



Згідно з чинним законодавством Національна академія наук України є вищою науковою організацією нашої держави, яка здійснює фундаментальні і прикладні дослідження з найважливіших проблем природничих, технічних і соціогуманітарних наук, спрямовані на вирішення актуальних проблем науково-технічного, економічного, соціального і культурного розвитку суспільства.

До складу академії входить близько 170 установ та організацій (інститути, наукові центри, музеї, бібліотеки, заповідники, підприємства дослідно-виробничої бази).

В них працює більше 28 тисяч тисяч працівників, з них близько 15 тисяч науковців, у тому числі 2.4 тисячі докторів і близько 7 тисяч кандидатів наук.

Робоча група з математичного моделювання проблем, пов'язаних з епідемією коронавірусу SARS-CoV-2 (COVID-19) в Україні

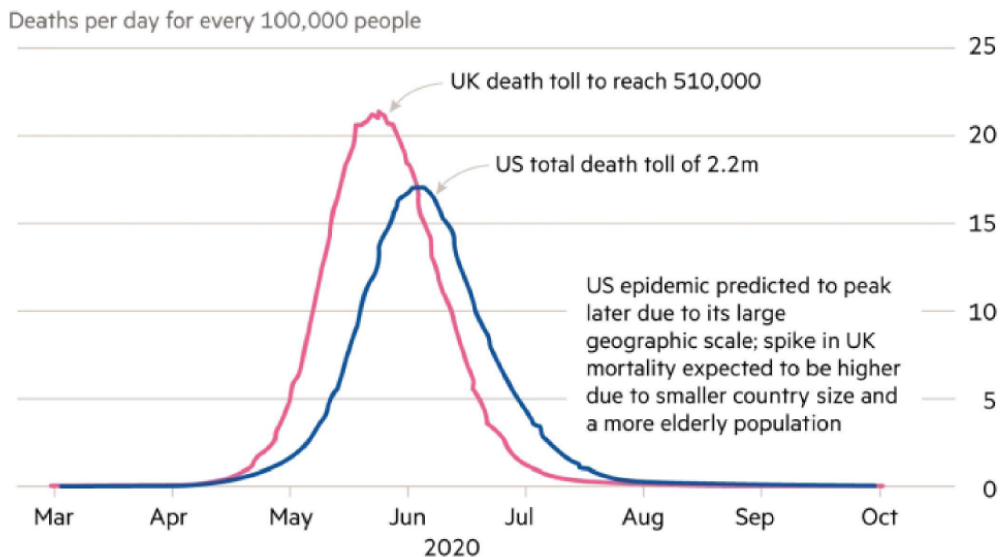
Створена Розпорядженням Президії НАН України № 118 від 3 квітня 2020р. з представників наукових установ НАН України, МОН України та НАМН України; фахівців в галузі епідеміології, статистичних методів обробки даних, математичного моделювання і прогнозування

Завдання Робочої Групи:

з урахуванням світового досвіду математичного моделювання розвитку пандемії коронавірусу SARS-CoV-2 та аналізу статистичних даних про динаміку епідемії в Україні та країнах Європи розробити модель розвитку епідемії і підготовлювати на її основі регулярні прогнози для державних органів з урахуванням сценаріїв впровадження та послаблення карантину

На початку розвитку епідемії в Європі перше резонансне дослідження методами моделювання представлено в звіті національної лабораторії Великобританії Imperial College (Ferguson B et.al 2020) опубліковано 16.03. 2020.

Модель, що мала параметризації впливу різного виду заходів державної і місцевої влади на зниження трансмісійних чинників епідемії і відповідного зниження захворювань, яскраво продемонструвала катастрофічні для систем охорони здоров'я США і Великобританії наслідки сценарію “без контрзаходів” відповідно з 2.5 млн і 500 тис. померлих у цих країнах. Цей звіт Imperial College кардинально вплинув на зміну державної політики в США та Великобританії відносно протидії епідемії.



Source: Ferguson, M. N. et al (Imperial College Covid-19 Response Team)
© FT

Figures based on an average of 2.4 secondary cases generated per case

Робоча група з моделювання COVID-19 в Україні

← → ↻ ⓘ Not secure | nas.gov.ua/EN/Colegial/Pages/Default.aspx?CID=00000188



Brovchenko Ihor O.
Deputy Director for Research at the Institute of Mathematical Machines and Systems NAS of Ukraine
Senior Researcher
Doctor Physical and Mathematical Sciences (Mechanics of Liquid, Gas and Plasma)

Secretar



Bezhenar Roman V.
senior researcher at the Institute of Problems of Mathematical Machines and Systems of the NAS of Ukraine
Candidate Physical and Mathematical Sciences (Mechanics of Liquid, Gas and Plasma)

Members



Khimich Oleksandr M.
head of the department, V. M. Glushkov Institute of Cybernetics
Corresponding Member NAS of Ukraine
Professor
Doctor Physical and Mathematical Sciences (Mathematical Modelling)



Kukush Olexandr G.
Professor, Kyiv National Taras Shevchenko University
Professor
Doctor Physical and Mathematical Sciences



Maiboroda Rostyslav Evgenovych
Professor, Kyiv National Taras Shevchenko University
Professor
Doctor Physical and Mathematical Sciences (Probability Theory and Mathematical Statistics)



Marychev Ihor Leonidovych
head of the laboratory of the State Institution "Institute of Epidemiology and Infectious Diseases" NAMS of Ukraine
Candidate Medical Sciences



Pilipenko Andrey Yu.
Leading researcher, Institute of Mathematics of NAS of Ukraine
Professor
Doctor Physical and Mathematical Sciences (Probability Theory and Mathematical Statistics)



Sergeeva Tetyana Anatoliivna
Deputy Director, State Institution "Institute of Epidemiology and Infectious Diseases" NAMS of Ukraine
Senior Researcher
Doctor Biological Sciences



Skripnichenko Maria I.
Head of Department, State Institution "Institute of Economics and Forecasting of NAS of Ukraine"
Corresponding Member NAS of Ukraine
Professor
Doctor Economic Sciences (Economic Modelling)



Vynnyk Nataliya Petrivna
Scientific Secretary of the State Institution "Institute of Epidemiology and Infectious Diseases" NAMS of Ukraine
Candidate Medical Sciences



Yaskovets Ivan Ivanovych
Senior Researcher, Institute of Physics
Senior Researcher
Doctor Physical and Mathematical Sciences (Physics of Semiconductors and Dielectrics)



Zheleznyak Mark Yo.
Professor, Institute Environmental Radioactivity, Fukushima University, Japan (from 2015)
Senior Researcher
Candidate Physical and Mathematical Sciences (Mechanics of Liquid, Gas and Plasma)



Zhokhin Anatolii Sergiiiovych
Senior Researcher, Bogolyubov Institute for Theoretical Physics of the NAS of Ukraine
Candidate Physical and Mathematical Sciences (Theoretical Physics)

Робоча група на основі розробки української моделі SEIR_U та її тестуваннями закордонними даними випустила перший прогноз для України 13.04 2020

На сьогоднішній Прес-конференції ми представимо огляд п'яти прогнозів, їх виправданості, аналіз розвитку епідемії в Україні у порівнянні з іншими країнами і оцінки подальшого розвитку епідемії

Всі прогнози Робочої Групи опубліковані на сайті НАНУ

<http://www.nas.gov.ua/UA/Activity/covid/Pages/wg.aspx>

← → ↻ Not secure | nas.gov.ua/UA/Activity/covid/Pages/wg.aspx

Национальна академія наук України

ПРОТИДІЯ COVID-19

Робоча група з математичного моделювання проблем, пов'язаних з епідемією коронавірусу SARS-CoV-2 в Україні

Прогноз розвитку епідемії COVID-19 в Україні

14.05.2020 1268

Прогноз розвитку епідемії COVID-19 в Україні в період 13 травня – 13 червня 2020 р. ("Прогноз РГ-5")
Від Робочої групи з математичного моделювання проблем, пов'язаних з епідемією коронавірусу SARS-CoV-2 в Україні (базова установа – Інститут проблем математичних машин і систем НАН України)

06.05.2020 794

Прогноз розвитку епідемії COVID-19 в Україні в період 5 – 12 травня 2020 р. та аналіз можливих сценаріїв розвитку епідемії в період 12 травня - 12 червня 2020 р. ("Прогноз РГ-4")

28.04.2020 3505

Прогноз розвитку епідемії COVID-19 в Україні в період 28 квітня – 5 травня 2020 р. та аналіз можливих сценаріїв розвитку епідемії в період 6 травня – 5 червня 2020 р. («Прогноз РГ-3»)

splnproc1703 (1).zip ezgif.com-gif-make...gif

Show all x



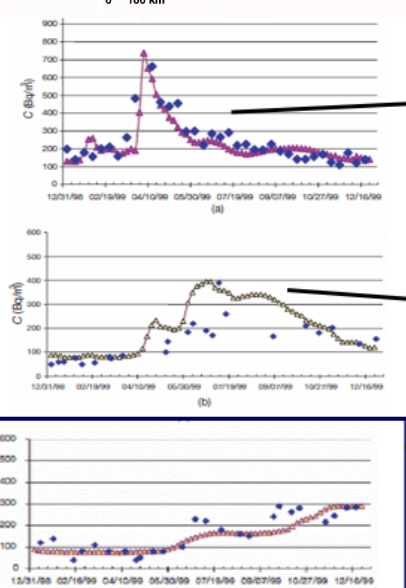
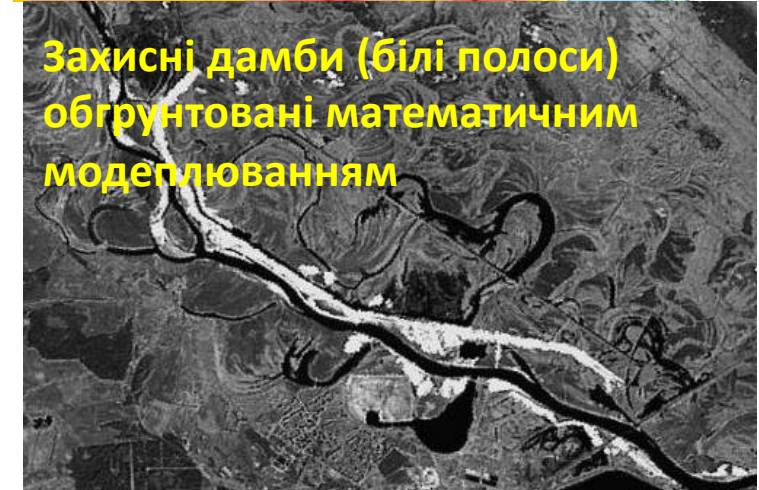
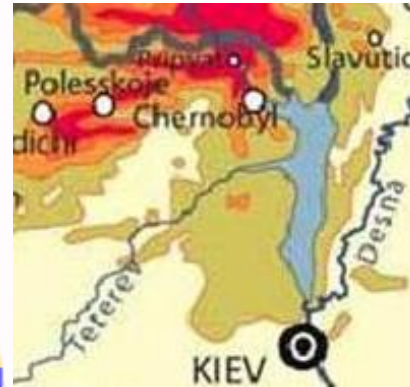
Інститут проблем математичних машин і систем НАНУ – (ІПММС) - базова установа Робочої групи

Інститут створено в 1992 році як продовжувача 50 річної історії
СКБ Математичних машин і систем Інституту кібернетики
ім. В.Глушкова

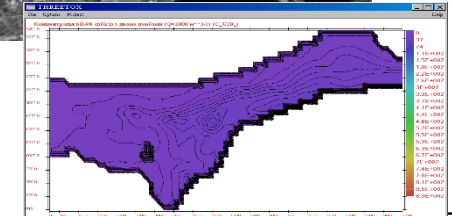
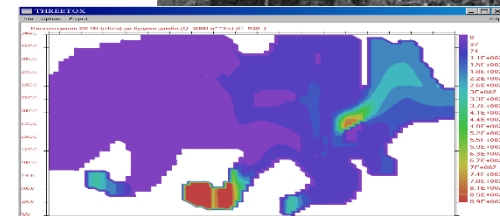


Відділ моделювання навколишнього середовища створений у 1986р. для підтримки прийняття рішень стосовно радіоекологічного захисту басейну р. Дніпро після аварії на Чорнобильській АЕС.

