

«Дни вирусологии - 2020»: Научный центр мирового уровня «Передовые цифровые технологии» выступил соорганизатором секции «Математическое моделирование и прогнозирование распространения коронавирусной инфекции COVID-19»



6-7 октября 2020 года в Санкт-Петербурге в онлайн-формате в режиме реального времени проходил [Международный форум «Дни вирусологии \(Virology Days\) - 2020»](#).

Форум стал площадкой для всестороннего обсуждения вопросов совершенствования вакцинопрофилактики и систем диагностики гриппа и острых респираторных вирусных инфекций, разработки более широкого спектра противовирусных препаратов. В рамках форума прошла онлайн-выставка иммунобиологических и фармацевтических препаратов, а также средств диагностики респираторных вирусных инфекций.

Организаторы форума: Министерство здравоохранения Российской Федерации, Научно-исследовательский институт гриппа имени А.А. Смородинцева, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, Институт биомедицинских систем и биотехнологий Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, Комитет по здравоохранению Санкт-

Петербурга, Комитет по науке и высшей школе Санкт-Петербурга, Санкт-Петербургская общественная организация «Человек и его здоровье».



Лиознов Дмитрий Анатольевич

И.о. директора ФГБУ «НИИ гриппа им. А.А. Смородинцева» Минздрава России

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ
ДНИ ВИРУСОЛОГИИ
2020



«Сегодня доказана роль вирусов в развитии онкологических заболеваний, обсуждается значение вирусов в развитии соматической патологии. Таким образом, исследования в области вирусологии имеет высокую актуальность и несомненное прикладное значение. Немаловажно отметить, что российские вирусологи вносят важнейший вклад в общее дело борьбы с инфекционными заболеваниями, продолжая славные традиции, заложенные выдающимися исследователями и учеными нашей страны. Вирусы постоянно бросают вызов современному обществу, и для успешной борьбы с ними необходимы консолидированные усилия всех стран и специалистов различного профиля», – поприветствовал участников форума исполняющий обязанности директора ФГБУ «НИИ гриппа им. А.А. Смородинцева» Минздрава России **Дмитрий Лиознов**.

7 октября состоялась секция **«Математическое моделирование и прогнозирование распространения коронавирусной инфекции COVID-19»**.

Секция была организована в рамках совместной деятельности участников консорциума Научного центра мирового уровня «Передовые цифровые технологии» – СПбПУ и НИИ гриппа им. А.А. Смородинцева.

Председатель секции: Алексей Боровков – профессор, проректор по перспективным проектам, руководитель Центра НТИ «Новые производственные

технологии и Научного центра мирового уровня «Передовые цифровые технологии» СПбПУ.

Модератор секции: Эдвард Гольдштейн – эпидемиолог, Phd, Гарвардская школа общественного здравоохранения, Бостон, США.

В рамках мероприятия участники – представители ведущих научных и исследовательских организаций – рассказали об опыте моделирования и прогнозирования распространения коронавирусной инфекции COVID-19.

Эдвард Гольдштейн выступил с открывающим секцию докладом «**Влияние возраста, погоды и других факторов на распространение новой коронавирусной инфекции**».

Эксперт рассказал о факторах, влияющих на распространение новой коронавирусной инфекции. Среди основных **Эдвард Гольдштейн** выделил тестирование, которое важно при выявлении случаев заболевания. Он отметил, что в Санкт-Петербурге самый низкий уровень выявляемости заболевания. Еще одним важным фактором является возраст (восприимчивость к новой коронавирусной инфекции увеличивается с возрастом – касается и взрослых и детей). Учитывая повышенную восприимчивость к инфекции и контагиозность для людей старше 60-ти лет, следует принимать меры для уменьшения распространения новой коронавирусной инфекции в этой возрастной группе, а именно: активное тестирование/ отслеживание контактов/ самоизоляция/

отдельные часы для покупок в магазинах и др. В завершение выступления **Эдвард Гольдштейн** отметил необходимость соблюдения превентивных мер, направленных на предупреждение распространения коронавирусной инфекции.



МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ
ДНИ ВИРУСОЛОГИИ 2020
6-7 ОКТЯБРЯ



Пример: г. Санкт-Петербург

- В г. Санкт-Петербурге самый высокий уровень смертности от COVID-19 на 100,000 человек в Российской Федерации на 01/10/2020
- На одну смерть от COVID-19 в Санкт-Петербурге приходится 14.6 выявленных случаев COVID-19
- В среднем по Российской Федерации этот показатель составляет 56.7 выявленных случаев COVID-19
- Это говорит об ограниченном выявлении новой коронавирусной инфекции при легких и средних случаях заболевания в Санкт-Петербурге

Влияние возраста, погоды и других факторов на распространение новой коронавирусной инфекции
Гольдштейн Эдвард Михайлович, США

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ
ДНИ ВИРУСОЛОГИИ 2020



МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ
ДНИ ВИРУСОЛОГИИ 2020
6-7 ОКТЯБРЯ



**ВЫЯВЛЯЕМОСТЬ НОВОЙ
КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ**

- **Выявляемость** новой коронавирусной инфекции = процент выявленных случаев COVID-19 среди всех случаев заражения SARS-CoV-2 в населении
- Выявляемость повышается при тестировании на новую коронавирусную инфекцию среди людей с респираторными симптомами, которые обращаются за медицинской помощью, и среди контактных лиц подтвержденных случаев COVID-19

Влияние возраста, погоды и других факторов на распространение новой коронавирусной инфекции
Гольдштейн Эдвард Михайлович, США

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ
ДНИ ВИРУСОЛОГИИ 2020



Профессор, проректор по перспективным проектам, руководитель Центра НТИ «Новые производственные технологии и Научного центра мирового уровня «Передовые цифровые технологии» СПбПУ **Алексей Боровков** представил доклад «**Разработка и применение моделей распространения COVID-19 (на основе официальных данных на 14:00 07.10.2020)**».

В первой части выступления **Алексей Боровков** дал краткую характеристику ситуации, напомнив основные вехи развития пандемии. Так, по статистическим данным, первый пик заболеваемости пришелся на **9 июня 2020** года, когда было зафиксировано более **9000** активных больных (общее число заболевших за вычетом выздоровевших и скончавшихся). Затем наблюдалось снижение этого числа до **4197** чел. (39,5% от пика) к **4 июля 2020** года. Последующий постепенный рост привел к тому, что по состоянию на **1 октября 2020** года число активных больных в России превысило это значение в сравнении с первым пиком на 4,7%. Общее же число больных за весь период превысило **200 тыс.** человек.

Говоря о текущей ситуации, эксперт сравнил еженедельный прирост случаев заболевания COVID-19 в России и в других странах с начала пандемии, после чего рассказал об эпидемиологической ситуации в РФ на **7 октября 2020** года. Лидерами по-прежнему являются Москва (**314 788** - **общее число заболеваний**), Московская область (**75 712**) и Санкт-Петербург (**45 632**).







**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ
ДНИ ВИРУСОЛОГИИ 2020
6-7 ОКТЯБРЯ**





Эпидемиологическая ситуация в мире на 7 октября 2020 г.

35 806 345
(+ 329,6 тыс.)
Заболели

24 893 829
(+ 149,3 тыс.)
Выздоровели

1 048 742
(+ 4,8 тыс.)
Умерли

Страны с наибольшим числом заболевших	Умерли (место страны)	R _t *	Новые случаи заболевания COVID-19 в мире
1. США	7 509 964 (+43,6 тыс.)	210 886 (1)	0,92
2. Индия	6 757 082 (+72,0 тыс.)	103 569 (3)	0,64
3. Бразилия	4 989 141 (+41,9 тыс.)	147 484 (2)	1,20
4. Россия	1 248 619 (+11,1 тыс.)	21 865 (12)	1,20
5. Колумбия	869 808 (+7,7 тыс.)	27 017 (11)	1,21
6. Перу	829 999 (+1,8 тыс.)	32 834 (7)	0,90
7. Испания	825 410 (+11,9 тыс.)	32 486 (8)	0,85
8. Аргентина	824 468 (+14,7 тыс.)	21 827 (13)	0,79
9. Мексика	794 608 (+4,8 тыс.)	82 348 (4)	2,14
10. ЮАР	682 242 (+1,0 тыс.)	17 102 (14)	0,88



Данные на 7.10.2020: Университет Джона Хопкинса, Коммуникационный центр Правительства РФ, национальные порталы * – методика Роспотребнадзора 3

Математическое моделирование и прогнозирование распространения эпидемии COVID-19
Боровков Алексей Иванович, Санкт-Петербург

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ
ДНИ ВИРУСОЛОГИИ 2020




Вторая часть доклада была посвящена описанию математической модели распространения COVID-19. **Алексей Иванович** подчеркнул, что математическое моделирование распространения COVID-19 как раз и предназначено в первую очередь для оценки необходимых ресурсов системы здравоохранения, помощи руководству субъектов в принятии целесообразных и эффективных управленческих решений, в том числе экономических.

