курно и Штакельберга анализируют олигополистические рынки, различаясь порядком действий фирм. В модели Курно фирмы одновременно выбирают объёмы производства, основываясь на ожиданиях, а в модели Штакельберга лидер определяет объём первым, на что остальные реагируют.

#### Список использованных источников

1. Жоглик, Е. Модели олигополистических рынков и теория игр [Электронный ресурс] : презентация / Жоглик Евгений. – Режим доступа: <https://evgeniy7733.narod.ru/eor.html>. – Дата доступа: 10.03.2025.
2. Олигополия Курно [Электронный ресурс] // Википедия : свободная энциклопедия. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BB%D0%B8%D0%B3%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D1%8F\\_%D0%9A%D1%83%D1%80%D0%BD%D0%BE](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BB%D0%B8%D0%B3%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D1%8F_%D0%9A%D1%83%D1%80%D0%BD%D0%BE). – Дата доступа: 20.03.2025.
3. Модель Штакельберга [Электронный ресурс] // Википедия : свободная энциклопедия. Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8C\\_%D0%A8%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%B1%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B0](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8C_%D0%A8%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%B1%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B0). – Дата доступа: 15.03.2025.

УДК 004.942

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАНДЕМИИ НА ЭКОНОМИКУ

*Куст К. С., студ., Труфина Е. С., студ., Никонова Т. В., к.ф.-м.н., доц.*

*Витебский государственный технологический университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье анализируются последствия глобальных кризисов, включая пандемии, и их влияние на мировую экономику. Рассматриваются структурные изменения финансовых систем, цепочек поставок и моделей потребления, вызванные кризисными явлениями. Особое внимание уделяется долгосрочным экономическим тенденциям, таким как цифровизация, рост государственного долга и трансформация процессов глобализации.

Ключевые слова: мировая экономика, кризисы, пандемии, цифровизация, цепочки поставок, эпидемиологические модели.

Современная мировая экономика подвержена значительным потрясениям, вызванным глобальными кризисами, включая пандемии. Их влияние распространяется на домохозяйства, корпорации и международные рынки, провоцируя структурные изменения в финансовых системах и модели потребления.

Одним из ключевых последствий становится нарушение глобальных цепочек поставок, сопровождающееся снижением потребительского спроса. Массовая безработица, внезапное введение карантинных мер и трансформация общественного поведения оказывают долгосрочное воздействие на экономическую стабильность государств.

В перспективе подобные кризисы формируют новые экономические тенденции, включая рост государственного долга, ускоренное развитие цифровых технологий и переосмысление процессов глобализации. Эти факторы требуют комплексного анализа и адаптации стратегий устойчивого экономического развития.

Цель исследования заключается в анализе взаимодействия эпидемиологических и экономических систем, прогнозировании кризисных ситуаций и разработке стратегий минимизации экономических потерь. Особое внимание уделяется долгосрочным изменениям, таким как цифровизация, перестройка цепочек поставок и переход к устойчивому развитию. Важным аспектом является совершенствование государственной политики через субсидирование, налоговые льготы и инвестиции в здравоохранение, что способствует смягчению последствий кризисов и созданию условий для экономической

стабильности.

Факторы кризисного влияния включают экономические, социальные и технологические аспекты. Локдауны и разрывы цепочек поставок негативно отразились на экономике, вызвав снижение производства, торговли и потребления, рост безработицы, а также инфляционные и дефляционные процессы. В социальной сфере экономический спад изменил потребительское поведение: люди сокращают расходы, растёт уровень бедности, неуверенность мешает совершению крупных покупок, а бизнес адаптируется, переходя в онлайн и фокусируясь на товарах первой необходимости. В технологической сфере цифровизация сыграла ключевую роль в смягчении кризиса, обеспечив распространение удаленной работы, онлайн-торговли, автоматизации, а также внедрение новых инструментов в здравоохранении, способствовавших дальнейшему экономическому росту.

SIR-модель – это базовая эпидемиологическая модель, описывающая распространение инфекционных заболеваний. Она делит популяцию на три категории:

S – это здоровая, восприимчивая к инфекции особь без иммунитета к исследуемому инфекционному заболеванию.

I – это инфицированная и заразная особь.

R – это выздоровевшая особь с иммунитетом и не заразная или изолированная, до выздоровления, особь или умершая особь [1].

Уравнения, которые используются в SIR-модели:

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{\beta IS}{N}.$$

Это уравнение показывает, как количество здоровых людей, которые могут заразиться, становится меньше с течением времени. Это связано с тем, что они выступают в контакт с инфицированными и сами заболевают

$$\frac{dI}{dt} = \left( R_0 \frac{S}{N} - 1 \right) \gamma I.$$

Индекс репродукции показывает, как быстро растет число заразившихся. Его значение увеличивается, когда здоровые люди чаще контактируют с инфицированными, но уменьшается по мере того, как заболевшие выздоравливают.

SEIR-модель – это эпидемиологическая математическая модель, используемая для прогнозирования динамики распространения инфекционных заболеваний. Она представляет популяцию как четыре группы:

S (Susceptible) – восприимчивые к инфекции люди, которые могут заразиться.

E (Exposed) – инфицированные, но ещё не заразные (период инкубации).

I (Infectious) – заразные индивиды, способные передавать болезнь.

R (Recovered) – люди, выздоровевшие или имеющие иммунитет [2].