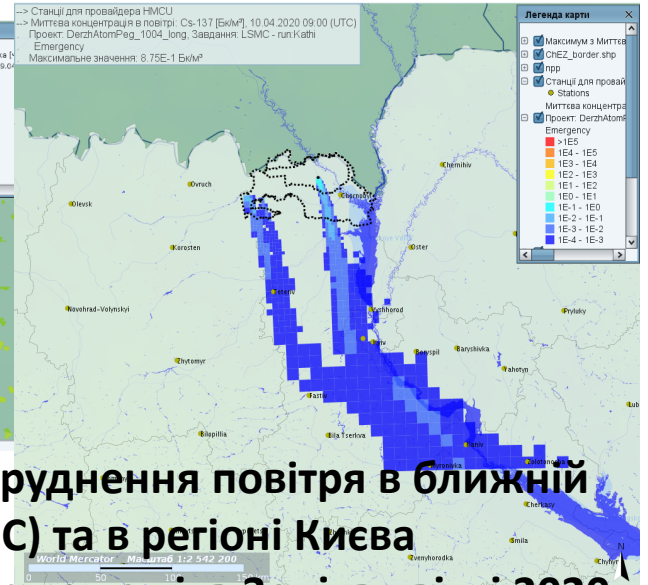
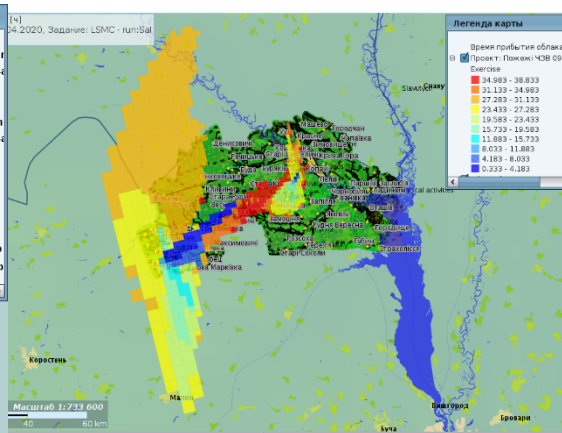
Прогнози ІППМС стану Дніпра у 1986-1989 регулярно представлялися Державній Чорнобильській комісії, результати математичного моделювання використовувались для обґрунтування водоохоронних заходів на р. Прип'ять в Чорнобильській зоні (1986-1993)



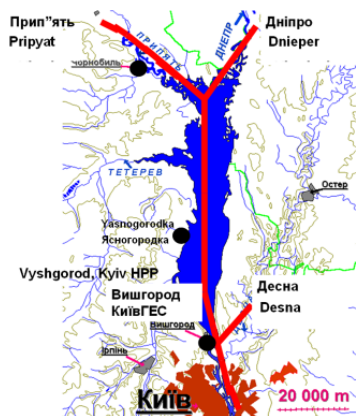
Прогнозування транспорту Sr-90 в дніпровському каскаді у високу повінь 1999



Розроблені математичні чисельні моделі були високо оцінені міжнародною науковою спільнотою і інтегровані до Європейської системи підтримки рішень після ядерних аварій (RODOS), впроваджену в багатьох країнах світу на всіх АЕС України і в Чорнобильській зоні

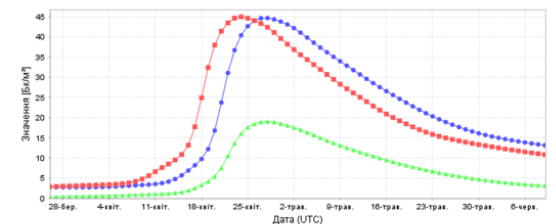


RODOS прогнозування забруднення повітря в ближній зоні ЧАЕС (ЕКОЦЕНТР ДСНС) та в регіоні Києва (УкрГідрометцентр) під час пожежі в Зоні в квітні 2020



Scheme of a one-dimensional network of the RIVTOX model, configured to predict the washing out radionuclides from the ChEZ, taking into account the lateral inflow of radionuclides to the river within ChEZ and the inflow of radionuclides from the upper part of the Prip'yat and Upper Dniipro to basin

RODOS прогнозування забруднення р Дніпро стронцієм -90 вод р Дніпро біля Києва у випадку високих повеней р Прип'ять



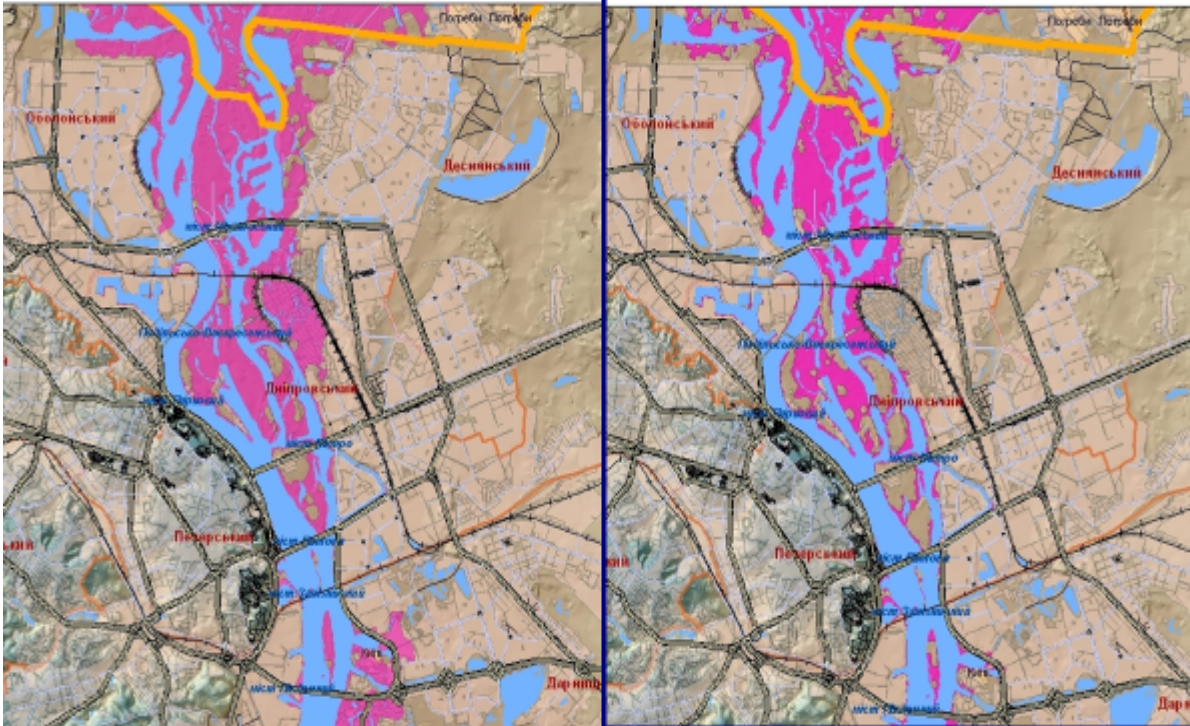
The result of modelling of Sr - 90 concentration and in water (Bq / m³) for the scenario of 10% flood in the Kiev reservoir and in the Dniipro River.

Red curve - concentration near Yasynohorodka, green - Vyshgorod near Kiev HPP, blue - at Metro Bridge Kiev.

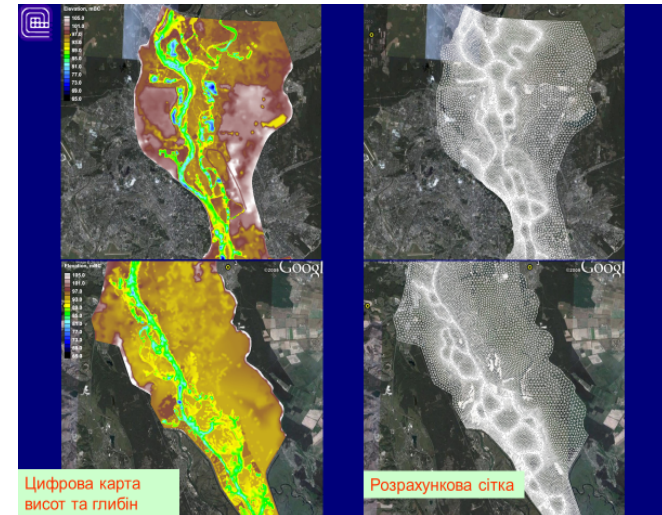
Розроблені в ІППМС моделі використовуються в Гідрометслужбі України для прогнозування зон затоплень у випадку високих повеней Дніпра біля м. Києва та на гірських річках – Дністер, Прут, усті Десни.

Прогноз затоплення заплави р. Дніпро в межах м. Києва за сценарієм розвитку весняного водопілля 1979 р.

Прогноз затоплення заплави р. Дніпро в межах м. Києва за даними розвитку весняного водопілля 2010 р.

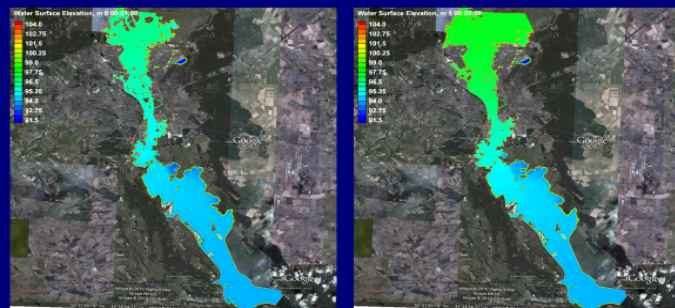


Порівняння зон затоплення у максимум повені за прогнозом на 2010 р. (справа) з зонами максимальних затоплень для сценарію водності 1979 р. (зліва) – ділянка від устя Десни до Південного мосту.



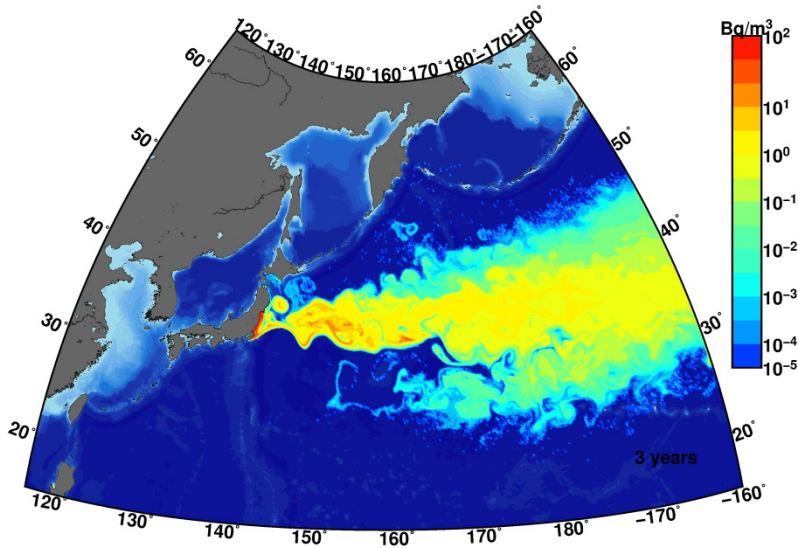
Моделювання прориву греблі Київської ГЕС в умовах повені 1979р.

Ширина прориву – 400м.
 Час моделювання 24 години.
 Розхід через прорив макс. 121 000 м³/с, мин. 12 600 м³/с.
 Параметри на момент прориву:
 Діаметр М.Б.С. – 1720 м³/с, Діаметр – 2410 м³/с, підпорний рівень Київського ЗС – 93.7 м.

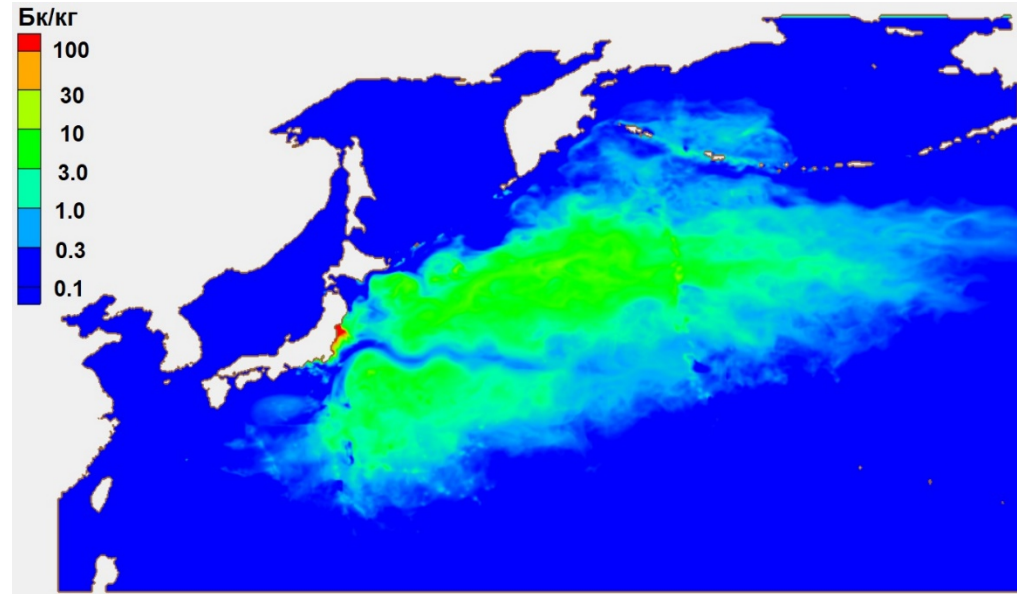


Рівні води і зони затоплення, зліва – початкові умови, справа – 24 години після прориву.