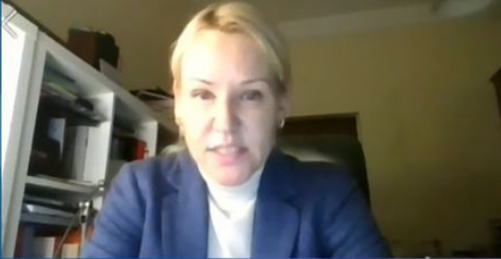
Несмотря на то что у истоков моделирования стоят математические модели, впервые созданные еще во времена испанского гриппа (более 100 лет назад), нынешние модели кардинально переработаны и учитывают большое число самых различных факторов: число инфицированных, инкубационный период, интенсивность контактов, меры по введению и снятию ограничений (социально-экономические показатели), сезонные заболевания и многие другие. В сотрудничестве с НИИ гриппа имени А.А. Смородинцева Минздрава России модель модифицирована и давно вышла за рамки только эпидемиологической. Подобной вариативной модели, позволяющей описывать долгосрочный прогноз, не предложила пока ни одна страна. В частности, никто в мире, кроме российских ученых, не смог предсказать следующих волн эпидемии.

В подтверждение вышесказанного **Алексей Боровков** привел в пример результаты вычислительных экспериментов с математической моделью распространения COVID-19 в разных регионах и при разных условиях, прогнозы которых были выполнены.

В продолжение выступления **Алексея Ивановича** доклад на тему «**Формирование региональной политики по противодействию распространения COVID-19 на основе прогнозных данных**» представила доцент, советник декана экономического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова по цифровой экономике **Елена Тищенко**. Эксперт рассказала о результатах вычислительного эксперимента с математической моделью распространения COVID-19 в Республике Коми, учитывая экономические факторы влияния пандемии на регион.




**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ
ДНИ ВИРУСОЛОГИИ 2020
6-7 ОКТЯБРЯ**



Формирование региональной политики по противодействию распространения COVID-19 на основе прогнозных данных
Тищенко Елена Борисовна, Москва

Приложение 2. Результаты вычислительного эксперимента с математической моделью распространения COVID-19 в Республике Коми
Прогноз выполнен 18.05.2020




Оценки мер контроля (схема пунктирная линия):
1 - Торговля сельскохозяйственными продуктами (до 400 кв м площадь торгового зала, 1 человек на 4 кв м), офлайн услуги, прогулки и занятия спортом (в группе до 2 человек), 15.05.2020 - в соответствии с Указом №46 Главы Республики Коми; 2 - Начало проведения ЕГЭ в классах (08.06.2020)

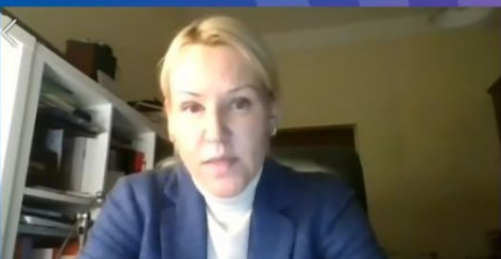
Итерационный подход: Серия прогнозов кривых, полученных из численного решения системы дифференциальных уравнений с различными коэффициентами.

Рис. 179. Прогнозные оценки заболеваемости COVID-19 в Республике Коми в зависимости от сценария сдачи ЕГЭ и ОГЭ: базовый сценарий (начало 08.06.2020, порядок соответствует официальному расписанию на сайте Министерства Просвещения) (темно-фиолетовая штриховая линия), откат от проведения ОГЭ (зелено-коричневая штриховая линия), перенос ОГЭ и ЕГЭ по математике и русскому языку на резервные даты (темно-бордовая штриховая линия), отмена ОГЭ и ЕГЭ по математике и русскому языку (темно-коричневая штриховая линия).

Моделирование выполнено при базовом сценарии с учетом 2.0% участников ЕГЭ и ОГЭ, находящихся в момент экзамена в инкубационном периоде.




**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ
ДНИ ВИРУСОЛОГИИ 2020
6-7 ОКТЯБРЯ**



Формирование региональной политики по противодействию распространения COVID-19 на основе прогнозных данных
Тищенко Елена Борисовна, Москва

Результаты вычислительного эксперимента с математической моделью распространения COVID-19 в Республике Коми
Прогноз выполнен 26.05.2020 (с обновлением 22.09.2020)



Итерационный подход: Серия прогнозов кривых, полученных из численного решения системы дифференциальных уравнений с различными коэффициентами.

