

Міністерство освіти та науки України  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
Географічний факультет  
Кафедра геодезії та картографії

На правах рукопису

УДК 528: 946

**Картографування поширення інфекційних хвороб на  
прикладі розповсюдження SARS-CoV та SARS-CoV-2 в  
світі**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Галузь знань 10 – «Природничі науки»

Спеціальність – «Науки про Землю»

Освітня програма – «Картографія»

Випускна кваліфікаційна робота магістра  
студента 2 курсу магістратури  
Мойсеєнка Олександра Романовича

Науковий керівник –  
Професор, доктор географічних наук  
Даценко Людмила Миколаївна

Допущено до захисту:

Протокол засідання кафедри № \_\_ від " \_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

Завідувач кафедри

проф. Даценко Л.М.

Київ - 2021

## ЗМІСТ

<b>РЕФЕРАТ</b> .....	<b>3</b>
<b>ВСТУП</b> .....	<b>4</b>
<b>Розділ 1: Теоретичні основи медичної географії</b> .....	<b>7</b>
<b>1.1 Становлення та історія розвитку медичної географії</b> .....	<b>7</b>
<b>1.1.1 Формування уявлення про взаємозв'язок хвороб з навколишнім середовищем</b> .....	<b>7</b>
<b>1.1.2.Основоположники медичної географії</b> .....	<b>11</b>
<b>1.2 Концепція медико-географічного картографування</b> .....	<b>17</b>
<b>1.3 Медико-географічні карти, їхнє призначення і класифікація</b> .....	<b>21</b>
<b>Розділ 2: Поширення інфекційних хвороб в географічному просторі</b> ..	<b>28</b>
<b>2.1. Використання картографічного методу досліджень в медико-географічних картах розповсюдження інфекційних хвороб</b> .....	<b>28</b>
<b>2.2. Картографування дифузійних процесів поширення інфекційних хвороб</b> .....	<b>38</b>
<b>2.3 Моделювання поширення інфекційних хвороб</b> .....	<b>43</b>
<b>3. Епідемії SARS-CoV та SARS-CoV-2 в контексті медико-географічного картографування</b> .....	<b>48</b>
<b>3.1 Описовий огляд медико-географічного картографування SARS-CoV в Інтернеті</b> .....	<b>48</b>
<b>3.2.Картографування епідемій та пандемій на прикладі SARS-CoV-2</b> .....	<b>59</b>
<b>3.3. Використання веб-карт для передачі інформації про розповсюдження COVID-19</b> .....	<b>67</b>
<b>3.4. Створення карт розповсюдження, летальності та вакцинації від SARS-CoV та SARS-CoV-2</b> .....	<b>72</b>
<b>ВИСНОВОК</b> .....	<b>80</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	<b>83</b>
<b>ДОДАТКИ</b> .....	<b>87</b>

## РЕФЕРАТ

В ході дослідження було визначено роль медичної географії та медико-географічного картографування в процесі вивчення географічного поширення інфекційних хвороб, зокрема SARS-CoV та SARS-CoV 2.

Визначено прийоми та способи медико-географічного картографування, а також їх роль в процесах передачі географічного поширення хвороб.

Вивчено шлях становлення медичної географії та медико-географічного картографування та їх роль в процесі інформування суспільства щодо епідеміологічної ситуації в різні історичні періоди.

Проаналізовано роль ряду медико-географічних картографічних творів, що передають стан епідеміологічної ситуації на тій чи іншій території.

Встановлено особливості передачі епідеміологічної ситуації інфекційних хвороб на медико-географічних картах.

Визначено роль картографічного методу досліджень в процесі аналізу просторово-часових аспектів розповсюдження інфекційних хвороб.

Визначено роль медико-географічних карт в процесі інформування суспільства щодо поточної епідеміологічної ситуації.

Створено чотири карти щодо кількості заражень летальності та вакцинування населення щодо епідемій SARS-CoV та SARS-CoV-2.

**Ключові слова:** медична географія, медико-географічне картографування, інфекційні хвороби, SARS-CoV, SARS-CoV-2, COVID-19, медико-географічні карти, епідемія, пандемія.

## ВСТУП

Без картографічного методу просто немислимо будь-яке географічне дослідження. У медичній географії він зародився одночасно з виникненням самої наукової дисципліни.

Медико-географічне картографування в своєму розвитку пройшло декілька етапів поки не набуло системного характеру. Шлях від картографування від окремих об'єктів до картографування пов'язаних між собою елементів геосистем був пройдений за кілька століть. Нині в якості об'єкта медико географічного картографування виступають ті елементи геосистем, які визначають середовище проживання населення і її вплив на індивідуальне і загального здоров'я. Що стосується предмета медико-географічного картографування, то він все в більшій мірі узгоджується з територіальною організацією медико-ресурсного потенціалу середовища проживання, формує здоров'я населення.

Причому названий потенціал складають не тільки природні, а й матеріально технічні ресурси. Якщо перші представлені дарами природи, то другі результат праці в сфері охорони здоров'я і медичних послуг.

Споживачем медико-географічних ресурсів є населення (соціум), розглядається в даному контексті як територіальна спільність людей з присутніми їй особливостями проживання і всіх видів життєдіяльності, з визначений ним якістю життя. При цьому основними індикаторами якості життя виступають показники стану здоров'я населення та розвитку сфери охорони здоров'я.

За останні кілька десятиліть безліч інфраструктурних та екологічних змін, пов'язаних із зростанням населення, міграцією людей та економічним розвитком, спричинили появу та повторне виникнення багатьох інфекційних захворювань у всьому світі. Захворюваність та смертність, пов'язані з цими захворюваннями, в свою чергу призвели до посилення та відновлення необхідності для кращого розуміння етіології, епідеміології, профілактики та контролю цих хвороб з метою покращення стану здоров'я та добробуту.

Останнім сильним ударом для людства стала поява нового вірусу SARS-CoV-2, що за кілька місяців поширився по всій планеті та завдав великої шкоди на всіх рівнях життєдіяльності. Для того щоб краще зрозуміти географічні аспекти його поширення, потрібно проводити масштабні медико-географічні дослідження, що без залучення картографії, звичайно ж, неможливо. Також для більш загального розуміння принципів його поширення, потрібно поглянути на інші випадки розповсюдження інфекційних хвороб, зокрема на епідемію його «брата-близнюка» SARS-CoV в 2002 – 2003 роках

**Об'єкт дослідження** – медична географія, її роль в процесі запобігання розповсюдженню інфекційних хвороб SARS-CoV та SARS-CoV-2.

**Мета дослідження** – визначити роль медико-географічного картографування в умовах розповсюдження інфекційних хвороб. Створити карти розповсюдження SARS-CoV та SARS-CoV-2.

**Предметом дослідження** є особливості створення та використання медико-географічних карт поширення інфекційних хвороб.

**Актуальність дослідження** полягає в посиленій необхідності вивчати умови географічного розповсюдження інфекційних хвороб в нинішніх реаліях розповсюдження пандемії SARS-CoV-2 в світі.

**Завдання дослідження:**

- Визначити роль медико-географічного картографування в процесах передачі географічного поширення інфекційних хвороб;
- вивчити теоретико-методологічні аспекти картографування епідемій та пандемій;
- проаналізувати особливості використання медико-географічних карт поширення інфекційних хвороб;
- визначити роль медичної географії в процесі запобігання розповсюдженню хвороб;
- вивчити шлях становлення медичної географії та медико-географічного картографування в процесах моделювання поширення інфекційних хвороб.

- визначити роль картографічного методу досліджень в медико-географічних картах розповсюдження інфекційних хвороб;
- визначити роль медико-географічних карт в процесі інформування населення про поточну епідеміологічну ситуацію;
- Створити карти кількості заражень, летальності та вакцинування населення щодо епідемій SARS-CoV та SARS-CoV-2.

**Методи дослідження:** картографічний, порівняльно-географічний, проблемно-хронологічний, історико-системний (історико-науковий), історико-географічний, системний, аналізу і синтезу, систематизація, логічного узагальнення, математичний, статистичний, аналітичний та інші.