Тривимірне моделювання розповсюдження радіонуклідів внаслідок аварії на АЕС Фукусіма

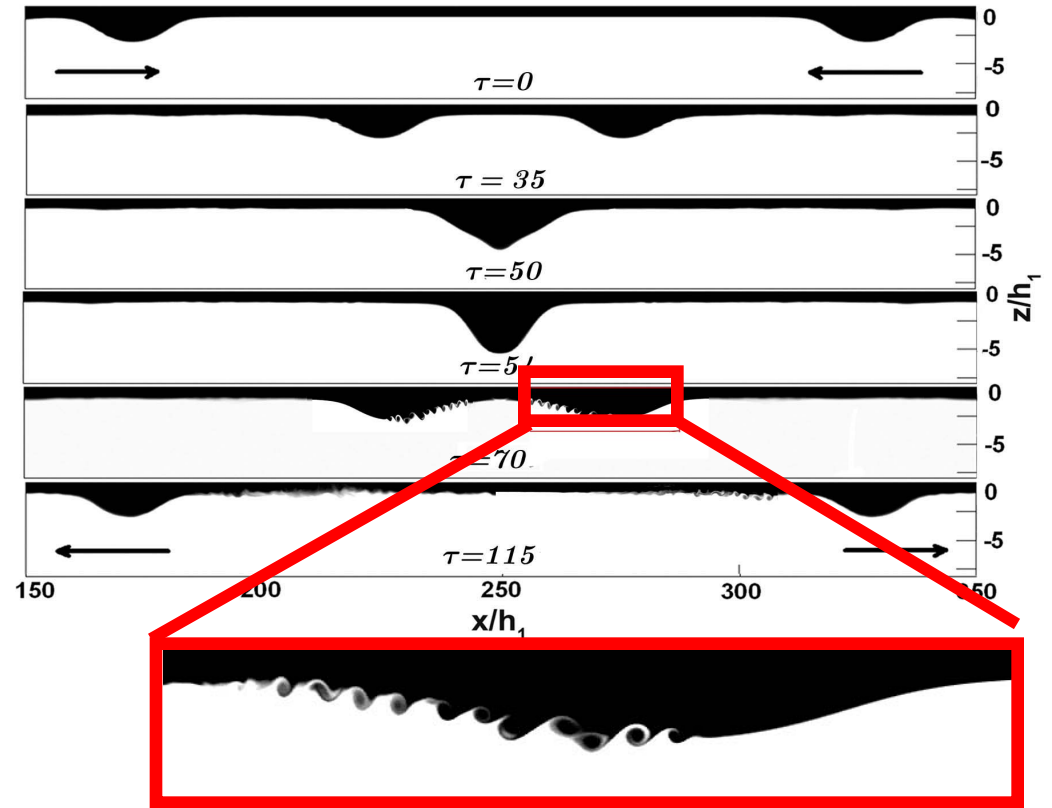
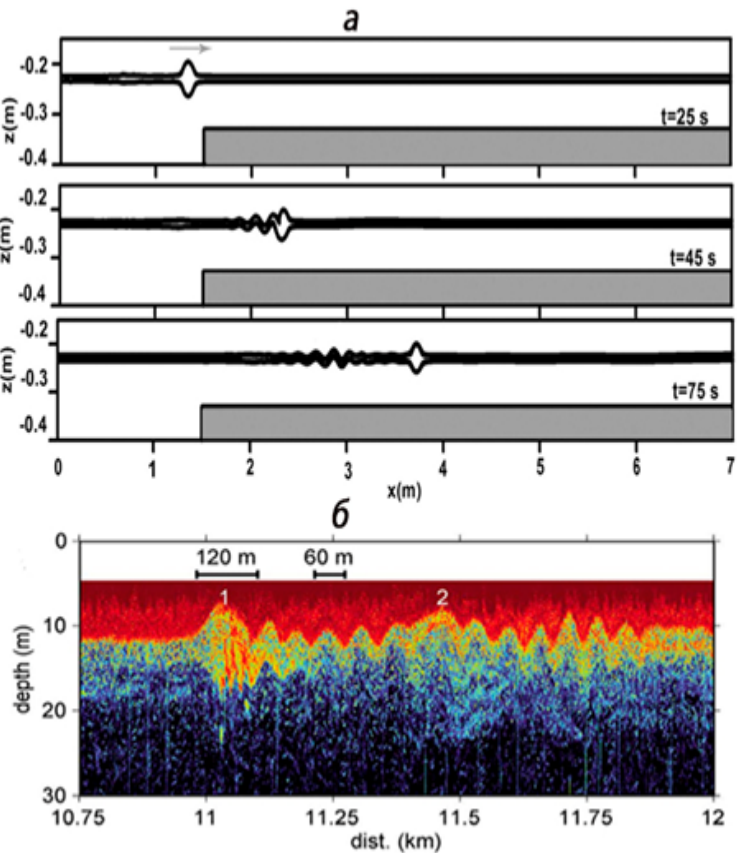


Довгострокове моделювання розповсюдження радіонуклідів у приповерхневому шарі океану внаслідок аварії на АЕС Фукусіма-1



Моделювання переносу радіонуклідів по ланцюжкам живлення. Розрахована концентрація ^{137}Cs в рибі після аварії на АЕС Фукусіма-1 через 1 рік після аварії

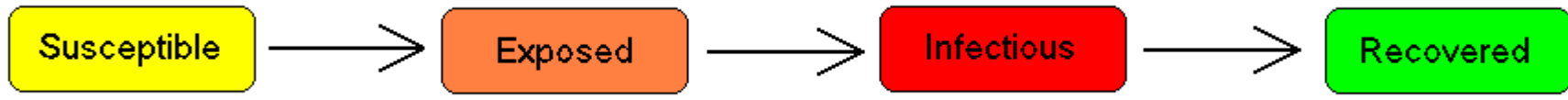
Дослідження динаміки внутрішніх хвиль за допомогою негідростатичної моделі стратифікованих течій



Вперше досліджене явище виникнення нестійкості Кельвіна-Гельмгольца при взаємодії внутрішніх усамітнених хвиль великої амплітуди

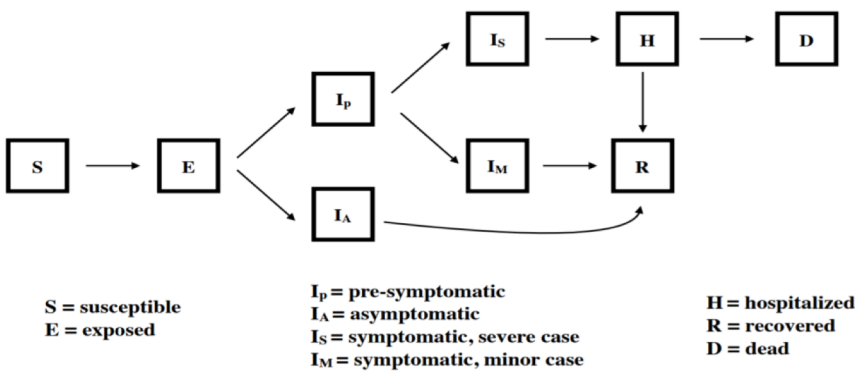
- Для прогнозування COVID-19 в світі використовуються моделі двох класів
- 1) «data-driven models» статистичної екстраполяції часових рядів даних на наступний період (методи нейронних мереж та інші)
 - 2) Компартментні моделі, основані на рівняннях, що описують динаміку різних груп здорового і інфікованого населення і перетоки між ними (дозволяють оцінювати вплив сценаріїв планованого карантину)

Приклади моделей класу SIR-SEIR закордонних центрів прогнозування COVID-19:

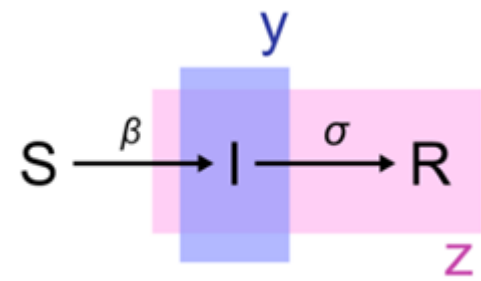


S – Susceptible, здорові, що можуть захворіти E – Exposed, носії інфекції, не заразні
 I – Infectious, заразні носії інфекції R – Recovered (Removed), одужавші, чи померлі

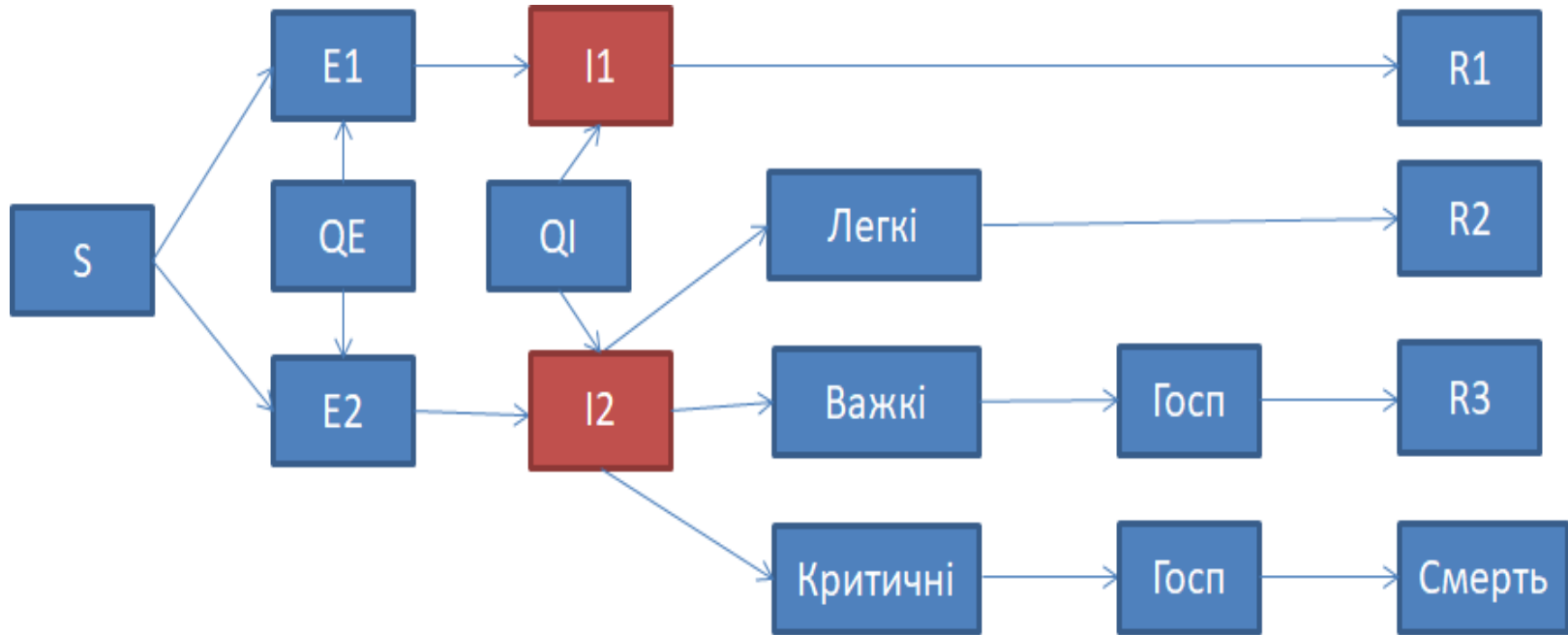
Stanford model



Oxford model



Розроблена НАНУ модель SEIR-U прогнозування COVID-19 в окремій країні/регіоні



S

- здорові

E1

I1

- інфіковані безсимптомні

E2

I2

- інфіковані симптомні

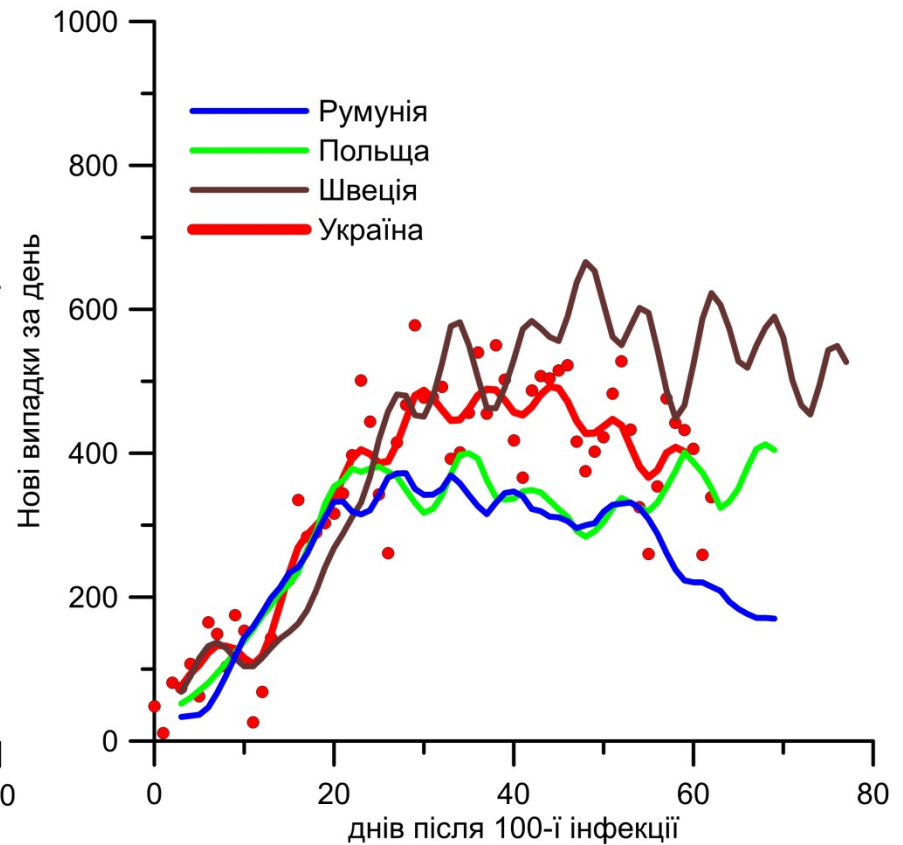
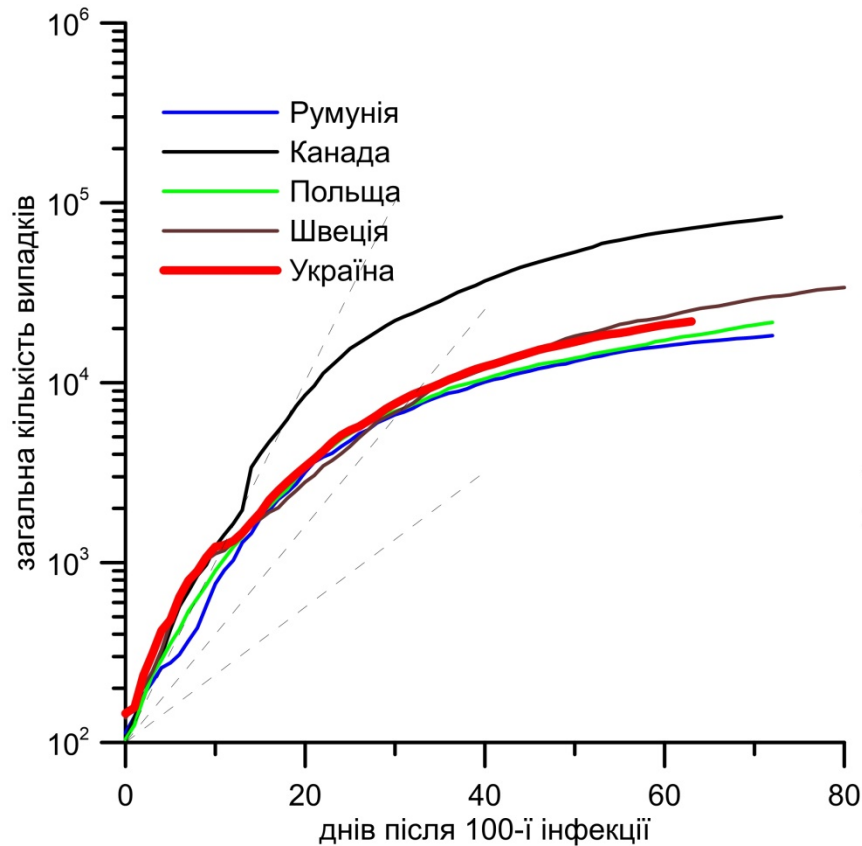
QE