Рис. 56. Динамика распространения COVID-19 в Республике Коми с учетом и без учета Воркуты и Усинска: прогнозные данные без учета Воркуты и Усинска (темно-фиолетовая штриховая линия), прогнозные данные с учетом Воркуты и Усинска (темно-фиолетовая штриховая линия), фактические данные по данным администрации Республики Коми на 06.10.2020 (точки со светло-фиолетовыми контурами, по данным администрации Республики Коми на 06.10.2020). Данные о числе активных больных (число заболевших без учета умерших и выздоровевших) в Республике Коми с учетом Воркуты и Усинска (точки с темно-фиолетовыми контурами, официальная статистика на 06.10.2020).

Следующий доклад «**Оценка последствий COVID-19 для экономики России**» представил член-корреспондент РАН, профессор, врио директора Института народно-

хозяйственного прогнозирования РАН **Александр Широв**.

«В отличие от большинства известных нам кризисов современности вызванный пандемией кризис не является циклическим – не связан с бизнес-циклом. Это кризис, в котором глубина падения экономики определялась решением в области закрытия тех или иных секторов экономики на основе решения правительств различных стран», – пояснил эксперт.

Постфактум-анализ позволяет нас сделать вывод о том, что вариант локдауна, который был выбран, оказался не вполне эффективным, говоря о балансе экономических и социальных факторов. Так, остановка промышленности и строительства оказалась неэффективной мерой, поскольку на предприятиях могут поддерживаться превентивные меры, что не даст резкий скачек заболеваемости.

Александр Александрович на примере разных стран рассказал о влиянии пандемии на темпы роста крупнейших экономик, на динамику производства продукции, на сокращение занятости населения и др. «Новый карантин будет другим. Он не будет охватывать реальный сектор экономики», – подытожил эксперт.

The image shows a presentation slide from the 'Международный форум Дни Вирусологии 2020' (International Forum Days of Virology 2020), held on October 6-7. The slide features a video feed of Alexander Alexandrovich Shirov on the left. The main content is a slide titled 'ССOVID-19' with a bar chart showing daily new cases and a table of deaths. The chart shows a significant peak in new cases in early 2020, followed by a decline and then a resurgence. The table lists deaths in Russia (10321), France (29920), and Italy (34869). Below the table, there are bullet points discussing the effects of lockdowns and the need for medical measures.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ ДНИ ВИРУСОЛОГИИ 2020 6-7 ОКТЯБРЯ

ССOVID-19

Новые случаи коронавируса, чел./день.

Смертельные случаи

Россия	– 10321
Франция	– 29920
Италия	– 34869

Медицинские и организационные аспекты

- Позитивные эффекты локдауна на заболеваемость во всех странах ограничиваются экономическими возможностями
- Остановка промышленности и большей части строительства показали себя неэффективными мерами
- В ближайшее время потребуются действия в области создания резерва больничных коек, что потребует удорожания медицинского страхования или дополнительных расходов бюджета

Оценка влияния COVID-19 на социально-экономическую деятельность регионов
Широв Александр Александрович, Москва

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ ДНИ ВИРУСОЛОГИИ 2020

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ ДНИ ВИРУСОЛОГИИ 2020
6-7 ОКТЯБРЯ

Задачи экономического анализа и прогнозирования

Точка неприемлемого экономического ущерба

Оценки вновь возвращающихся к работе, темпов восстановления экономики

Анализ эффективности мер поддержки экономики

Оценка спада экономики

Карантин **Выход** **Восстановление**

- 12% **- 5%** **- 3%**

II кв. **III кв.** **IV кв.**

3 Источники: ИВЭТ РАН

Оценка влияния COVID-19 на социально-экономическую деятельность регионов
Широв Александр Александрович, Москва

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ ДНИ ВИРУСОЛОГИИ 2020

Заведующая лабораторией «Промышленные системы потоковой обработки данных» Центра НТИ СПбПУ **Марина Болсуновская** и инженер лаборатории «Промышленные системы потоковой обработки данных» **Алексей Гинцяк** представили доклад на тему «**Применение ситуационного моделирования распространения COVID-19 в регионах с использованием инструментов системной динамики**».

Эксперты рассказали об имитационном моделировании и его применении при моделировании распространения опасных заболеваний. **Имитационное моделирование** – метод исследования, при котором изучаемая система заменяется моделью, с достаточной точностью описывающей реальную систему, с которой проводятся эксперименты с целью получения информации об этой системе. В ситуации с COVID-19 данная модель – наиболее адекватный способ изучения распространения вируса SARS-CoV-2 в условиях отсутствия полной и точной информации о его свойствах. Данная модель позволяет изучать природу вируса и заболевания, а также прогнозировать динамику распространения заболевания. Имитационное моделирование было успешно применено к вычислительному эксперименту с математической моделью распространения COVID-19 в Республике Коми.