Уравнения, которые используются в SEIR-модели:

$$\frac{dS}{dt} = \mu N - \mu S - \beta \frac{I}{N} S.$$

Это уравнение показывает, как здоровый человек переходит в группу инфицированных. Число здоровых людей, которые могут заразиться, уменьшается со временем. Это связано с тем, что они контактируют с инфицированными и тоже заболевают. Для описания этого процесса используется уравнение.

$$\frac{dE}{dt} = \beta \frac{I}{N} S - (\mu + \alpha) E.$$

Это уравнение, которое вносит задержку по времени при переходе индивидуума из состояния инфицированного (больного).

$$\frac{dI}{dt} = \alpha E - (\gamma + \mu) I.$$

Это уравнение показывает переход из состояния «контактный» в состояние «инфицированный».

$$\frac{dR}{Dt} = \gamma I - \mu R.$$

Это уравнение учитывает смертность инфицированных через коэффициент  $\mu$ .

$$R_0 = \frac{\alpha}{\mu} + \frac{\beta}{\mu + \gamma}$$

Это базовый коэффициент воспроизведения, он определяет интенсивность эпидемии.

На рисунке 1 представлены различные эпидемиологические модели, иллюстрирующие динамику распространения инфекционных заболеваний. Графики отражают изменение численности отдельных групп населения во времени, включая восприимчивых (S), инфицированных (I), выздоровевших (R), экспонированных (E), находящихся в карантине (Q) и страдающих хронической формой болезни (C). Эти модели позволяют анализировать механизмы передачи инфекций, оценивать эффективность мер контроля и прогнозировать эпидемиологические процессы.

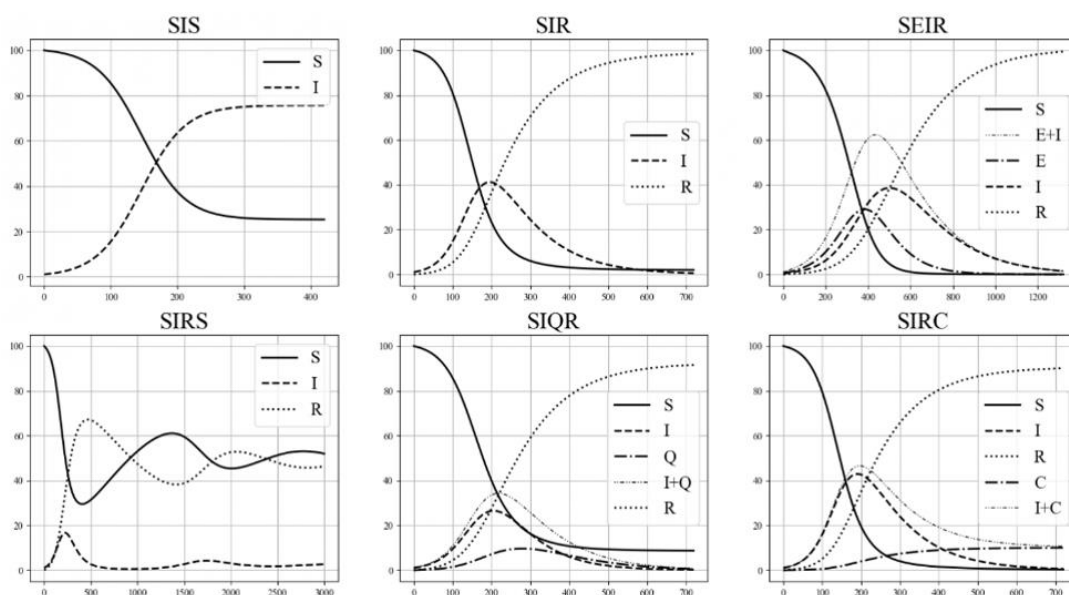


Рисунок 1 – Эпидемиологические модели

Источник: [3].

Эпидемиологические модели описывают динамику распространения инфекций в различных условиях. SIS показывает баланс между восприимчивыми и инфицированными, где болезнь может сохраняться в популяции. SIR учитывает выздоровление, приводящее к снижению числа заражённых. SEIR добавляет фазу латентного заражения, отражая инкубационный период. SIRS моделирует повторное заражение после временного иммунитета, вызывая колебания заболеваемости. SIQR включает карантин, ограничивая распространение инфекции. SIRC рассматривает хронических носителей, сохраняющих вирус длительное время. Эти модели позволяют прогнозировать развитие эпидемий и оценивать эффективность мер контроля.

#### Список использованных источников

1. Математическое моделирование динамических процессов [Electronic resource]. – URL: [https://km.mmf.bsu.by/courses/2023/mathmod1/MMDP1\\_L4\\_SIR\\_2024.pdf](https://km.mmf.bsu.by/courses/2023/mathmod1/MMDP1_L4_SIR_2024.pdf). – Date of access: 13.03.2025.
2. Математические модели эпидемий и пандемий как источников чрезвычайных ситуаций биологосоциального характера [Electronic resource]. – URL: [https://www.vniigochs.ru/upload/medialibrary/de7/zjh1hkcl6hndaqq55iuz53wg163u3y1q/p02\\_Math\\_Models\\_Epidemics\\_Pandemics\\_tgb\\_3\\_2022.pdf](https://www.vniigochs.ru/upload/medialibrary/de7/zjh1hkcl6hndaqq55iuz53wg163u3y1q/p02_Math_Models_Epidemics_Pandemics_tgb_3_2022.pdf). – Date of access: 13.03.2025.
3. Конструирование эпидемиологических моделей [Electronic resource]. – URL: <https://habr.com/ru/articles/551682/>. – Date of access: 13.03.2025.