-приток через кордон

QI

Червоним позначені
інфіковані компартменти

Статистичний аналіз розвитку епідемії в Україні та інших країнах

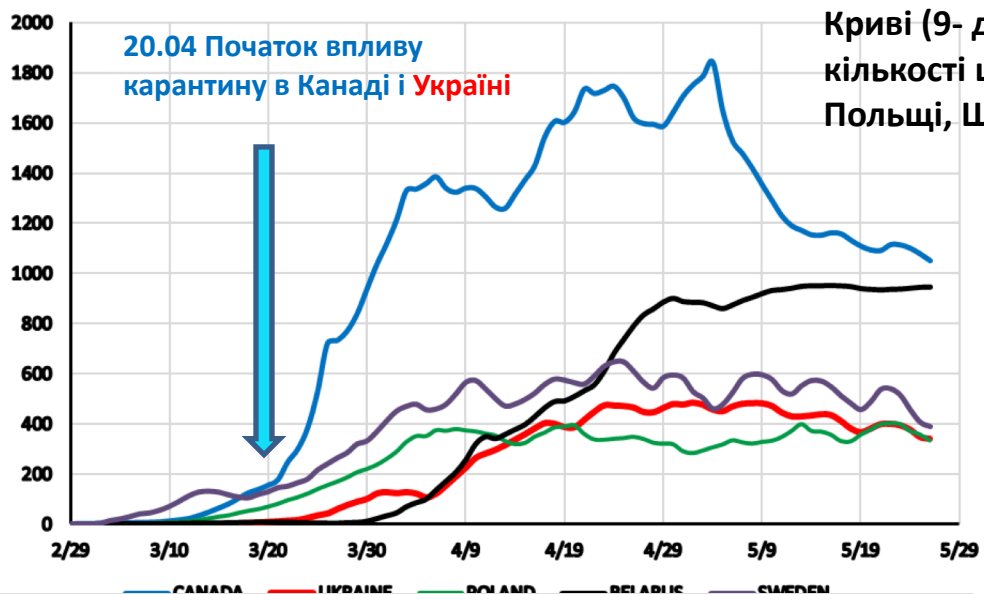


Сумарна кількість виявлених інфікованих

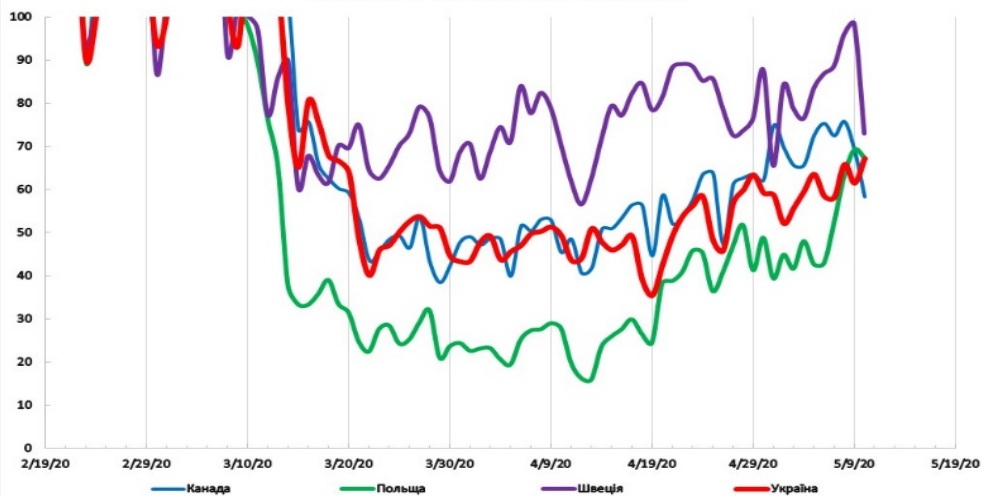
Кількість нових інфікованих виявлених за день

Щоденна кількість нових випадків подана згладженою з методом зваженого рухомого середнього з вікном осереднення 7 днів. Червоними точками показані не згладжені дані для України.

Статистичний аналіз розвитку епідемії в Україні та інших країнах в порівнянні з даними про мобільність населення



Середня за добу мобільність пішоходів різних країни в процентах від середньої для країни, яка приймається за 100%

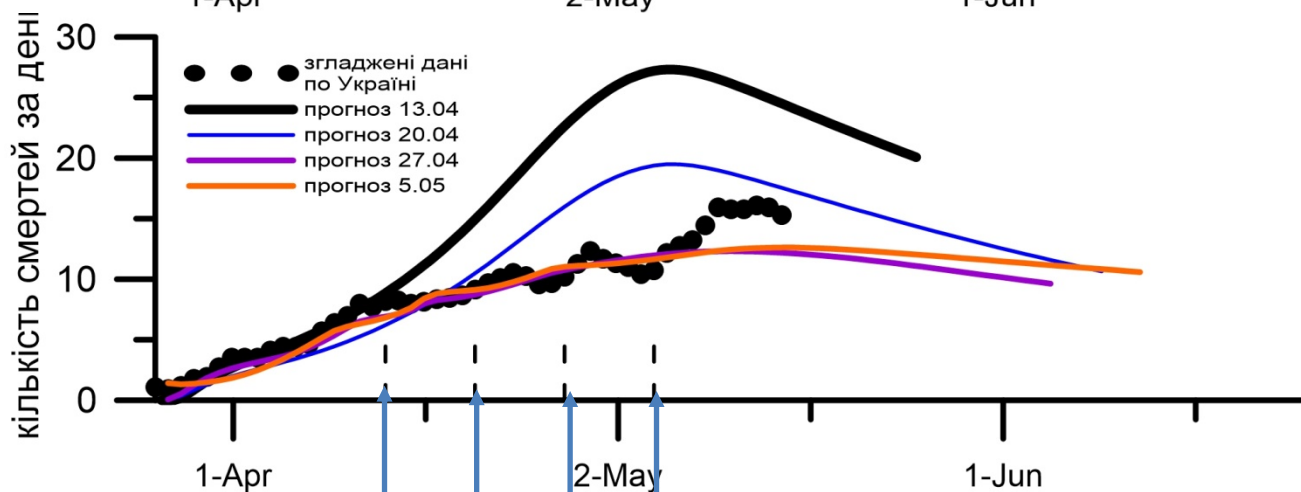
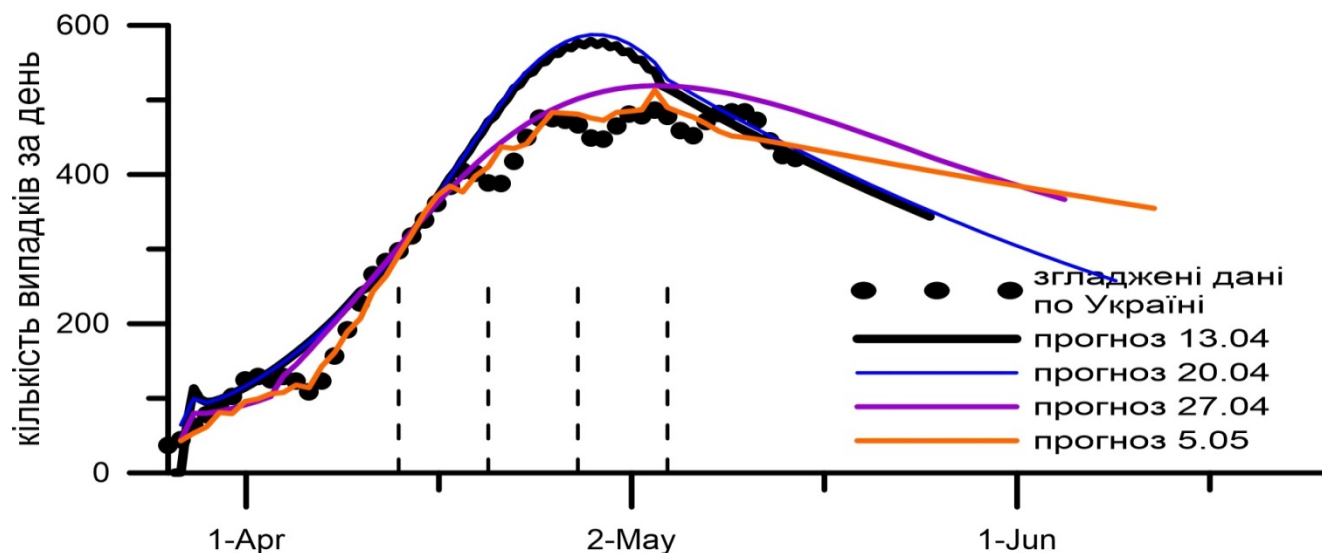


В Україні і Канаді падіння мобільності (контактності) після введення карантину приблизно з 20.03, але в Україні це була початкова фаза епідемії (1-2 нових випадки на день), а в Канаді вже було більш 100 випадків щоденно. В результаті в пік епідемії в Канаді біля 1800 випадків в день а Україні біля 500 в день

Мобільністю пішоходів з айфонами в кожній країні

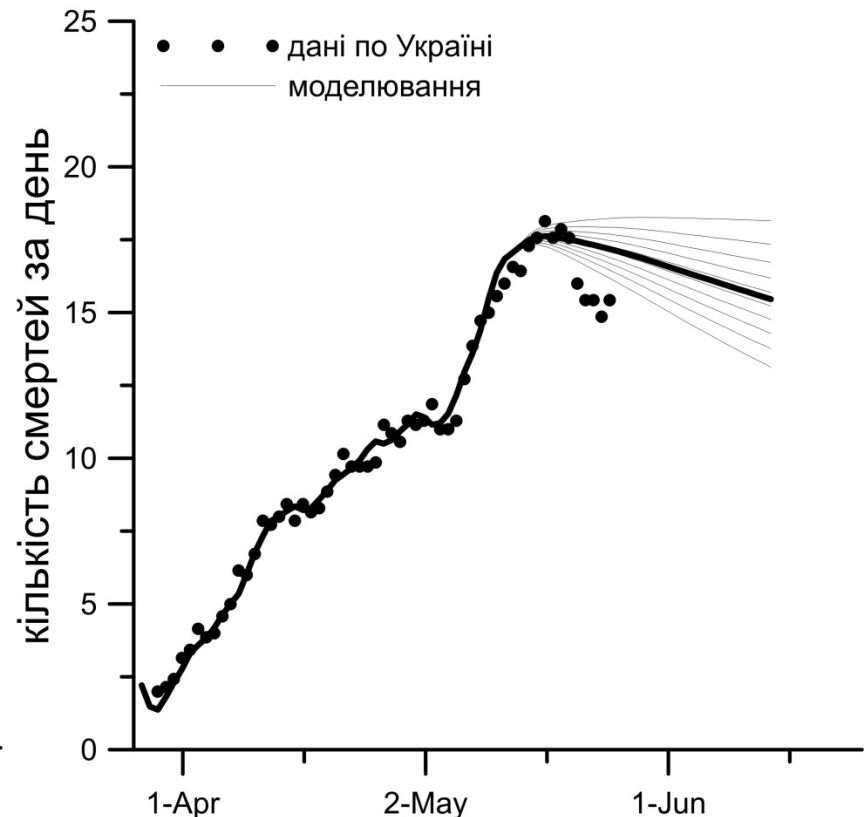
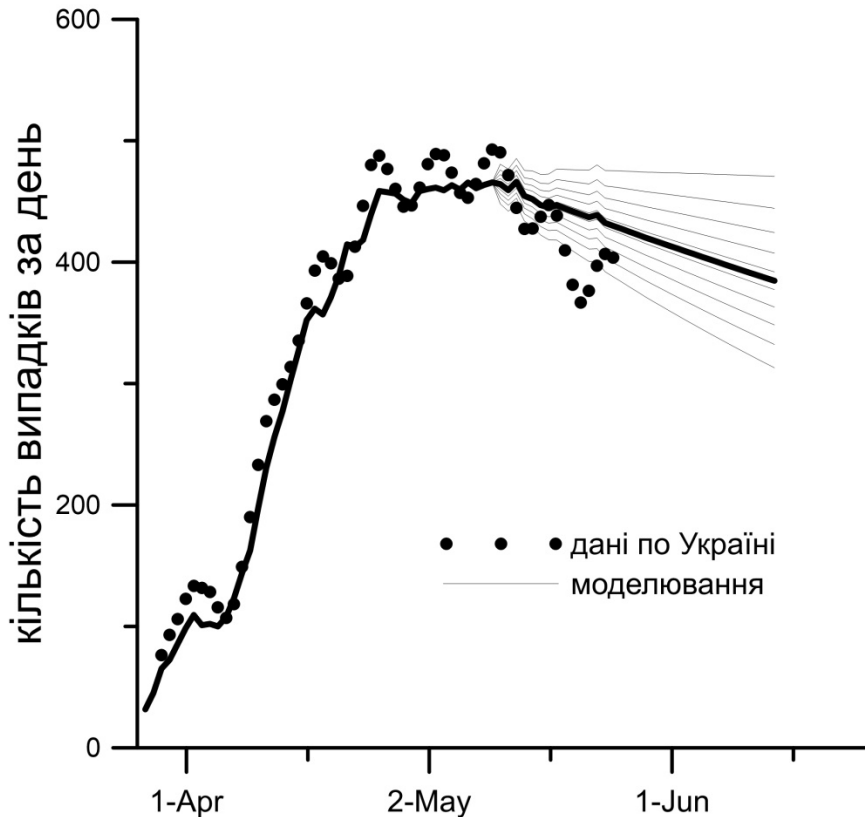
<https://www.apple.com/covid19/mobility>

