**Научный семинар**

**Института математических исследований сложных систем**

**МГУ имени М.В.Ломоносова**

**«ВРЕМЯ, ХАОС И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ»**

**Садовничий В.А., академик РАН**

**Акаев А.А., иностранный член РАН**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ (МЕР) ПО ПОДАВЛЕНИЮ ПАНДЕМИИ COVID-19 И ВОССТАНОВЛЕНИЮ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА В РОССИИ**

**Аннотация**

В докладе рассматриваются модели распространения эпидемии среди населения, а также восстановления экономики, подвергшейся сильному эпидемиологическому шоку. Представлены классическая SIR-модель, предложенная почти 100 лет тому назад В. Кермаком и А. Маккендриком (1927) для описания процесса передачи инфекции среди людей, а также модель восстановления экономики «Wonderland» («Чудесная страна»), предложенная В. Сандерсоном (1994) и описывающая взаимосвязанные экономические, демографические и экологические процессы в условиях интенсивного загрязнения окружающей среды, негативно влияющей на демографические и экономические процессы. Модель Сандерсона получила название «Wonderland» исходя из того, что в случае обеспечения устойчивого экономического роста с очищением окружающей среды от загрязнения, достигается благополучная экологическая ситуация, способствующая демографическому росту.

Показано, что путем добавления к SIR-модели Кермака-Маккендрика дополнительного «вакцинационного» уравнения можно получить SIRV-модель, которая с успехом может быть использована для описания и прогнозирования реальной динамики пандемии COVID-19. Прогнозные траектории распространения COVID-19, рассчитанные по SIRV-модели на ближайшие два года, имеют циклическую «пилообразную» форму, что соответствует предположениям ряда медиков-экспертов, причем оно реализуется уже сейчас. Далее, путём объединения эпидемиологической SIRV­-модели с экономико-экологической моделью Сандерсона, авторами получена модель, описывающая взаимодействие пандемии и экономики. Численные решения этой модели показывают, что при продолжении сложившейся траектории вакцинации населения России, её уровень превысит 80% к середине 2022 г., а к концу 2022 г. – началу 2023 г. заболевание от COVID-19 сойдет практически на нет и эпидемиологическая обстановка в России полностью нормализуется. Рассчитана также прогнозная траектория роста подушевого дохода в России, которая показывает, что её восстановление уже началось и он существенно возрастет в 2022 г., благодаря мерам финансовой и экономической поддержки населения и бизнеса со стороны правительства России.

В полученную эпидемиолого-экономическую модель вводится также функция управления по методу Пирагаса (1992), для стабилизации поведения решений исходной модели. Суть метода стабилизации Пирагаса заключается в том, что управление которое вводится в систему, представляет собой разность текущего состояния системы и состояния с задержкой по времени, кратной периоду стабилизируемой траектории с некоторым коэффициентом усиления. Рассчитанные таким образом объемы управленческих решений как по динамике вакцинации населения, так и по поддержанию населения и экономики, говорят о том, что вакцинация населения является главным инструментом в борьбе с пандемией COVID-19.

Таким образом, предложенная модель является не только инструментом эффективного и адекватного прогнозирования динамики заболевания и выздоровления населения от COVID-19. Ее основное достоинство заключается в том, что она позволяет прогнозировать эффективность управленческих решений и превентивных мер, упреждающих негативную динамику социально-экономического развития.