## **Розділ 1: Теоретичні основи медичної географії**

### **1.1 Становлення та історія розвитку медичної географії**

#### **1.1.1 Формування уявлення про взаємозв'язок хвороб з навколишнім середовищем**

*Медична географія – це галузь науки, що сформувалася на межі медицини та географії і вивчає вплив природних умов та соціально-економічних факторів на здоров'я населення. Також вона досліджує закономірності поширення хвороб населення (нозоареали) у зв'язку з природними умовами" [27]*

Погляди на об'єкт дослідження медичної географії різняться, в одних науковців ним виступає медична сфера суспільства, яка охоплює людину, стан її здоров'я та середовище її проживання в рамках конкретних геопросторово-часових координат, в інших - вважаються територіальні системи захворюваності (ТСЗ), функціонування яких призводить до виникнення хвороб у населення. [27]

**Предмет медичної географії** – просторові і часові закономірності функціонування ТСЗ, взаємозв'язок і співвідношення між окремими її компонентами. [27]

За два десятиліття, що передували початку нового тисячоліття, географія як дисципліна стала свідком інноваційної революції, яка повністю змінила традиційні межі цієї галузі. Спираючись на свої засади та враховуючи нові ідеї та перспективи, спричинені технологічним бумом кінця 1980-х років, географія розширилася до більш надійної, визнаної, уніфікованої та диверсифікованої наукової дисципліни [4]. Географи все частіше застосовують нові концепції та методи дослідження, щоб підійти до більш складних просторових питань.(NRC, 1997).

Однією з найбільш швидкозростаючих галузей географії є *медична географія – наука про вивчення та застосування географічних концепцій і методів до проблем, пов'язаних зі здоров'ям людини* [41]. Подібно до своєї основної галузі, за останні кілька десятиліть медична географія зазнала значних змін у своїй ідеології, методології та своєму підході до вирішення наукових питань. Мета медичної географії, реалізація географічних концепцій і методів вивчення здоров'я та хвороб, залишається незмінною й донині. Однак сама наука «значно зросла», інтегруючи нові принципи соціальних, фізичних та біологічних наук, а також враховуючи останні технологічні розробки в обчислювальній потужності. Все частіше вчені-медики звертаються за допомогою до географів, тоді як географи проводять дослідження у сфері охорони здоров'я. [4]

Застосування географічних концепцій у медицині значно збагатило уявлення вчених про навколишній світ: зв'язок подій з їх географічним положенням часто може дати підказки про причини цих подій [5]. У медицині створення моделей розподілу багатьох захворювань призвело до кращого розуміння їх епідеміології та, врешті-решт, контролю над ними.

Об'єднання медицини та географії датується ще тим часом, коли люди вперше зрозуміли, що їх здоров'я пов'язане із середовищем, в якому вони живуть. Хоча немає конкретної дати для цього усвідомлення, ймовірно, що люди з давніш часів пов'язували стан свого здоров'я з навколишнім середовищем. Насправді саме ідентифікація властивостей цих середовищ дозволила сучасній медицині перейти від простих теорій походження міазматичної хвороби до таких складних відкриттів, як ідентифікація специфічних лігандів та рецепторів клітин-господарів, що дозволяють потрапляти вірусу імунодефіциту людини (ВІЛ) в лімфоцити. [1]

Хоча сьогодні ми можемо сприймати як належне сучасну медицину, шлях до поліпшення здоров'я людини за допомогою наукових досліджень був дуже непростим та довгим. Саме давньогрецький лікар Гіппократ вперше офіційно описав і задокументував 400 р. до н.е. те, що, на його думку, було

чітко вираженим взаємозв'язком між людською культурою, хворобами та навколишнім середовищем. Це усвідомлення заклало початок сучасної медицини. [25]

Відкриття "теорії зародків" на початку ХІХ століття було настільки важливим, що дозволило лікарям і вченим того часу увійти в новий світ медичних досліджень, що повинні були докорінно змінити всю медицину. Це відкриття супроводжувалося двома взаємопов'язаними подіями, які спричинили нову хвилю відкриттів, які згодом призвели до розвитку того, що ми сьогодні знаємо як галузі медичної географії. Першою подією стало зовнішнє розширення європейських держав за допомогою колонізації та міграції, що відправляли корабель за кораблем у раніше «відкриті» куточки земної кулі. Другою подією, яка певним чином є похідною першої, було розповсюдження, нових форм хвороб як у «новий», так і в «старий» світ. Результатом цих двох подій був помітний виклик здоров'ю людей: хвороби, що потрапляли в країни Європи з їх колоній, масовими епідемічними хвилями спустошували населення і хвороби, з якими колоністи стикалися на нових землях гальмували колонізацію, а отже, зростання європейської. Реакцією на цю проблему була розпочата «всебічна атака» на ці дивні хвороби, щоб визначити, що це за хвороби, як вони поширюються, які є засоби боротьби з ними [12].

Саме завдяки захопленню так званою «імперською медициною» розвивалася галузь медичної географії [29]. На відміну від сьогоднішнього дня, основні зусилля з розвитку медичної географії на межі ХІХ були прикладені лікарями, а не географами. Ці лікарі, занепокоєні появою та повторним виникненням таких епідемічних захворювань, як холера (яка на початку ХІХ століття поширилася з Індії в Європу серією пандемій), розпочали цілу серію медичних досліджень, котрі ґрунтовно пов'язувалися з географічним положенням. Одним з найперших творів цієї епохи була карта глобального розподілу хвороб, виготовлена пруським лікарем Л.Л.Фінке в 1792 р.[36] Слідом за роботою доктора Фінке вийшла публікація

американського лікаря Даніеля Дрейка «Основні хвороби Північної Америки» в 1850 році, перший опис виникнення хвороб у Північній Америці, що базується на їх географічній прив'язці. У 1859 р. Німецький лікар Август Гірш опублікував свій двотомник «Довідник з історико-географічної патології» - монументальну спробу описати поширення хвороб у світі [43]. Однак ключовий момент у медичній географії настав у 1854 р., Коли відомий англійський лікар Джон Сноу виступив з ідеєю, що екологічні явища можуть бути з подіями, що пов'язані зі здоров'ям, співвідносячи випадки холери з водопровідними структурами в Лондоні за допомогою карт [43]. Сноу просто застосовував концепції медичної географії для контролю захворювання на основі результатів просторового аналізу. Оскільки його робота вперше показала, що географія може відігравати головну, а не допоміжну роль у поясненні багатьох захворювань, він вважається батьком сучасної медичної географії.

Медична географія була вперше визнана формалізованою академічною піддисципліною географії в 1952 році, коли Комісія з медичної географії (екології) охорони здоров'я та хвороб дала свій перший звіт Міжнародному географічному союзу. Цей звіт з'явився лише за кілька років до того, як Жак Мей, батько екології хвороб, опублікував книгу «Екологія людських хвороб» (1958), концепція якої полягала в тому, щоб перетворити екологію хвороби на фундаментальне ядро медичної географії. [28] Також у 1950-х роках у цій галузі почала спостерігатися зміна парадигми від традиційного уявлення про те, що медична географія була зосереджена на розумінні просторового розподілу хвороби до більш широкого уявлення про те, що вона повинна включати спектр підходів до розуміння взаємозв'язку між простором та ширшою ідеєю здоров'я та добробуту [43]. Цей зсув відбувся майже через десять років після того, як Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) перевизначила концепцію здоров'я, включаючи не тільки відсутність хвороб, але і стан повного фізичного, психічного та соціального благополуччя. Цей ідеологічний зсув кардинально змінив фокус медичної географії, включивши

як екологію хвороб, так і надання медичних послуг, використовуючи як методику картографування захворювань та просторовий аналіз [18]. На сьогоднішній день медична географія є однією з найбільш швидкозростаючих піддисциплін географії, і вдосконалення технологій обіцяють і надалі впливати на цю галузь.

### **1.1.2.Основоположники медичної географії**

По своїй суті медична географія являється наукою, що узагальнює результати спостережень про зв'язок між умовами проживання людини і станом їх здоров'я. Перші результати таких досліджень з'явилися на перших етапах становлення історичного товариства, але зачатки таких досліджень виникали ще в античності та середньовіччі.