Попередні прогнози робочої групи НАНУ



Дати надання прогнозів

Прогноз від 13.05.2020

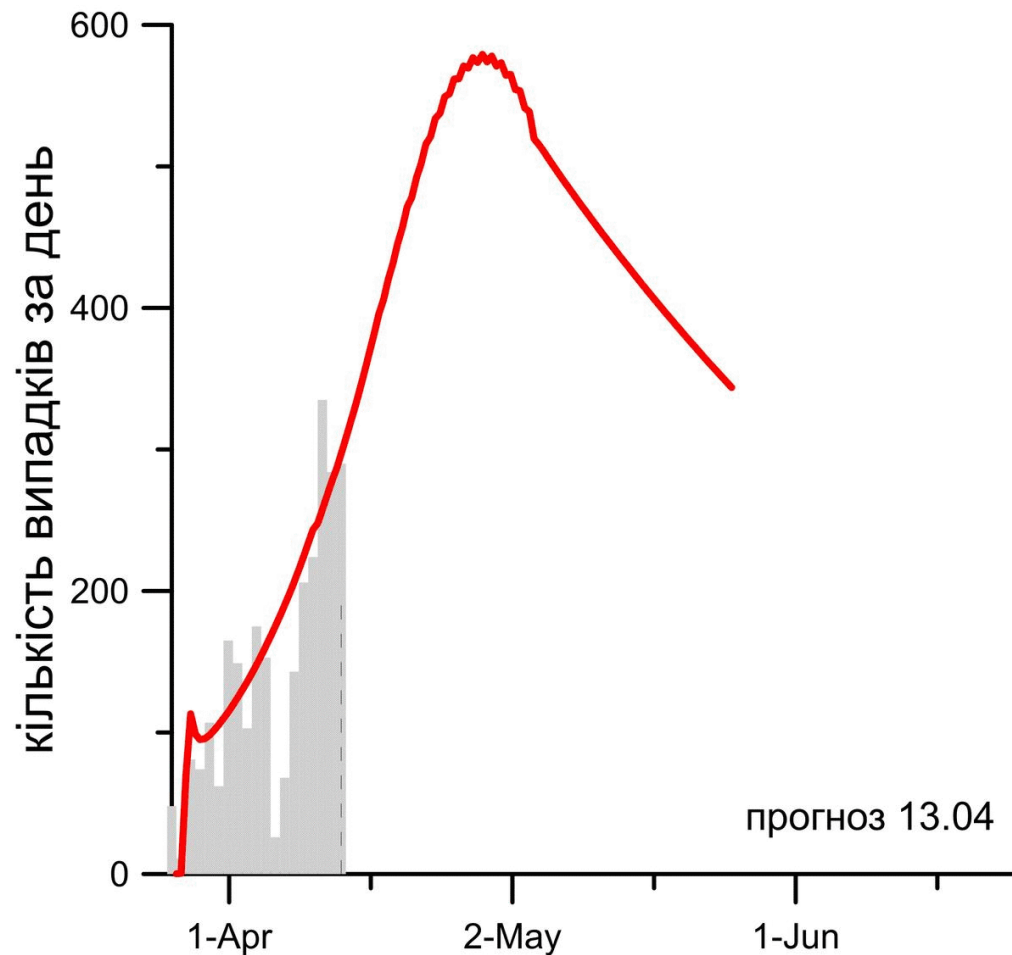


Після проходження фази плато близько 10 травня, почалося затухання за більш оптимістичним сценарієм

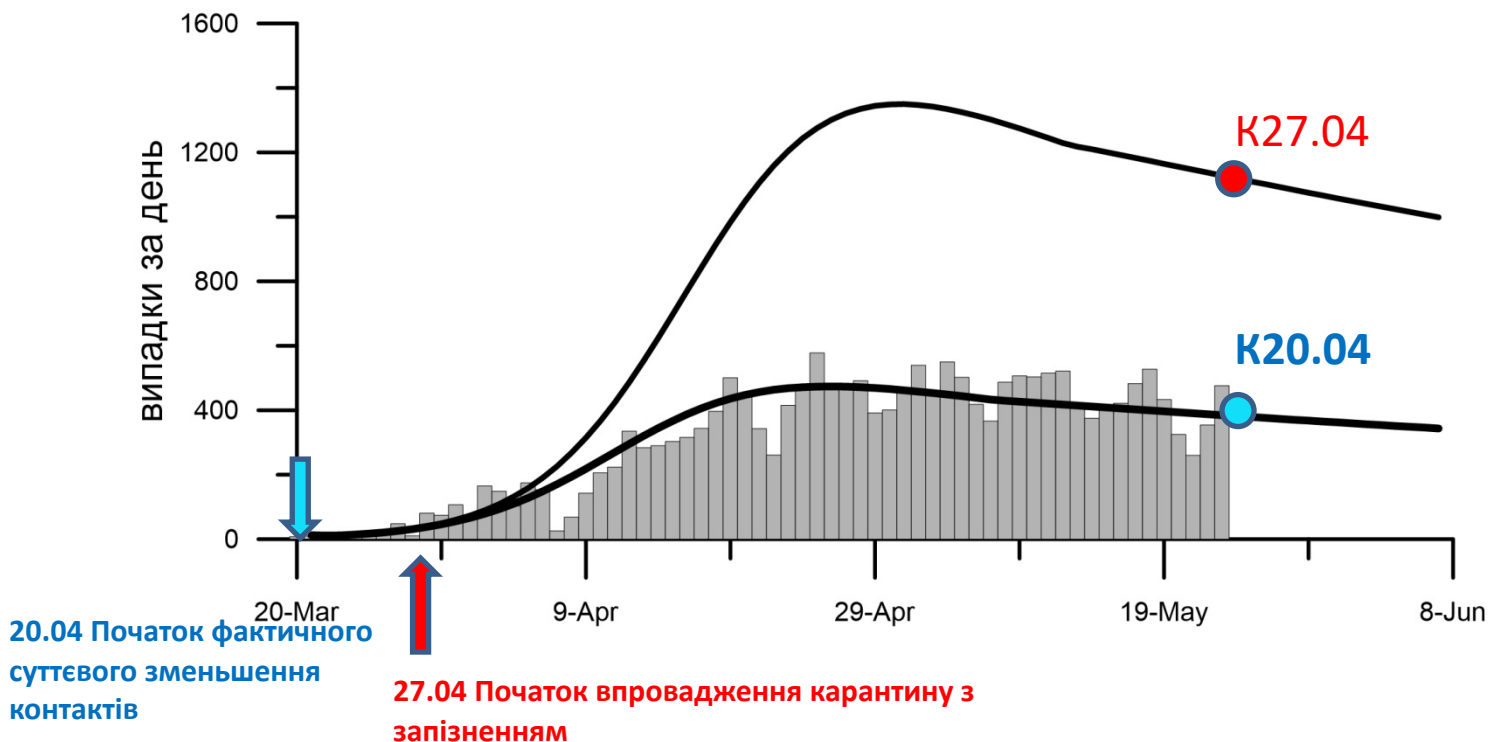
Максимальна середня смертність – приблизно 15 травня (17/день)

Пікові значення нових випадків близько 500/день

Еволюція прогнозів робочої групи НАНУ



Сценарій запізнення у впровадженні карантину на 1 тиждень

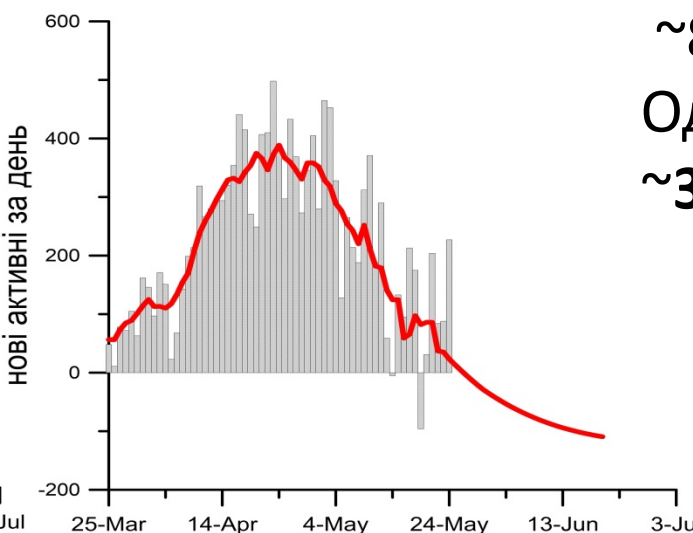
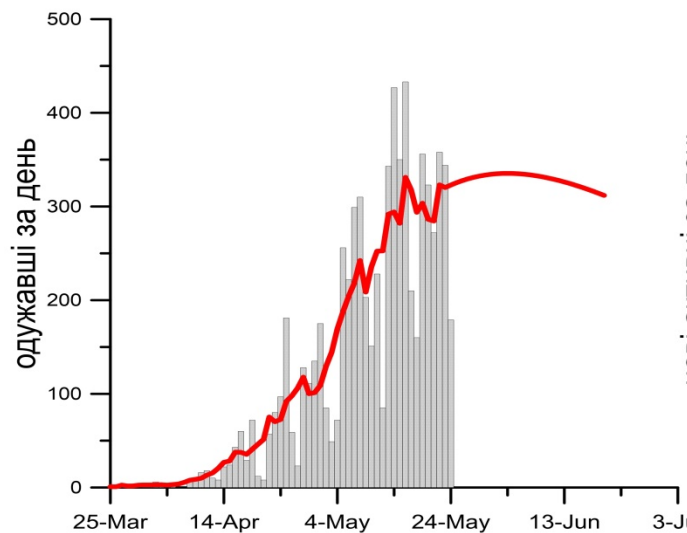
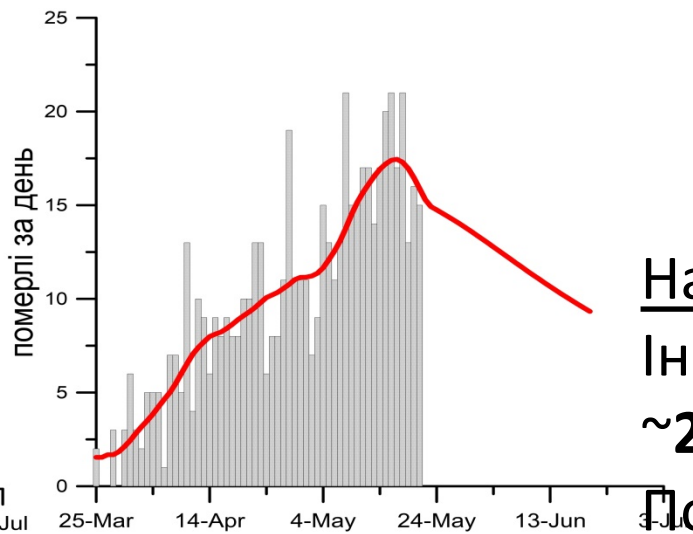
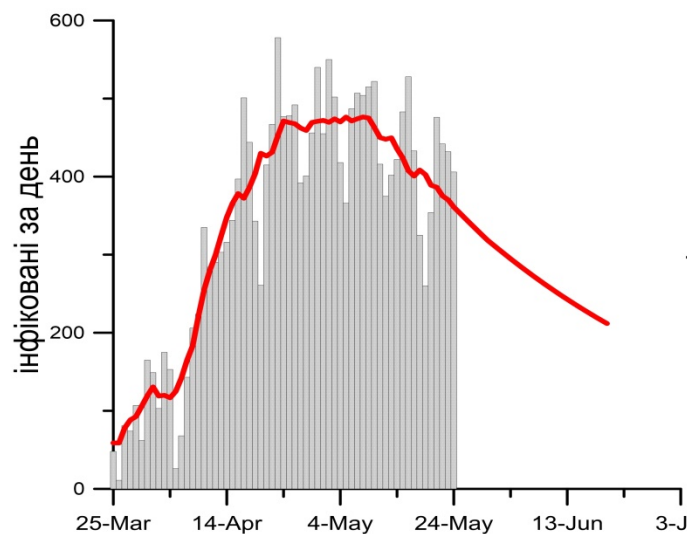


Суттєве зменшення індексу мобільності та відповідного репродуктивного числа почалася з **20.04**. Сценарій запізнення обмежень моделювався як початок впровадження карантину з запізненням на тиждень - з **27.04**.