Системная динамика

Основные виды имитационного моделирования:

- дискретно-событийное – для моделирования производственных систем;
- агентное – требуется детальная информация об объектах моделирования;
- системная динамика – рассмотрение наиболее общих свойств рассматриваемых систем;
- гибридное – сочетание базовых видов.

Ключевые особенности системной динамики:

- причинно-следственные связи (влияние количества контактов на заболеваемость, ...);
- петли обратных связей (см. рис.):
 - положительная;
 - отрицательная;
- задержки реакции (инкубационный период);
- учёт влияния среды (особенности региона - население, его плотность, структура занятости);
- возможность применения интервального подхода.

Доминирующие петли обратной связи

Применение ситуационного моделирования распространения COVID-19 в регионах с использованием инструментов системной динамики
 Болсуновская Марина Владимировна, Санкт-Петербург



Результаты вычислительного эксперимента с математической моделью распространения COVID-19 в Республике Коми

Прогноз выполнен 08.05.2020

Архив 19.05.2020

Рис. 13. Прогнозные оценки заболеваемости COVID-19 в Республике Коми с учётом влияния введённых мер контроля с 28.03.2020 года (при значении $\alpha=0,014$, с интенсивностью эффективных контактов: $\beta=0,74$ (светло-розовая штриховая линия), $\beta=0,76$ (оранжево-красная штриховая линия), $\beta=0,78$ (темно-зелёная штриховая линия), $\beta=0,80$ (тёмно-синяя штриховая линия), $\beta=0,82$ (светло-синяя штриховая линия), $\beta=0,84$ (светло-фиолетовая штриховая линия), $\beta=0,86$ (тёмно-фиолетовая штриховая линия).

Данные о числе активных больных (числе заболевших без учёта умерших и выздоровевших) в Республике Коми (больше точки, официальная статистика на 19.05.2020).

Прогноз выполнен 08.05.2020 для оценки влияния введённых мер контроля на динамику количества активных больных. С учётом изменения динамики заболеваемости с 08.05.2020 не используются модели со значениями $\beta=0,075$, с интенсивностью эффективных контактов: $\beta=0,75$, $\beta=0,80$ и $\beta=0,85$ (линии не показаны).

Данные о количестве инфекционных копек в Республике Коми (зелёная линия, данные, предоставленные Правительством Республики Коми на 19.05.2020).

Применение ситуационного моделирования распространения COVID-19 в регионах с использованием инструментов системной динамики
 Болсуновская Марина Владимировна, Санкт-Петербург



С заключительным докладом «**Моделирование динамики популяционного иммунитета к гриппу в городах РФ**» выступил научный сотрудник национального центра когнитивных разработок, доцент факультета цифровых трансформаций Университета ИТМО **Василий Леоненко**.

Василий Николаевич рассказал о методике, которая может быть использована для моделирования динамики популяционного иммунитета к новой коронавирусной инфекции, когда будет идти речь о последовательных эпидемиях. Однако проблема накопления иммунитета и искажения прогнозов неминуемо возникнет, и тогда можно будет использовать полученные наработки.



**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ
ДНИ ВИРУСОЛОГИИ 2020**
 6-7 ОКТЯБРЯ


**Популяционный иммунитет к гриппу:
модельные гипотезы**




- ✓ Отсутствует или очень низкий к новым штаммам
- ✓ В долгосрочном периоде: растёт по мере циркуляции штамма в популяции
- ✓ В масштабах эпидсезона: растёт при эпидемической вспышке и постепенно снижается при её отсутствии



Моделирование динамики популяционного иммунитета к гриппу в городах РФ
 Леоненко Василий Николаевич, Санкт-Петербург

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ
ДНИ ВИРУСОЛОГИИ 2020




**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ
ДНИ ВИРУСОЛОГИИ 2020**
 6-7 ОКТЯБРЯ

Прогнозная модель динамики иммунитета (VN Leonenko, DM Danilenko, 2020)
 

А(H1N1) Калининград





Fraction of the immune

Years

Predicted points
 Existing points
 $a+b \cdot \log(cx+d)$
 Polynom with degree 1
 Polynom with degree 2
 Polynom with degree 3

Моделирование динамики популяционного иммунитета к гриппу в городах РФ
 Леоненко Василий Николаевич, Санкт-Петербург

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ
ДНИ ВИРУСОЛОГИИ 2020


В завершение секции эксперты ответили на вопросы, которые поступали от слушателей из разных городов России в режиме реального времени.