Безумовно, на протязі всієї історії формування людської цивілізації з'являлися люди, намагалися зрозуміти взаємозв'язок географії та медицини, але в історії залишились лише деякі імена. Починаючи з XVII ст. медична географія стала розвиватися як наука про вивчення впливу природних і соціальних умов на здоров'я населення. [43]

Золотим часом медичної географії можна вважати другу половину XIX ст., коли в ній працювали вже численні вчені різних країн. Потім її поступальний рух сповільнився. Нова хвиля досліджень в області медичної географії сталася середині XX ст. В після воєнні роки СРСР та зарубіжні країни були занепокоєні необхідністю відновлення ослабленого здоров'я населення, почали з'являтися інтенсивні медико-географічні дослідження та медико-географічні центри. [24]

Якщо говорити про опис становлення медичної географії як науки, неможливо обійтись без її основоположників. І хоча кількість медико-географів, що працювали в цій сфері на протязі всього часу зчислюється тисячами, необхідно виділити тих мислителів та вчених, чиї роботи стали

головною віхою на шляху поступального розвитку медичної географії в новітній час.

**Гіппократ** (близько 460 - близько 370 рр. до н.е.) Великий лікар та філософ, один основоположників античної медицини. В працях Гіппократа присвячено чималу увагу впливу води, клімату, рельєфу та погодних умов під року на здоров'я населення різних географічних регіонів. Крім того в його трактаті «Про повітря, води і місцевостей» дані конкретні вказівки лікарям про хвороби жителів в залежності від їх географічного положення, їх кліматичних умов. «Якщо хто, підходячи до невідомого для нього місту, добре дізнається всі ці пункти, краще все або принаймні дуже багато їх них, від того не зможуть сховатися ні хвороби, властиві місцевості, ні те, яка природа загальних хвороб, так що він не буде перешкоджати або помилятися в лікуванні їх, а це зазвичай трапляється, якщо хто, попередньо довідавшись, що не подумає про всіх цих умовах »

**Ібн Сіна (Авіценна)** (980-1037) - великий таджицький лікар, філософ і вчений, який багато в чому розвивав та збагачував медико-географічні уявлення Гіппократа. Його природничо-наукові та філософські погляди викладені в творах «Книга зцілення» і «Книга вказівок і настанов», енциклопедія теоретичної і клінічної медицини «Канон лікарської науки» (в 5-ти частинах). Протягом багатьох століть ця книга служила обов'язковим керівництвом в багатьох країнах світу, включаючи середньовічну Європу. Вона містить чимало медико-географічних відомостей. [43]

Багато в чому Ібн-Сіна повторює визначні Гіппократом думки це відноситься, наприклад, до оцінки впливу на населення навколишнього повітря, води, зміни пір року, якості вод і характеру харчування людини: «Тому, хто вибирає собі місце проживання, слід знати, яка там ґрунт, наскільки земля піднесена або низинна, відкрита або закрита, яка там вода, яка субстанція води, в якій мірі вона відкрита і виходить назовні, чи знаходиться вона високо чи низько. Він повинен знати, чи доступне дане місце вітрам або знаходиться в улоговині і які там вітри - здорові вони чи холодні, а також які

по сусідству моря, болота, гори і джерела. Йому належить дізнатися, який стан місцевих жителів щодо здоров'я і хвороби та які хвороби у них звичайні, і щоб вивідати, які у них сили, апетит, травлення і рід їжі.

**Рамаццині Бернардіно** (1633-1714) – Італійський лікар, якого багато вчених називають батьком «екології людини» та медичної географії.

Найвідоміша праця Рамаццині «Про хвороби ремісників. Міркування». В цій праці він намагався спів ставити хвороби з умовами праці людини, описав хвороби притаманні представникам багатьох професій: шахтарям, мулярам, ковалям, гончарам, миловарам та ще понад 70 представникам різних професій. [43] В його роботі дані рекомендації щодо попередження та лікування «професійних хвороб», дано чимало корисних порад, що не втратили своєї актуальності і в даний час. Через всю книгу «червоною ниткою» проходить думка про взаємозв'язок хвороби з зовнішнім середовищем.

**Кондоїді Павло Захарович** (1709-1760) - видатний діяч воєнної медицини, директор Медичної канцелярії в 1754-1760 рр. За службовим обов'язком він мав у своєму розпорядженні даними про захворюваність солдатів в різних фортецях і гарнізонах, вів спостереження за станом здоров'я людей та аналізував отримані відомості. Їм було встановлено зв'язок стану здоров'я солдатів з природними умовами території, на якій дислокувалися війська або велися бойові дії. [43]

Узагальнивши результати спостережень, П.З. Кондоїді встановив високу захворюваність і смертність готівкового складу гарнізону фортеці Кизляр, який охороняв важливі торговельні шляхи з Російської Імперії в Персію. У 1754 р їм була складена «Інструкція для дослідження причин поширення хвороб в Кизлярі», яка включала питання, що дозволили скласти перше медико-географічний опис місцевості. З ініціативи П. З. Кондоїді подібні медико-географічні дослідження проводилися в військах, дислокованих в Україні та Польщі, під час кримських і молдавських походів російської армії. Накопичений матеріал підтверджував важливість врахування медичною

службою географічних умов конкретних територій, де розміщувалися і діяли війська.

**Ломоносов Михайло Васильович** (1711-1765) – великий вчений, який зробив величезний вклад в світову науку. В його працях знайшов висвітлення і ряд медико-географічних питань. Так, в роботі «Про збереження і розмноження Російського народу» (1761) показано зв'язок умов харчування і фізичного розвитку населення, описані такі хвороби, як «пошесті», показано вплив середовища на зовнішній вигляд населення і стан його здоров'я. М.В. Ломоносов порівнює фізичні дані лопарів, що харчуються виключно рибою, і самоїдів, в раціоні яких переважає м'ясо, і приходить до висновку про велику користь різноманітності в харчуванні для росту і сили людей. [42]

**Лепехин Іван Іванович** (1740 - 1802) – вчений Російської Імперії, доктор медицини, академік, секретар Російської Академії наук. У медико-географічному відношенні цікава робота І.І. Лепьохіна «Роздуми про необхідність використовувати лікарську силу власної флори» (1783), де вчений описує велику кількість лікарських рослин та їх використання для медичних цілей. Також проводить описи хвороб і епідемій характерних для різних територій, засобів захисту населення від мошкари і багато інших аспектів медико-географічної проблематики.

**Буден, Жан** (1803-1867) - французький вчений, головний лікар військового госпіталю, автор книги «Досвід медичної географії, або Дослідження законів географічного розподілу хвороб, так само як і топографічних співвідношень їх між собою, законів збігу і антагонізму» (1843). На його думку, медична географія об'єднує метеорологію і фізичну географію, географічний розподіл і мандрування хвороб. Подібно географії фізичної та політичної, медична географія потребує статистикою, яка складається тільки в застосуванні чисел до відшукування і до порівняння фактів.

Буден не обмежував зміст медичної географії тільки географією хвороб, як це мало місце в більшості праць його сучасників, а розумів її більш широко. Він вбачав у медичній географії величезне практичне значення, писав про

необхідність точного знання географічних меж і способу поширення хвороб, властивостей ендемічних хвороб в конкретному середовищі, застерігав про ризик прийняття неправильного рішення про відправлення свого хворого в країну, зовсім невідповідну умовам хвороби. Предмет медичної географії Буден бачив у вивченні розподілу хвороб в просторі. [43] «Якщо для практичного лікаря в якій-небудь місцевості, що має мало або зовсім не має стосунків з іншими країнами, досить знати хвороби свого скромного куточка, то, навпаки, для лікаря, що живе у великому центрі, що знаходиться в безперервних зносинах з різними країнами світу, це виявляється вже недостатнім.

**Подолінський Сергій Андрійович** (1850 – 1891) – український вчений-медик. У своїй праці «Життя й здоров'я людей на Україні» (1878, Женева) наголошував, що здоров'я є найкращім добром в світі. С. А. Подолінський зазначає, що воно залежить від обставин життя, насамперед від стану природного середовища (повітря, води, клімату, харчування, рослинного і тваринного світу). Надзвичайно цінним є те, що цей вчений намагається визначити такі обставини життя, котрі не завдавали б шкоди її здоров'ю

**Миклухо-Маклай Микола Миколайович** (1848 - 1888) - мандрівник і дослідник, який зробив величезний внесок у вивчення народів Океанії та Південно-Східної Азії. Головну увагу вчений приділяв проблемі встановлення мінливості расових ознак під впливом умов життя, одночасно отримав вражаючі результати в області медичної географії. [17]

Миклухо-Маклай наводить у своїх матеріалах відомості про окремих ендемічних осередках і течіях хвороб, дані про харчування і побут населення, про кліматичних та інших природних умов і їх вплив на стан здоров'я населення, про лікарські рослини, про профілактичні заходи в умовах спекотного клімату. Його праці стали першоосновою для медичної географії тропічних країн.