Порівняння розрахунків за сценаріями **K27.04** і **K20.04** на 25 травня:

- нових інфікованих **1200** і **400** (було б збільшення у 3 рази)
- загальна кількість інфікованих **50 000** (було б збільшення у 2.5рази)
- загальна кількість померлих близько **1200** (було б збільшення у 2.5рази)

Прогноз для України станом на 24.05.2020 при сценарії збереження поточного рівня контактності.



На 25 червня:

Інфікованих:

~200/день.

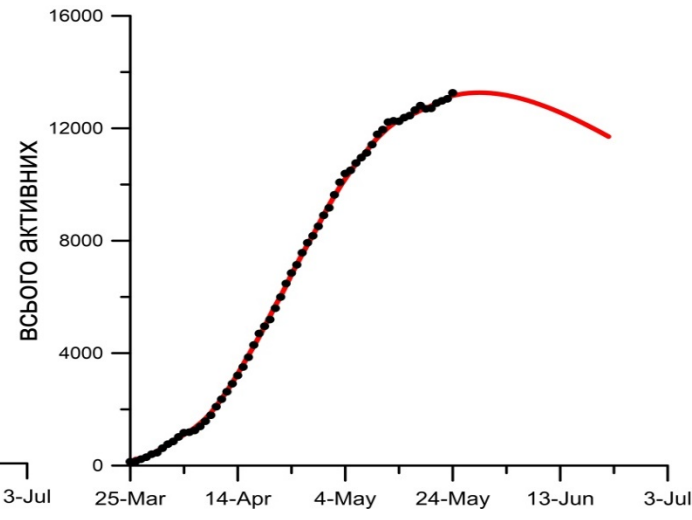
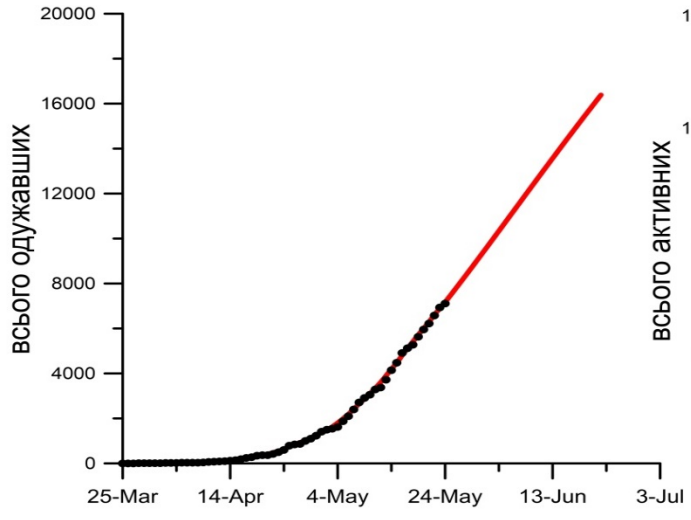
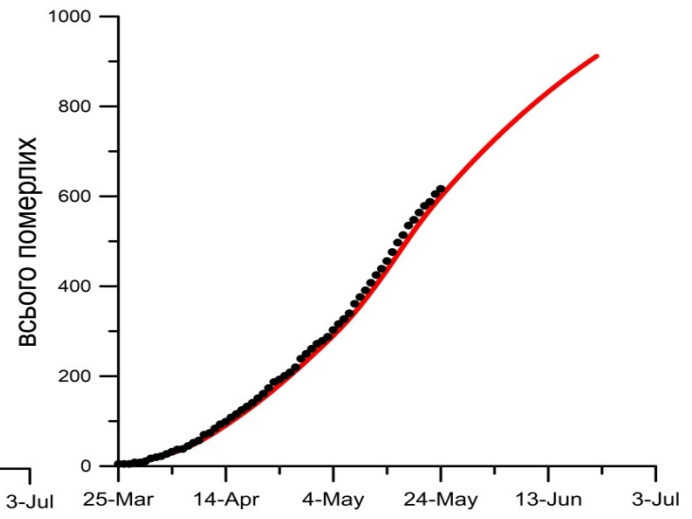
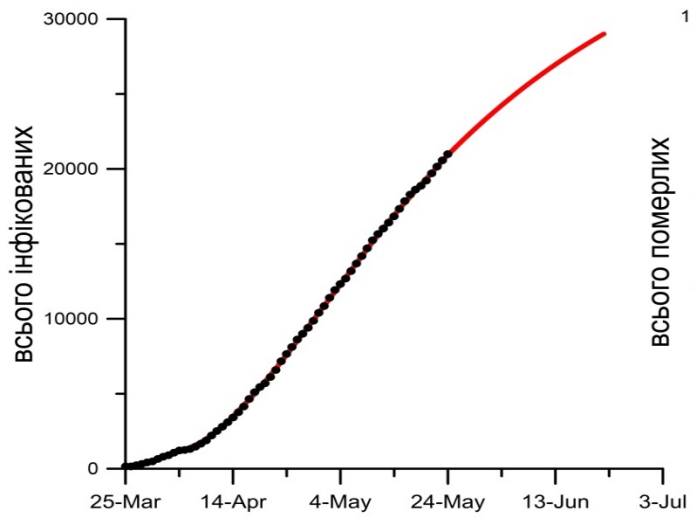
Померлих:

~8/день

Одужавших:

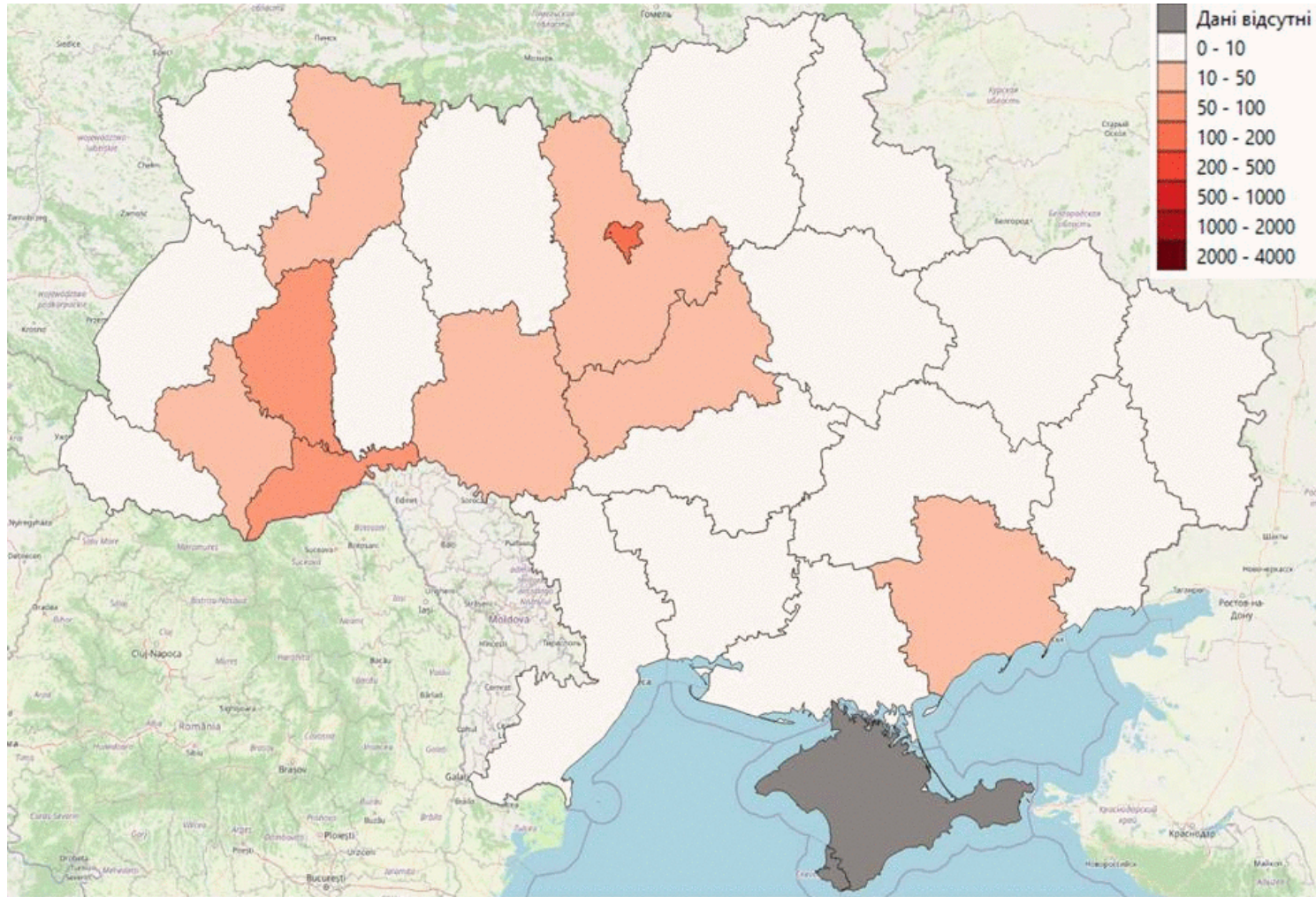
~300/день

Прогноз для України від 24.05 при сценарії збереження поточного рівня контактності. Загальна кількість випадків



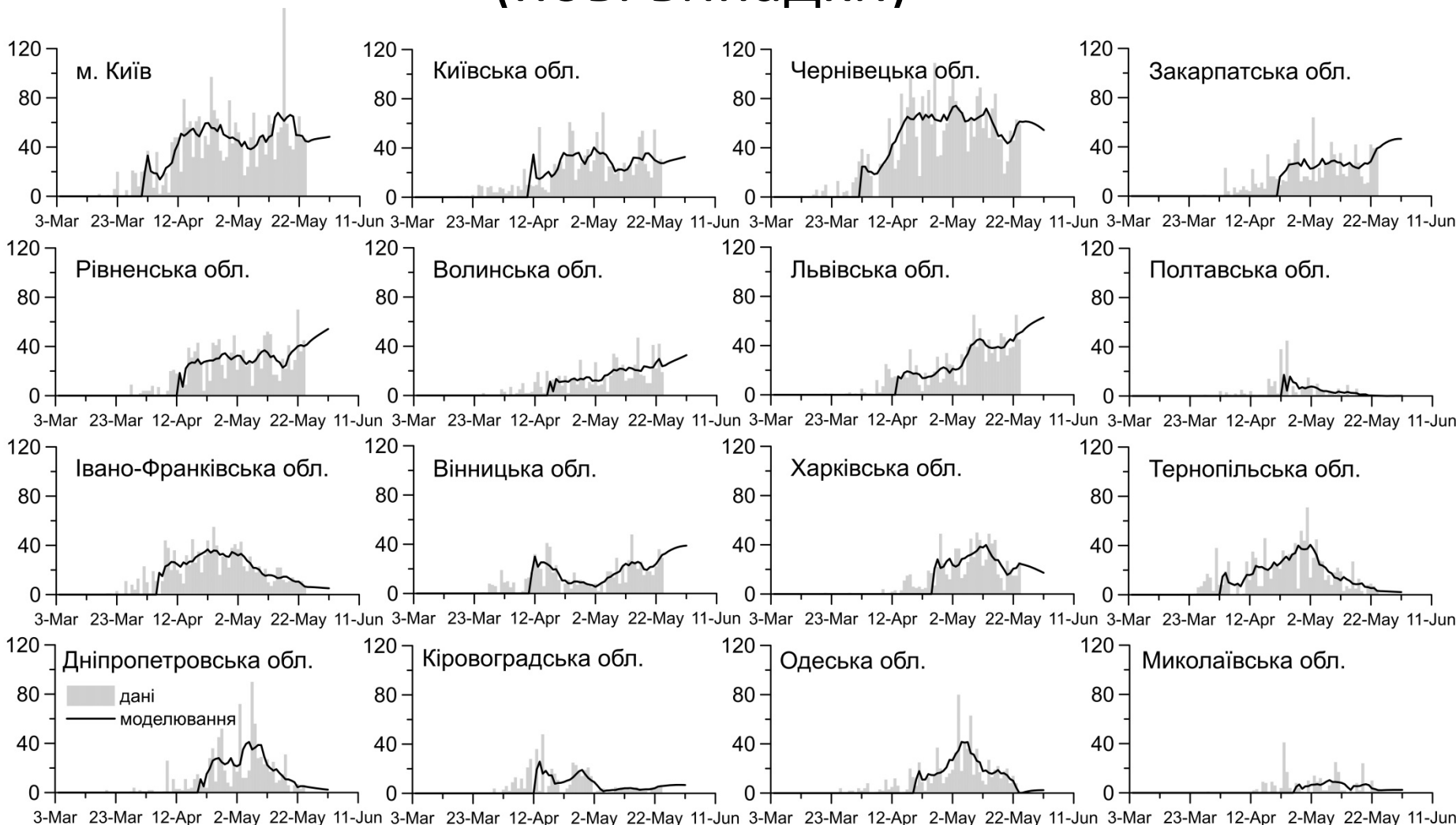
На 25 червня:
Інфікованих **~29тис.**
Померлих **~950**
Одужавших **~17тис**
Активних
інфікованих – **~12тис**

Динаміка розвитку епідемії в регіонах України



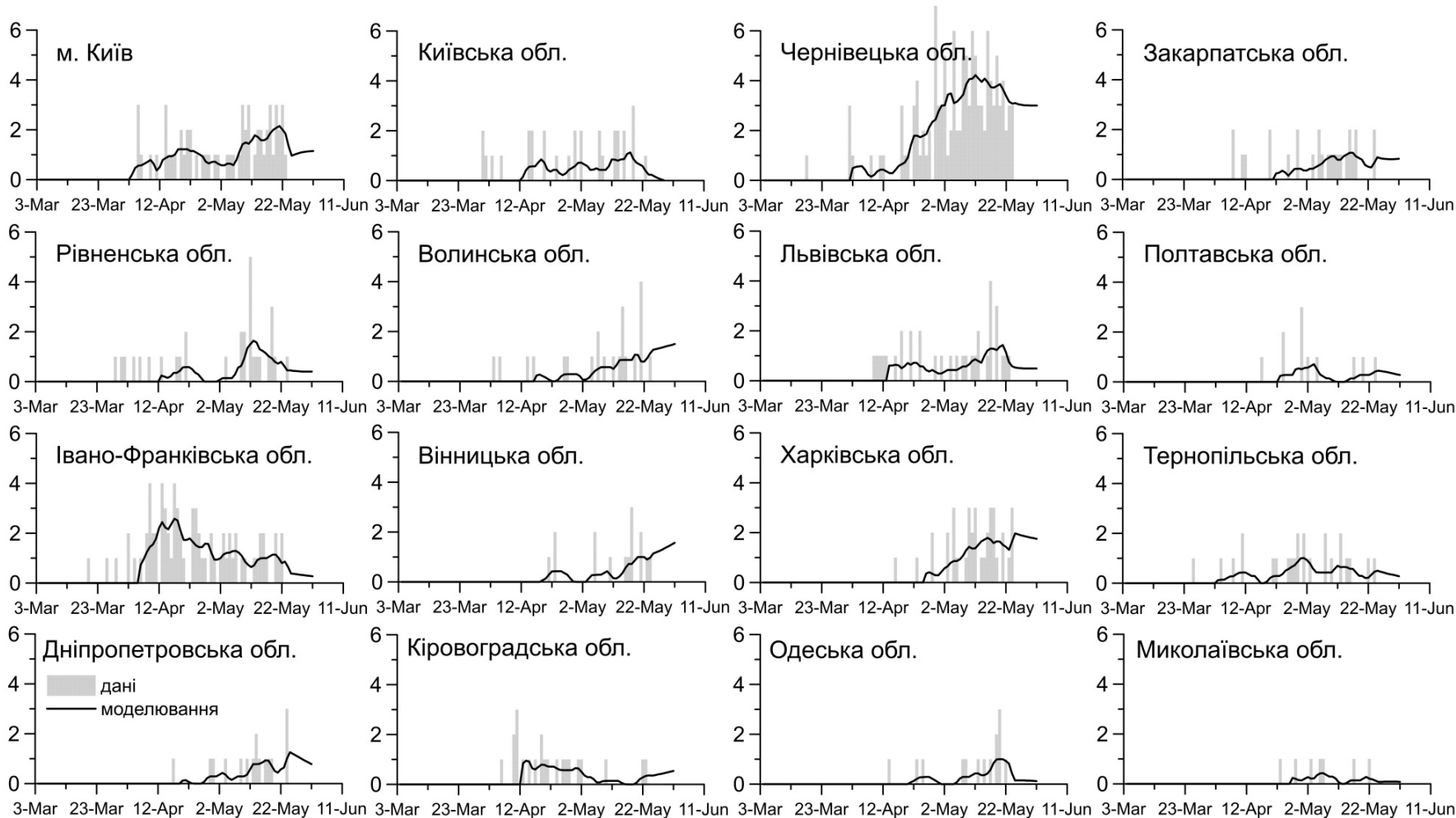
Загальна кількість випадків, 1 квітня.

Налаштування моделі на області України (нові випадки)

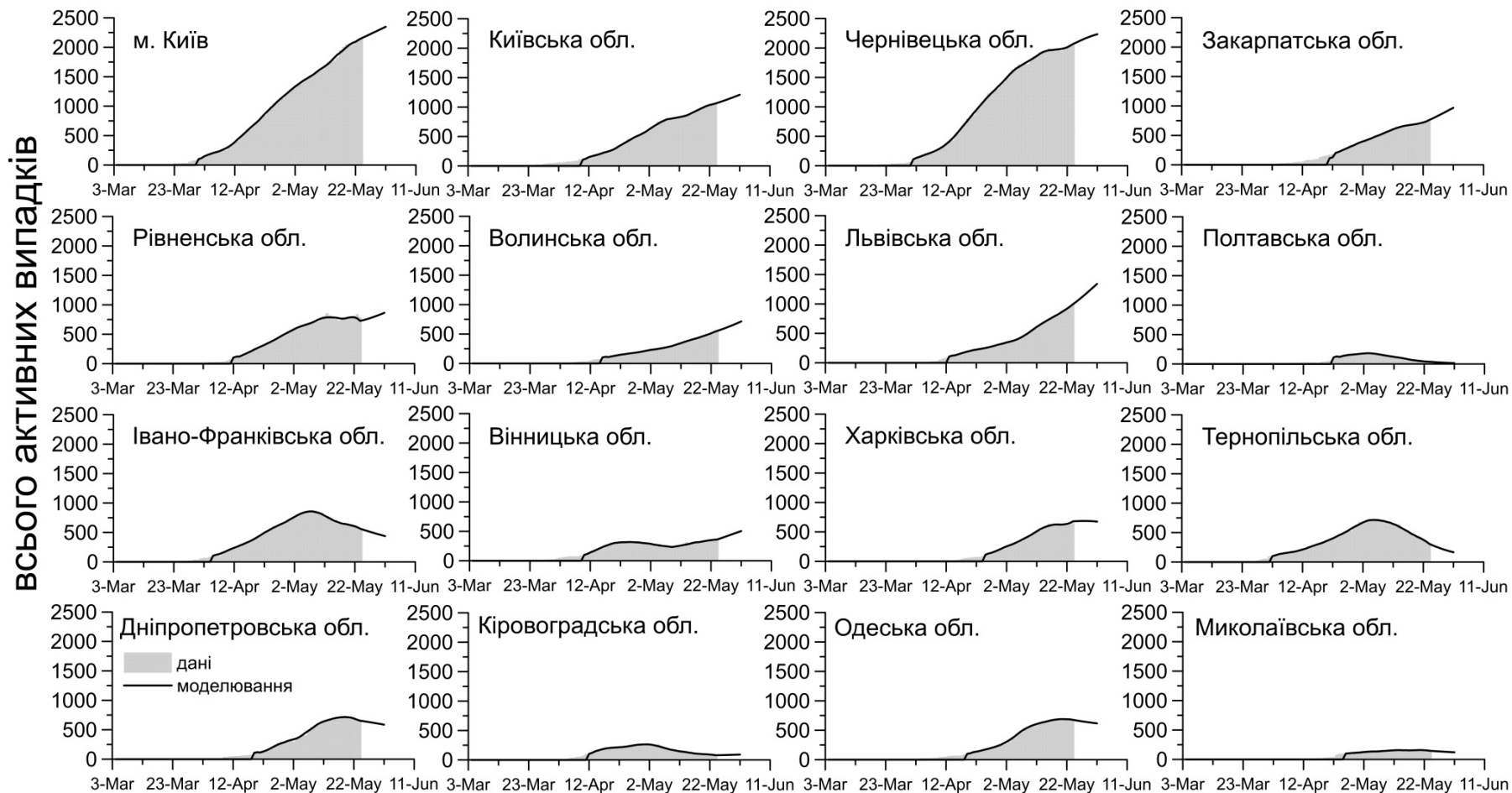


Налаштування моделі на області України (нові смертельні випадки)

нові смерті за день



Налаштування моделі на області України (активні випадки)



Числові показники розвитку епідемії для регіонів України

Область	R0	CFR	Інцидентність	Область	R0	CFR	Інцидентність
Чернівецька	0.76	0.042	34.3042	Харківська	0.65	0.0401	4.2914
Рівненська	1.15	0.022	23.0696	Тернопільська	0.46	0.0216	3.4312
Волинська	0.99	0.0298	14.7545	Одеська	1.18	0.0507	3.4087
Закарпатська	0.83	0.0235	12.7213	Кіровоградська	0.51	0.0165	2.6853
Львівська	1.07	0.0284	12.0993	Миколаївська	0.86	0.0189	2.1158
Київ	0.88	0.0219	11.7874	Запорізька	0.33	0.0249	1.7747
Київська	0.86	0.0208	11.1014	Дніпропетровська	0.5	0.0296	1.5619
Вінницька	0.92	0.0165	9.4385	Херсонська	0.52	0.01	0.6781
Хмельницька	1.16	0.0258	7.3453	Донецька	1.7	0.025	0.6403
Україна	0.85	0.0291	6.5116	Сумська	0.29	0.0419	0.2143
Івано-Франківська,	0.99	0.0562	6.2435	Полтавська	0.14	0.0241	0.2038
Житомирська	1.08	0.0214	5.9833				

R0

-коефіцієнт репродукції

CFR

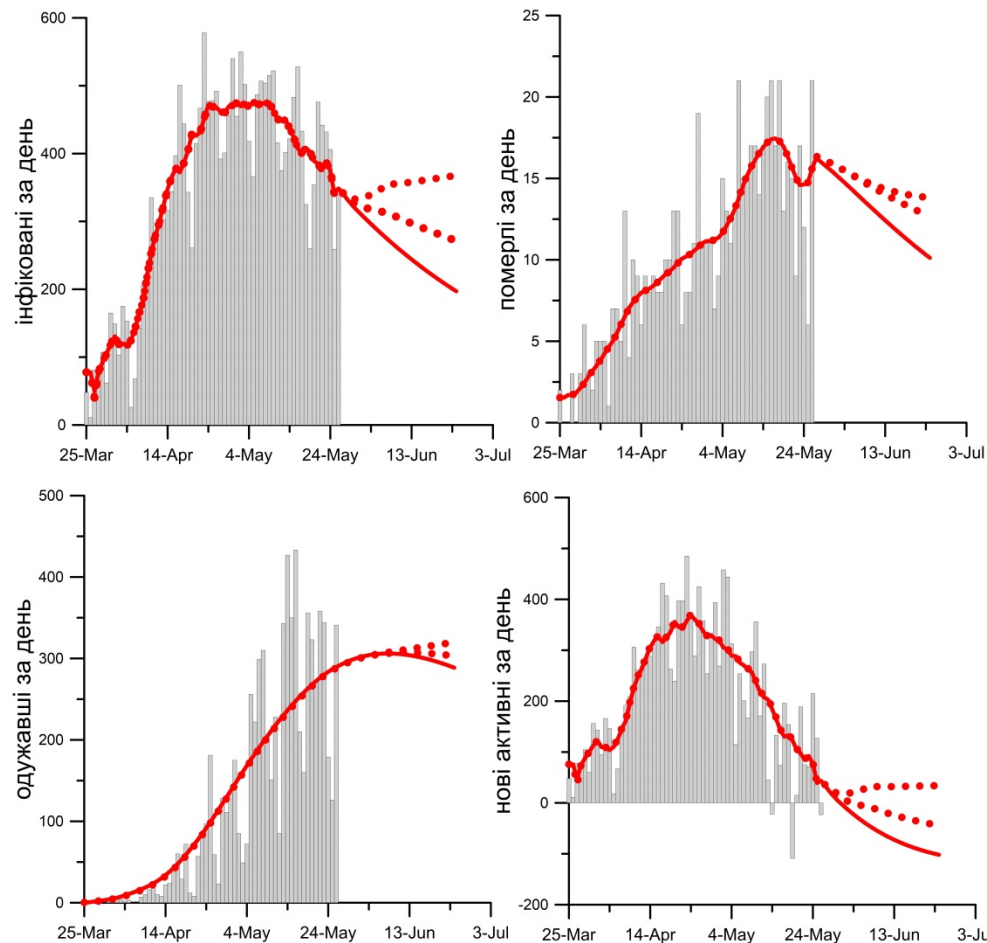
-середній коефіцієнт летальності

Інцидентність

-кількість нових випадків за тиждень на 100тис. населення

Модельна оцінка розвитку епідемії у червні 2020

Розрахунок з 26.05 2020



На 26.05:

середній рівень нових інфікованих **350/день**

Середня кількість померлих **15/день**

Середня кількість одужуючих **300/день**

Стійка тенденція до зниження протягом 2-х тижнів

При збереженні поточних тенденцій,
на кінець червня (**оптимістичний сценарій**):

середній к-сть нових інфікованих 200/день

Середня кількість померлих 10/день

Середня кількість одужуючих 250/день

Загальна кількість інфікованих 29тис.