**Дж. Мей** - еколог і медико-географ, голова Відділення медичної географії Американського географічного товариства, автор 10-ти книг, так чи

інакше пов'язаних з медичної географією. У 1950 р їм була опублікована стаття «Медична географія, її методи і завдання», в ній дається наступне визначення даної науки: «Медична географія займається вивченням взаємозв'язку між патологічними факторами, які називаються « патогенними » і географічними факторами, які ми пропонуємо назвати « геогенними », а, може бути, також і іншими факторами, які тут не зачіпаються» [37]. Мей широко використовує фактичні матеріали, отримані з різних джерел, обґрунтовує програму досліджень в галузі медичної географії, пропонує включити в неї вивчення хвороб, здатних до ендемічного і епідемічного розповсюдження в залежності від зовнішнього середовища. Предмет медичної географії, на думку Мея, полягає в систематичному вивченні зв'язків, існуючих між хворобами, притаманними даної місцевості, і хворобами, які тут живуть.

**Павловський Євген Ніканорович** (1884 - 1964) - видатний вітчизняний вчений: лікар, біолог, зоолог і паразитолог, академік Академії наук СРСР, дійсний член Академії медичних наук СРСР, в 1954 - 1964 рр. - президент Географічного товариства СРСР і одночасно президент ентомологічного товариства СРСР. Головним напрямком його роботи була боротьба з паразитарними захворюваннями. З цією метою він досліджував такі питання, як причини виникнення та розвитку кліщового поворотного тифу, малярії, лихоманки Паппатачі і інших масових хвороб.

Згідно з ученням Е.Н. Павловського, на території певного географічного ландшафту, в певному біотопі, незалежно від людини можуть існувати осередки хвороб, до збудників яких сприйнятлива людина. [30] Розкриваючи склад біоценозу як цілісної системи зі складними внутрішніми взаємозв'язками, учений встановив збудників відповідних хвороб: віруси, рикетсії, бактерії, паразитичні найпростіші та ін. Збудники входять до складу біоценозу, де, крім них, перебувають кровосальні членистоногі (комахи або кліщі), хребетні тварини як резервуари збудників і, нарешті, фактори зовнішнього середовища. З огляду на наявність в біоценозі збудника хвороб, вчений назвав цю систему патобіоценозом.

Починаючи з 1950-х та 1960-х років, методи просторового аналізу швидко розвивались, дозволяючи проводити статистичний аналіз просторових закономірностей. Такі методи, як просторова автокореляція, кластерний аналіз, емпіричні методи Байєса, кореляція та регресія, ще більше посилили корисність картографування та вказали на нові напрямки. У той же час, поліпшення охоплення даних про здоров'я на національному та місцевому рівнях дозволило створити багато атласів щодо смертності, захворюваності чи впливу факторів ризику. Слідом за роботою Хоу в Англії, виробництво атласів охорони здоров'я збільшилося в 1960-1970-х роках. Зовсім недавно інтерактивність, завдяки поширенню мережі Інтернет, сприяла створенню карт, дозволяючи користувачам створювати власні карти. Наприклад, веб-сайт Атласу смертності від раку в США дозволяє користувачам створювати настроювані карти смертності від раку для широкого кола ракових сайтів для різних періодів часу та географічного рівня. ГІС, що дозволяють інтегрувати безліч шарів даних, включаючи дистанційне зондування, дають можливість накладати інформацію про стан здоров'я на дані, що описують природне, побудоване та соціальне середовище. [43]

## **1.2 Концепція медико-географічного картографування**

Картографічний метод є головним елементом проведення будь-якого географічного дослідження, медична географія не є винятком. Картографічний метод дослідження виник в ній одночасно з виникненням самої науки. Ще під час епохи Великих географічних відкриттів створювали не тільки зарисовки обрисів островів та інших географічних об'єктів, а й результати спостережень за життям населення, наприклад ареали захворювань корінного населення, їх зв'язок з навколишнім середовищем. Широкого поширення набули картографічні твори поширення джерел мінеральних вод, лікарських рослин.

Медико-географічне картографування в своєму розвитку пройшло кілька етапів, поки не набуло системного характеру. Шлях від картографування окремих об'єктів до картографування пов'язаних між собою елементів геосистем був пройдений за кілька століть.

Нині в якості об'єкта медико-географічного картографування виступають ті елементи геосистем, які визначають місце існування населення і її вплив на індивідуальне і суспільне здоров'я. Що стосується предмета медико-географічного картографування, то він все в більшій мірі узгоджується з територіальною організацією медико-ресурсного потенціалу середовища проживання, формує здоров'я населення. Причому названий потенціал складають не тільки природні, а й матеріально-технічні ресурси. Якщо перші представлені дарами природи, то другі - результатами творчої праці в сфері охорони здоров'я і медичних послуг. [32]

Споживачем медико-географічних карт є соціум, що розглядається в даному контексті як територіальна одиниця з притаманними їй особливостями проживання і всіх видів життєдіяльності, з певною якістю життя. При цьому основними індикаторами якості життя виступають показники стану здоров'я населення та розвитку сфери охорони здоров'я. [17]

Системне медико-географічне картографування вперше було впроваджено в колишньому СРСР, воно стало розвитком комплексного картографування. Мова складених на основі системного підходу карт відображає все якісне і кількісне різноманіття результатів медико-географічних досліджень, а самі карти і атласи містять в собі наочну і об'ємну інформацію про медико-географічні ресурси і їх використання в цілях поліпшення стану здоров'я населення, розвитку рекреації, сфери охорони здоров'я та медичних послуг.

Функції та досягнення медико-географічного картографування. До теперішнього часу в медичній географії позначилися два підходи до трактування цільових функцій медико-географічного картографування. Так, наприклад, Е.С. Фельдман, здійснивши системне медико-географічне

дослідження території Молдавії, вважав що, системне медико-географічного картографування є подальший етап розвитку комплексного картографування, що це нова, більш висока ступінь в еволюції процесу картографування. На його думку, вона полягає в прагненні до всебічного відображення умов функціонування, залежно організму людини від навколишнього середовища, представленої цілісними геосистемами і підсистемами різної просторової розмірності і ієрархічного рівня». [9] Інший підхід знайшов відображення в книзі В.І. Стурмана: «медико-географічне картографування націлене на відображення чинників, як позитивно, так і негативно впливають на здоров'я людини» (Стурман, 2003, с. 155). Як бачимо, цільові функції в другому підході значно звужені, вони не виводяться на рівень прийняття управлінських рішень з розвитку і територіальної організації охорони здоров'я, надання населенню якісних медичних послуг, тобто тієї функції медичної географії, яка є головною для сучасного етапу розвитку даної науки. [26]

У цільових функціях медико-географічного картографування, проглядаються два напрямки. З одного боку, тематичні карти і атласи відображають просторову інформацію про поширення хвороб, про особливості територіальної організації сфери охорони здоров'я. З іншого боку, вони розкривають властивості навколишнього середовища та основних її компонентів, міру їх впливу на здоров'я населення. Перший напрямок можна назвати ілюстративним, воно властиво здебільшого зарубіжних медико-картографічних матеріалів. [4] Другий напрямок більш конструктивно, оскільки націлене на вирішення завдань з охорони і відновлення здоров'я населення. Воно чітко позначилося у вітчизняній медичній географії, починаючи з другої половини 60-х років минулого століття. [4]

Характерна особливість і одна з відмінних рис вітчизняного медико-географічного картографування полягає в можливості пізнання таких явищ і процесів, які безпосередньо в природі не можуть бути спостережувані. [33] Як приклади, що підтверджують цю тезу, можна назвати кількісні і якісні оцінки умов життя і роботи населення, комфортності середовища, захворюваності

населення. Як і будь-які географічні матеріали, медико-географічні карти і атласи мають такі інформаційно-комунікативними властивостями, як абстрактність, вибірковість, синтетичність, масштаб і метрична однозначність, безперервність, наочність та ін. На їх основі можна встановлювати закономірності в поширенні лікувальних рослинних і тваринних ресурсів, природно-осередкової захворюваності, в розміщенні медичних об'єктів, доступності їх для населення.

При аналізі та синтезі медико-географічних матеріалів можна виявити такі теоретико-методологічні та методичні здобутки медико-географів і картографів:

- обґрунтовано застосування картографічного методу в реалізації об'єктних і суб'єкт-об'єктних медико-географічних моделей;
- межі гносеологічних функцій картографічного методу в дослідженні причин формування, еволюції та прогнозування розвитку нозоареалів та інших медико-географічних процесів і явищ;
- встановлені принципи складання медико-географічних карт для різних просторових складових геоторії: території, акваторії, аероторії;
- виявлені можливості використання методів математичного та логічного моделювання для відображення медико-географічних процесів і явищ на географічних картах і в атласах;
- запропоновані картографічні методи системного аналізу компонентів довкілля для виявлення причинно-наслідкових зв'язків в медичній географії, які обумовлюють формування медико-географічних районів;
- розкриті напрямки використання картографічних методів і засобів для кількісних і якісних характеристик компонентів довкілля та їх поєднань в межах територіальних соціально-економічних систем, територіальних суспільних систем, урбанізованих територій, які обумовлюють взаємозв'язок нозоареалів з природними і соціально-економічними умовами середовища проживання населення. [18]

Розробка теоретико-методологічних основ медичної географії та медико-географічного картографування відкрила шляхи для створення нових типів карт: кадастрових, типологічних, комплексних, оціночних, медико-географічного районування та ін. [1] У міру накопичення матеріалів з'явилася можливість створення карт і атласів на основі моніторингу навколишнього середовища, прогнозних карт зміни якості компонентів природного середовища, вдосконалення територіальної організації сфери охорони здоров'я. Виконуючи ці роботи, вітчизняні медико-географи і картографи до початку останнього десятиліття минулого століття вийшли на передові позиції в світі, їх пріоритет в цьому виді діяльності став незаперечним. [34] У наступні роки розвиток медико-географічного картографування помітно сповільнився. Частково це відбулося у зв'язку з тим, що географи взагалі і медико-географи, зокрема, переключилися в своїх інтересах на екологічну проблематику, в тому числі на екологічне та медико-екологічне картографування.

### **1.3 Медико-географічні карти, їхнє призначення і класифікація**

*Медична картографія* – це розділ медичної географії, у якому розробляються методики упорядкування та оформлення медико-географічних карт і атласів. [12]

Медико-географічними картами називаються карти, в змісті яких головне значення мають дані, що відображають вплив природних і соціально-економічних умов на здоров'я людини, що показують поширення хвороб та їх нозореали.

*Класифікація медико-географічних карт.* Медико-географічні карти можуть бути об'єднані в групи по їхньому змісту, масштабу, територіальній ознаці. [12]

*За змістом:*

– оглядові медико-географічні

– аналітичні( елементарні)

– нозогеографічні

*За масштабом:*

– топографічний план

– великомасштабні 1:200000

– середньомасштабні 1:200000-1:1000000

– дрібномасштабні (дрібніше 1:1000000)

*За територією:*

– карти півкуль

– карти окремих частин світу

– карти держав і адміністративних районів.

**Оглядіві медико-географічні карти** включають довідкові карти, санітарно-епідеміологічні карти (Рис. 1.1), карти мережі місцевих медичних закладів. [12]



Рис. 1.1. Картограма рівня захворюваності (на 100 тис. населення) на всі форми активного туберкульозу в Україні

*Аналітичні медико-географічні карти* характеризують окремі елементи природних економічних і медико-санітарних умов, що можуть робити несприятливий або позитивний вплив на здоров'я населення, на виникнення і географію окремих хвороб. Звичайно елементарні карти характеризують наступні елементи природних, економічних і медико-санітарних умов [12]:

– *природні умови* – клімат, рельєф, внутрішні водойми і моря, ґрунти (типи ґрунтів, ґрунтові зони), геологічна будівля, рослинний і тваринний світ;

– *економіко-географічні умови* – особливості географії населення (щільність, розселення, міграція), етнічний, релігійний склад населення, народжуваність, смертність, а також галузі промисловості і сільського господарства, що мають медик-географічне значення (хімічна, харчосмакова, фармацевтична і текстильна), шляхи сполучення;

– *медико-санітарні умови* – забезпеченість населення медичною допомогою, ветеринарне обслуговування (Рис. 1.2)



Рис. 1.2. Картограма навантаження на 1 лікаря в областях України

Наприклад, вивчаючи виникнення і географію сибірської виразки, необхідно мати у своєму розпорядженні дані по зараженості ґрунтів сибірською, кліматичними особливостями, що мають значення для визначення резистентності бактерій до чинників зовнішнього середовища (температура, вологість, сонячна радіація, тиск, вітри) – ураженості сибірською виразкою домашніх тварин і т.д.

**Нозогеографічні карти** – це спеціальні географічні карти, що відображають фактичну наявність і поширення хвороб людини на визначеній території. Існують наступні види нозогеографічних карт: карти, що показують ареали хвороб (нозокарти); карти інтенсивності враженості хворобою (Рис. 1.3); карти шляхів поширення хвороб; нозопрогностичні карти; історичні нозокарти. [12]

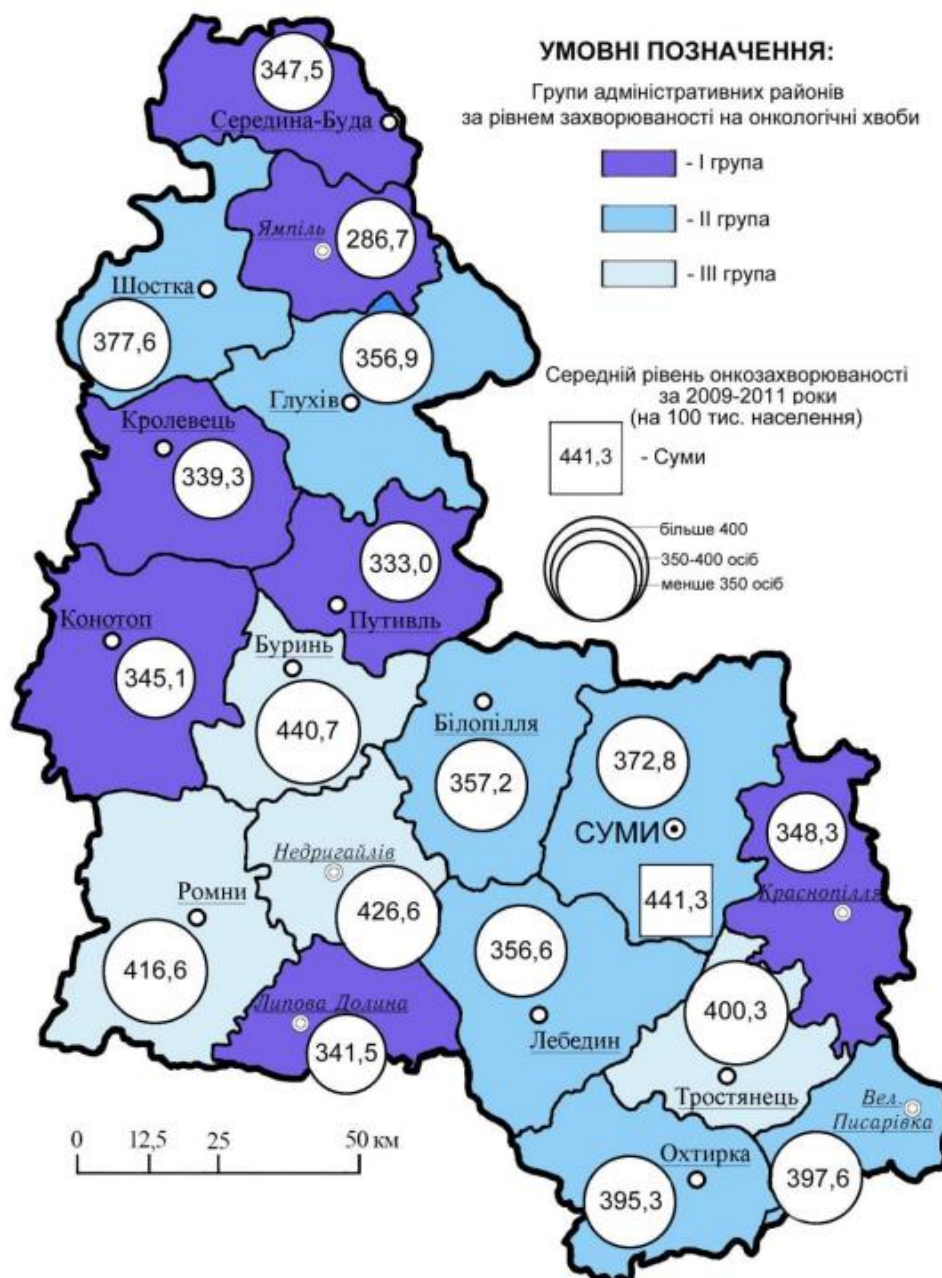


Рис. 1.3. Рівень захворюваності населення Сумської області на онкологічні хвороби

Найбільш поширені карти, що відображають інтенсивність ураженості населення хворобою. Карти шляхів поширення хвороб повинні показати рух захворюваності в межах конкретної території. Мова йде про заразні епідемічні хвороби.