Загальна кількість померлих 950

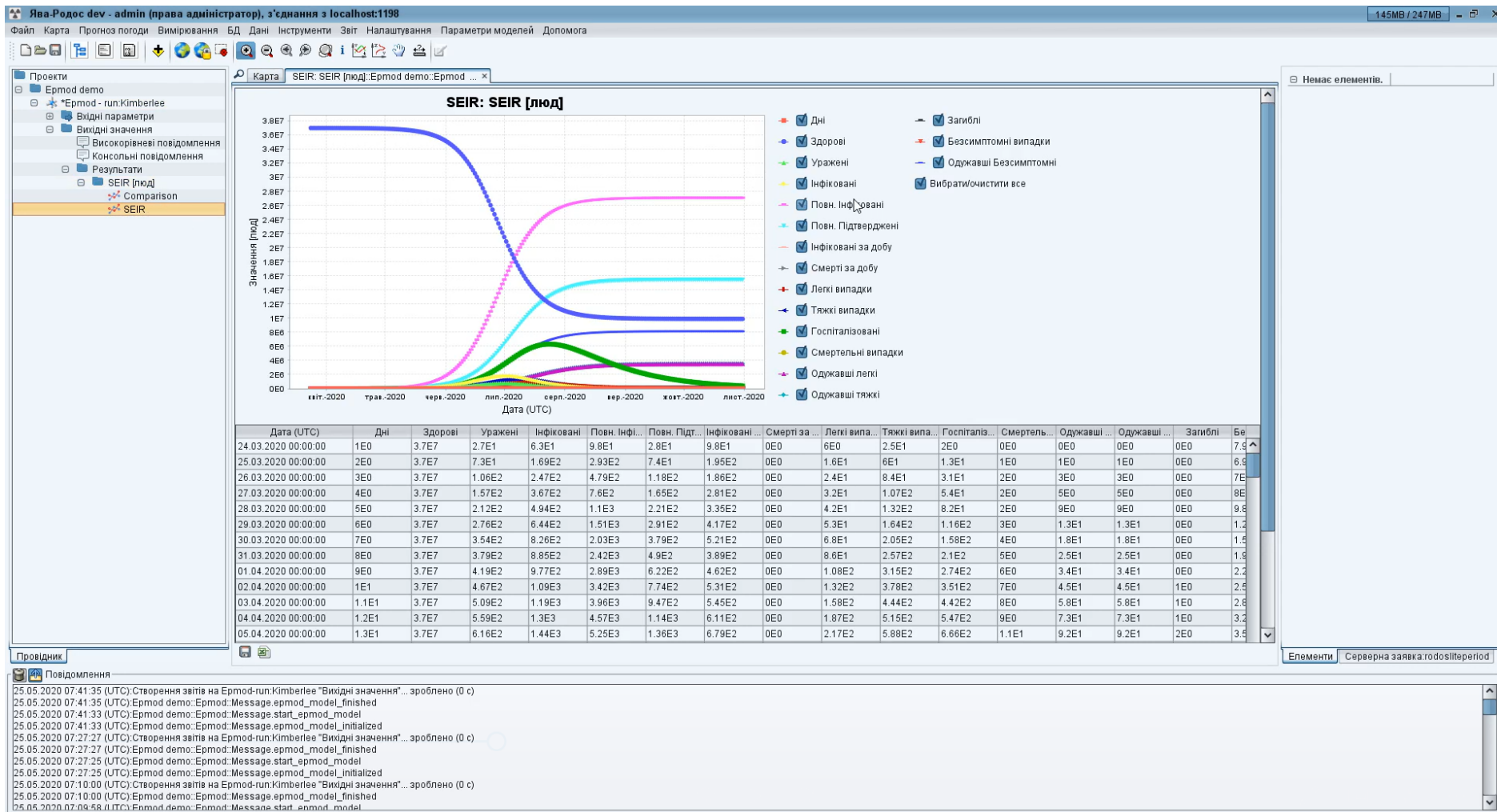
Песимістичний сценарій (повернення до фази плато або до незначного зростання)

Загальна кількість інфікованих на кінець червня **33тис.**

Загальна кількість померлих **1100**

Штрихованою кривою показано сценарій збільшення коефіцієнту інтенсивності розповсюдження інфекцій (репродукції) за рахунок зняття карантину на 10% і 20% від поточного стану

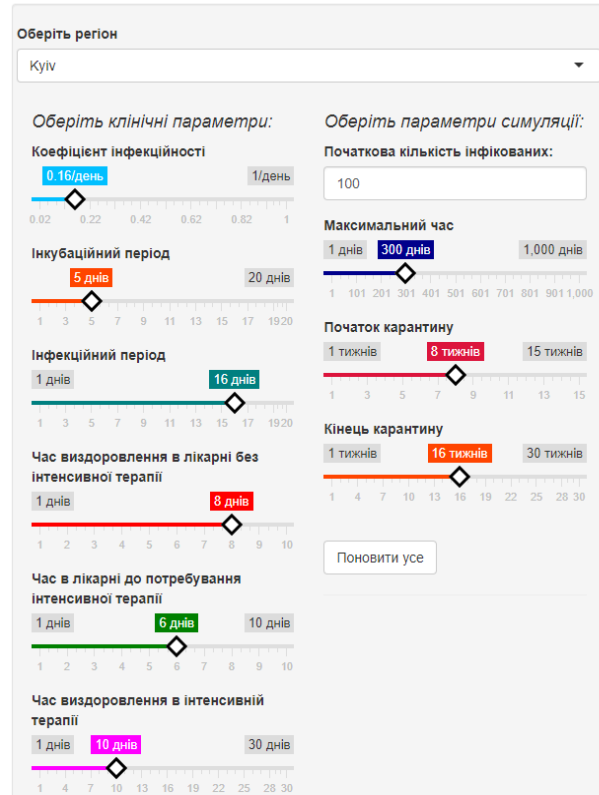
Графічний інтерфейс користувача (відображення результатів)



Розробка математичної моделі з урахуванням неоднорідності населення і розподілом по віковим групам з University of Sussex

Інтерактивний додаток для аналізу динаміки COVID-19 та карантин в Україні

Disclaimer: This simulation tool is for **research and educational purposes only**. It is not intended to be used for decision-making due to many uncertainties concerning the details of COVID-19 infection and transmission, as well as model limitations. This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International \(CC BY-SA 4.0\) License](#)



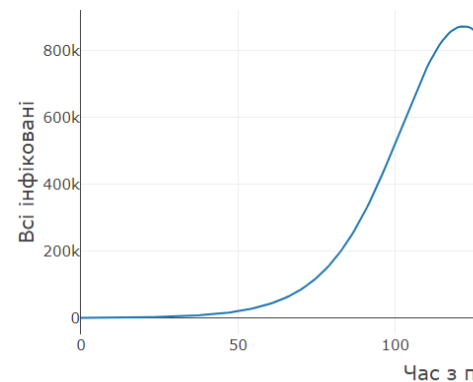
Output: Розповсюдження Карантин Модель Автори

Базова динаміка COVID-19

This is a simulation of a COVID-19 epidemic in a single region **without any** by values on the sliders). For baseline values of parameters, that involves s

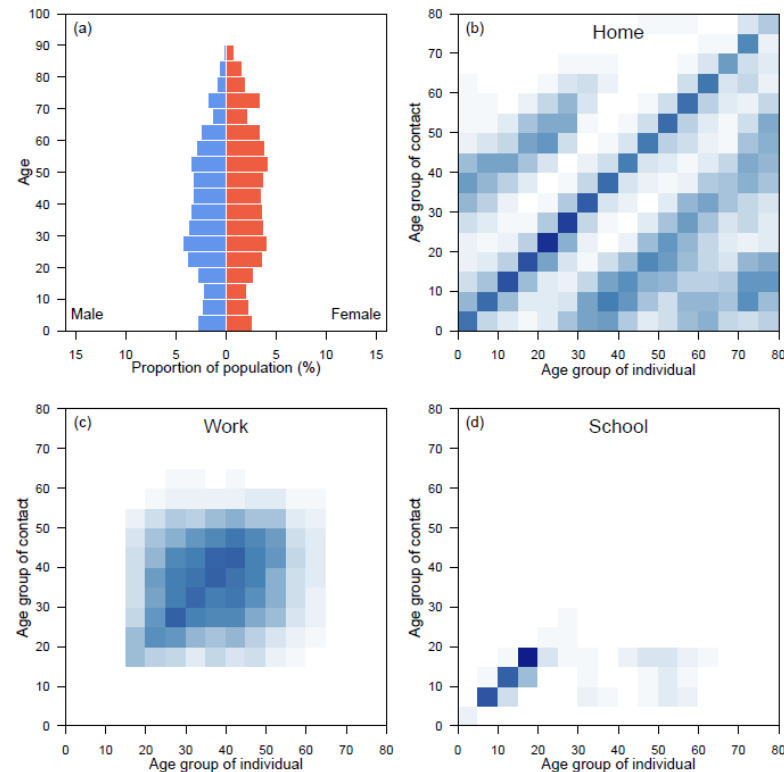
Оберть змінну для побудови:

Всі інфіковані (E + A + all I)



User instructions: The graph shows the expected numbers of individuals c dead over time, as well as age distribution of deaths. Infected individuals fir: infectious, and then move into an infectious stage classified by the clinical s model is provided in the Model Description tab. The region, initial condition,

Ukraine



Матриці контактів вікових груп

Висновки

- Модель продемонструвала здатність ефективно прогнозувати основні характеристики для України в цілому
- Порівняння статистичних даних України з даними інших країн і результати моделювання підтвердили вчасність впровадження карантину в Україні
- Україна в цілому демонструє позитивну динаміку, що дозволяє обережно пом'якшувати обмеження
- Різні регіони демонструють різну динаміку, тому врахування зміни обмежувальних заходів доцільно робити для кожного регіону окремо
- Моделююча система здатна оцінювати і передбачати показники в конкретних регіонах і буде допомагати в прийнятті рішень і плануванні послаблення чи посилення обмежувальних заходів при більш тісній взаємодії з відповідними державними і регіональними адміністративними органами

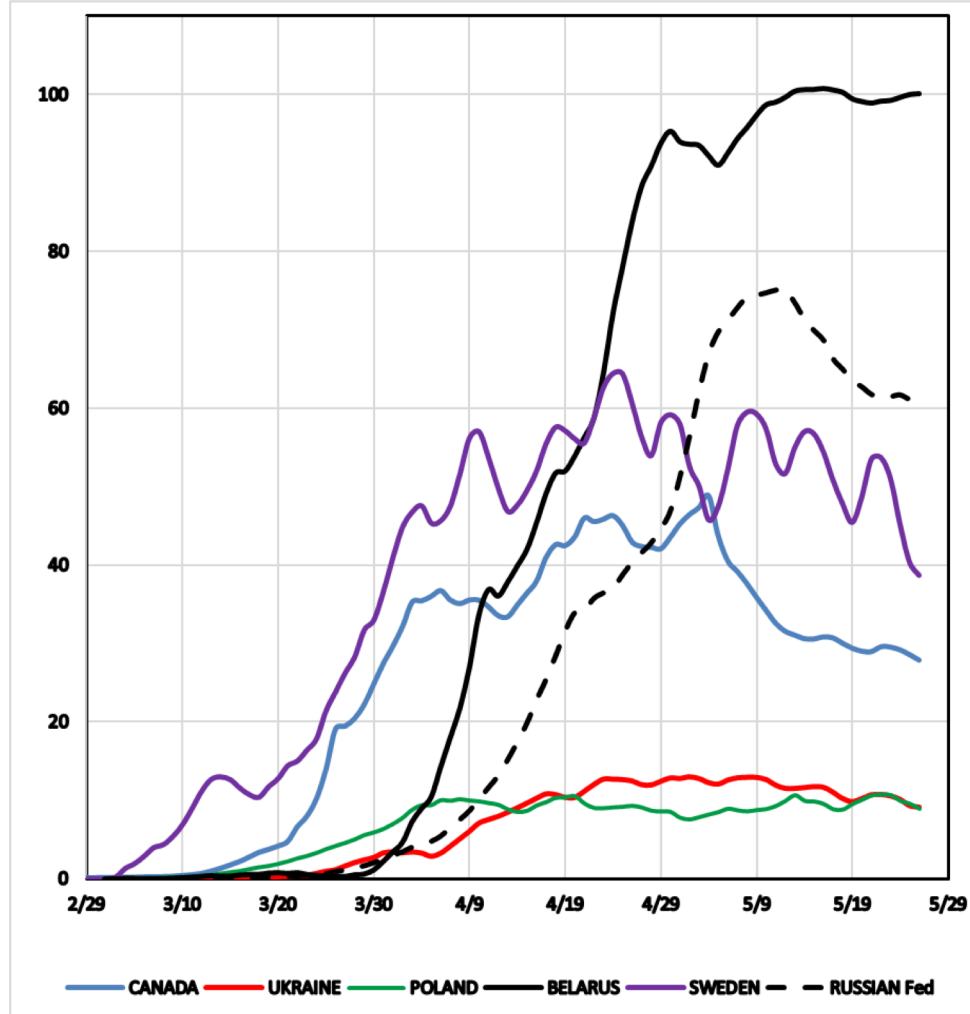
Особливості і можливості моделі SEIR-U (Переваги над data-driven моделями)

- Моделювання карантинних заходів шляхом зміни в часі коефіцієнту заразності R_0 (Reproduction number).
- Моделювання притоку інфікованого населення
- Розділяти складність хвороби на різні варіанти перебігу
- Оцінювати кількість безсимптомних хворих
- Обчислювати кількість хворих, що потребують госпіталізації
- Гнучка структура, можливість оперативного підлаштування під нову інформацію

Шляхи розвинення моделі:

- Матриці контактів, розподіл по віковим групам, по регіонам. Стохастичні параметри (CMMID, Imperial College)

Вплив ступеню впровадження карантину на число нових інфікованих в день віднесених до 1 млн населення в Україні та інших країнах



За цим показником Республіка Білорусь значно перевищує сусідні країни. У Швеції з «м'якими» карантинними заходами і відповідно значно меншим зменшеннями мобільності населення, ніж в Польщі і в Україні, кількість інфікованих на день у п'ять разів більша, ніж в Україні і Польщі.

Оптимізація параметрів моделі з урахуванням нових даних

Алгоритм оптимізації:

1. Період інкубації оцінюється по первинним даним ЦГЗ.
2. По загальній кількості випадків та періоду інкубації оптимізується коефіцієнт репродукції
3. По кількості смертей оптимізується коефіцієнт летальності
4. По кількості одужавших оптимізується період одужання та госпіталізації
5. Прогноз робиться з постійними коефіцієнтами моделі