Медико-географічні карти створюються камеральним способом і методом польового картографування (рідше). При камеральному упорядкуванні на географічну основу наносяться спеціальні елементи медико-

географічної карти: місцеві і ветеринарні установи, дані про поширення переносників хвороб, географії окремих хвороб і т.д.

Деякі види медико-географічних карт великого масштабу можна складати в ході польових досліджень. [24]

**Основні способи відображення** на картах об'єктів і явищ наступні: значковий спосіб, способи ареалів, кольорового фону, ліній руху, ізоліній, точок, картодіаграма і картограма.

**Компонентні медико-географічні карти** – це карти, що відображають медико-географічну оцінку клімату, ґрунтів, вод, рослинності, тваринного світу в межах території, що картографується. Такі карти показують властивості окремих компонентів геосистем, що роблять вплив на здоров'я населення.

При упорядкуванні медико-географічних карт використовуються показники, що можна розділити на прості, інтегральні і динамічні.

**Простий медико-географічний показник** – це елемент природного комплексу, що може самостійно викликати з боку організму позитивну або негативну реакцію. До простих показників відносяться поєднання макро- і мікроелементів, сполучення аніонів і катіонів у водах. За допомогою таких показників можна говорити про існування передумов хвороб людини. Простий показник характеризує нестачу або надлишок важливих біогенних елементів. [32]

**Інтегральний медико-географічний показник** містить у собі ряд якостей, що розкривають складне природне явище. До таких показників відносять процеси біологічного і фізико-механічного очищення водойм, ґрунтів; при оцінці клімату – еквівалентно-ефективні температури, із їх допомогою можливо пов'язати теплообмінні процеси організму з кліматом території. [32]

**Динамічні медико-географічні показники** – це властивості природних комплексів, що викликають негативні реакції з боку організму людини в різні сезони року. Як приклад можна привести зміну хімічного складу води одного

з гідрохімічного класу в інший. При цьому відбувається збільшення у воді концентрації іонів і катіонів, що можуть бути причиною початку захворювання. Зміни концентрації іонів характерні для визначеного сезону року і пов'язані зі зміною гідрологічного режиму. [32]

## **Розділ 2: Поширення інфекційних хвороб в географічному просторі**

Передбачається, що принаймні в розвинених країнах інфекційні захворювання в основному залишились у минулому, і, таким чином, увага громадського здоров'я повинна бути зосереджена на хронічних захворюваннях, таких як рак або серцево-судинні захворювання. Нам різко нагадали, що це далеко не так, з появою ВІЛ / СНІДу у 1980-х роках, появою вірусу Західного Нілу, хворобою Лайма і, звичайно ж, глобальною пандемією SARS-CoV-2. Це глобальне відродження інфекційних хвороб, включаючи нові, раніше не відомі хвороби, є зростаючою та постійною глобальною загрозою для здоров'я людей, особливо в країнах, що розвиваються, в той час, коли досягнення медицини у XX столітті змогли перебороти такі страшні хвороби, як віспа.

Інфекції поширюються з людьми, тваринами та патогенами, що переміщуються з місця на місце. Зі збільшенням мобільності населення та суттєвими змінами навколишнього природного середовища поширення хвороб є актуальною проблемою охорони здоров'я на місцевому, регіональному, національному та глобальному рівнях. [29]

### **2.1. Використання картографічного методу досліджень в медико-географічних картах розповсюдження інфекційних хвороб**

Зростання доступності місцевих даних про стан здоров'я, розробка нових програмних забезпечень та прогрес у можливостях комп'ютера всебічно сприяли профілю медико-географічного картографування. Зараз існує багато медико-географічних, що дозволяють на національному, регіональному чи місцевому рівні вивчати поширення тих чи інших захворювань. Паперова

форма карти все частіше доповнюється або витісняється цифровими та веб-формами, що дозволяє її швидко оновлювати.

Карти мають багато переваг у поданні медичної інформації. Картографічні твори можуть проілюструвати важливі моменти: вони корисні як для описових цілей, так і для прийняття рішень. Вони відображають місцеві зміни у здоров'ї та висвітлюють конкретні групи захворювань або концентрацію людей, що перебувають у групі ризику. Карти також можуть бути використані для аналітичних цілей, наприклад, для вивчення можливих джерел впливу. Карта є результатом послідовності вибору (масштаб, рівень узагальнення, дані, тощо). [41] Кожен вибір може впливати на остаточне уявлення. Особливу увагу слід також приділити умовам, за яких карта складається - ким, з якою метою та для якої аудиторії? У деяких ситуаціях важко перевести явища, що цікавлять дослідників у форму карти.

Сьогодні карти широко використовуються, як в епідеміологічних дослідженнях, так і в географічних. Можна виділити їх дві основні функції: карту як інструмент аналізу та карту як інструмент комунікації. Карти сприяють підтвердженню гіпотез щодо факторів, пов'язаних з розподілом хвороб (наприклад, джерела впливу, соціальні фактори). Як засоби комунікації, карти можуть використовуватися для виявлення груп ризику або для передбачення ризикованих ситуацій. Ці ролі часто доповнюються геостатистичними інструментами просторового аналізу та візуалізації.

У кожному випадку карта є інтерпретацією та графічним перекладом зовнішньої реальності світу. Карта пов'язує географічні ідентифікатори (просторові одиниці або географічні об'єкти) з інформацією про ці місця (тематична інформація). Просторовими утвореннями можуть бути пункти (пацієнти, відділення допомоги, міста), лінії (дороги, річки), поля (безперервні дані поверхні, такі як температура) або області (адміністративні райони, переписний тракт). Тематична інформація може мати як якісний характер (наприклад, типологію), так і кількісний (цифри, швидкість, співвідношення,

щільність). Мета картографічного зображення - передавати цю інформацію графічно з мінімальними спотвореннями. [7]

Однією з перших цілей карти є можливість виявити явище та повідомити про відповідні просторові асоціації. Розподіл випадків може бути невідомим, і відображення випадків (смерті, хвороби, ризикова поведінка) на карті може дозволити ідентифікувати можливі концентрації, просторові безперервності або розриви, градієнти тощо. Якщо випадки точно геокодується відповідно до місця проживання, місця діагностики або місця догляду за хворими вони можуть бути представлені точковим способом, де кожна точка представляє випадок. Коли випадки скупчуються на певній території, відповідні числа можуть бути представлені або точками (пропорційна кількість точок, розподілених хаотично в межах області), або пропорційними символами, центрованими на кожній просторовій одиниці (рис. 2.4). У першому випадку, карта дозволяє зрозуміти щільність пацієнтів, в другому, зосередити увагу на концентрації постраждалого населення.

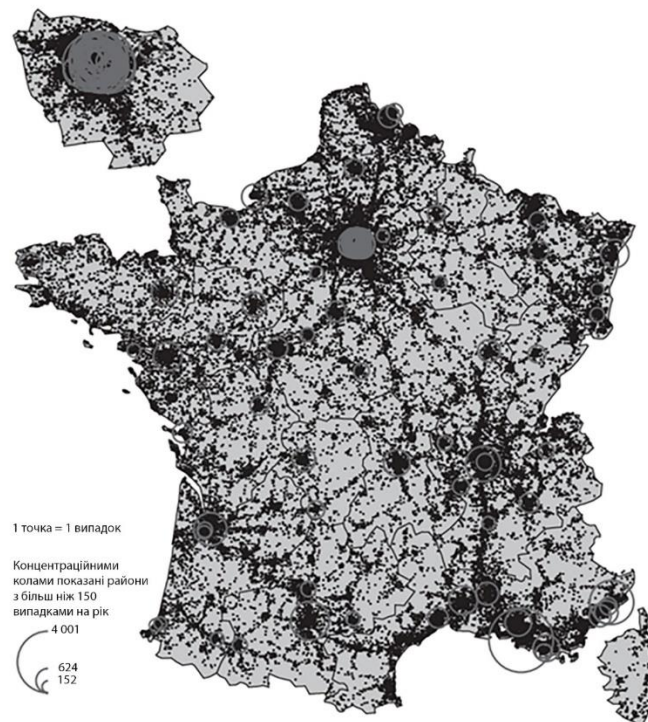


Рис. 2.1. Середня щорічна кількість дорожньо-транспортних пригод у Франції за 1996 - 2000 роки.

Велика кількість випадків зазвичай трапляється в районах з великим населенням: це видно з рисунка 2.1., який показує, що найбільша кількість дорожньо-транспортних пригод у Франції трапляється в густонаселеному Паризькому регіоні.

Картографування даних про здоров'я для невеликих територій - областей з невеликою кількістю населення - викликає безліч статистичних проблем. Рівень захворюваності, розрахований для невеликих територій / популяцій, нестабільний і значно змінюється з часом через випадкові зміни. Для спроби підтвердити існування просторових скупчень хвороб були розроблені численні методики.

### **Матриця близькості полігонів**

Картографування даних про здоров'я для невеликих територій - областей з невеликою кількістю населення - викликає безліч статистичних проблем. Рівень захворюваності, розрахований для невеликих територій / популяцій, нестабільний і значно змінюється з часом через випадкові зміни. Для спроби підтвердити існування просторових скупчень хвороб були розроблені численні методики. [7]

Точковий аналіз часто використовується для відстеження незвичної концентрації випадків у просторі. Ці концентрації можна перевірити за різними критеріями: їх геометричний характер, їх зв'язок із розподілом населення чи іншими пов'язаними факторами, їх зв'язок із попередніми випадками або джерелами зараження.

Є два типи методів, що дозволяють виявити незвичні концентрації. Перший передбачає аналіз відстаней, що розділяють випадки: концентрація прирівнюється до малих відстаней між випадками, тоді як дисперсія пов'язана з великими відстанями. Спостережувані середні відстані, як правило, порівнюють з відстанями, що походять від абсолютно випадкового процесу (зазвичай процес Пуассона). На результати аналізу сильно впливає розмір та форма досліджуваної території; часто для цього аналізу доводиться коригувати граничні значення. [9]

Другий набір методів стосується щільності випадків на території. Ця методика використовує полігони для аналізу досліджуваної області та визначає значення кількості випадків, що трапляються у полігонах. [22] Після цього результати порівнюють з числами, які можна було б очікувати на основі випадкового процесу розповсюдження. Результати залежать від розміру та форми полігонів (коло, квадрат, прямокутник, шестикутник); використання малих за розміром полігонів дозволяє виявити місцеві зони концентрації, тоді як використання великих дає «гладку» карту, що відображає регіональні зміни масштабу. Таким способом створено Атлас “Ризик зараження населення сибірської виразкою, правцем, аскаридозом, туляремією та лептоспірозом в УРСР”, де полігоном є квадрат зі сторонами в 31 км. (рис. 2.2.) Зазвичай необхідно повторити процес для вікон різного розміру та з різними початковими вікнами. Обидва методи можуть підтвердити наявність або відсутність концентрації випадків.

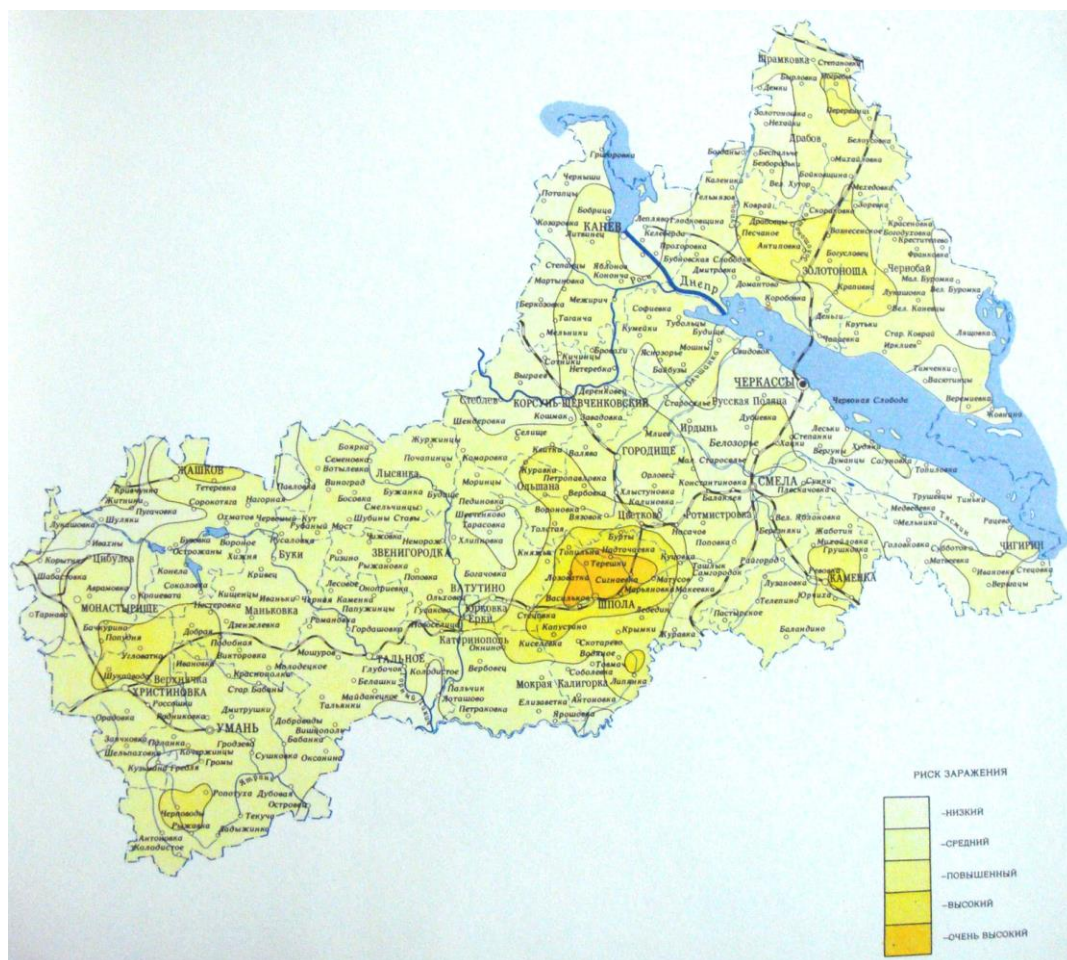


Рис. 2.2. Розповсюдження сибірської виразки в Черкаській області

Існує безліч застосувань цих методів. Однією з найперших була машина географічного аналізу (GAM), метод “щільності”, розроблений Open shaw та колегами (1988). Хоча метод Опеншоу зазнав жорсткої критики, він виявив непомічені концентрації дитячого лейкозу в Англії. З 1980-х років, було розроблено багато нових методів ідентифікації просторових скупчень подій, пов’язаних зі здоров’ям.

### **Аналіз статистики з’єднань**

Точкові дані систематично недоступні для медико-географічного картографування через їх конфіденційність. Частіше за все дані приводяться на рівні району, а показники розраховуються з урахуванням структури населення за віком, статтю або соціальною категорією. Проводячи просторовий аналіз, намагаються відповісти на наступне питання: чи близькі райони більше схожі на віддалені, або райони з високою концентрацією захворювань скупчуються? Це вимагає вимірювання ступеня просторової автокореляції (просторова кластеризація) за допомогою підходів Морана або Гірі. Позитивна просторова автокореляція вказує на подібність між показниками сусідніх областей, а негативна просторова автокореляція відповідає протилежній ситуації, коли показники для віддалених районів більш схожі, ніж показники для близьких районів. Відсутність просторової автокореляції вказує на відсутність асоціації серед показників на основі місцезнаходження. [27]

Цей ступінь автокореляції можна виміряти для різних рівнів територіального районування. Корелограма відображає зміну просторової автокореляції на основі різних ступенів сусідства районів. Ця методика, що застосовується для аналізу смертності від респіраторних захворювань, дозволяє нам підтвердити високий регіональний компонент смертності у Франції (див. Рисунок 2.3). Просторова автокореляція дуже добре себе показує при аналізі великих однорідних площ.

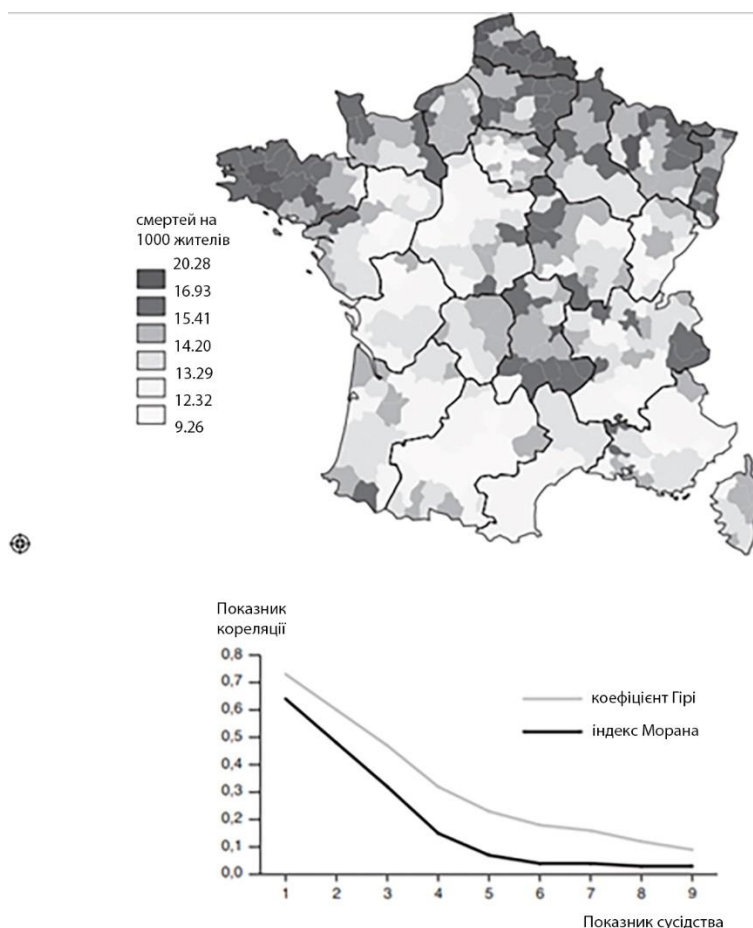


Рис. 2.3 Кореляція смертності від респіраторних захворювань за ступенем сусідства районів в Франції в 1988 – 1992 роках

Коли постає запитання про аналіз території з невеликими кількісними показниками, методи генералізації дозволяють виділити основні регіональні закономірності, нехтуючи локальними. [30] Генералізація регулює показники кожної зони, враховуючи норми в сусідніх областях. Результати аналізу будуть залежати від параметрів, що використовується для обчислення значень (середнє, середньозважене середнє залежно від відстані/від областей тощо). Ці параметри фіксуються відповідно до просторових характеристик досліджуваного явища з урахуванням рівня просторової автокореляції.

Ці методи, якими б складними та точними вони не були, мають багато обмежень. Потрібно бути обережним при тлумаченні таких карт. Порівняльні дослідження різних методів аналізу одного і того ж явища показують, що результати обумовлені вибором методу [39]. Розміри полігону, форма матриці, та вибір параметрів генералізації можуть впливати на кінцевий результат. Не

існує єдиного найкращого підходу, і кожен метод повинен бути розроблений відповідно до конкретного дослідження.

### **Карти анаморфози**

Інноваційний підхід до картографування даних про стан здоров'я передбачає використання карт анаморфоз (Рис. 2.4.). Карты анаморфоз - це карти, на яких розміри територіальних одиниць були спотворені пропорційно їх кількісних характеристик або соціально - екологічних характеристик. На традиційній карті розміри територій відповідають їх площам ; на карті анаморфоз розміри площ відповідають їх кількісним чи іншим характеристикам. Денні Дорлінг (2007) створив серію картограм, щоб зобразити нерівність у сфері охорони здоров'я та доступності медичних послуг у глобальному масштабі. Розміри країн відображають рівень поганого здоров'я. Наприклад, карта Дорлінг щодо ранньої смертності новонароджених виявляє величезну концентрацію дитячих смертей у Південній Азії та Африці. Такі місця, як Японія, Австралія та Західна Європа, майже зникають з карти через невелику кількість дитячих смертей. Області з найбільш нагальними проблемами здоров'я виглядають найбільшими на карті. [31] Недоліком карт анаморфоз є те, що вони складні для візуального сприйняття. Знайти місця на картограмі важко, оскільки вони виглядають по-різному. Однак, коли користувач звикає до дивної "форми" карти, така карта може запропонувати кардинально нові перспективи щодо погляду на здоров'я.

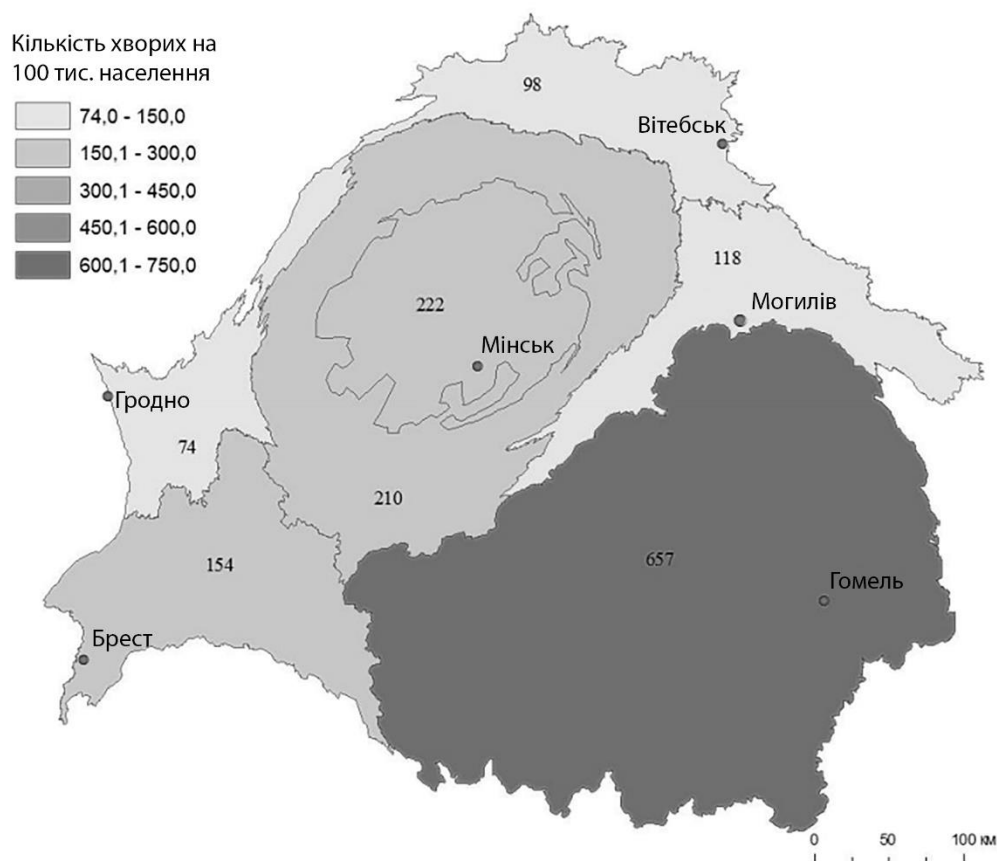


Рис. 2.4 Кількість ВІЧ-інфікованих на території Білорусі

### Використання методів математичної статистики для створення медико-географічних карт

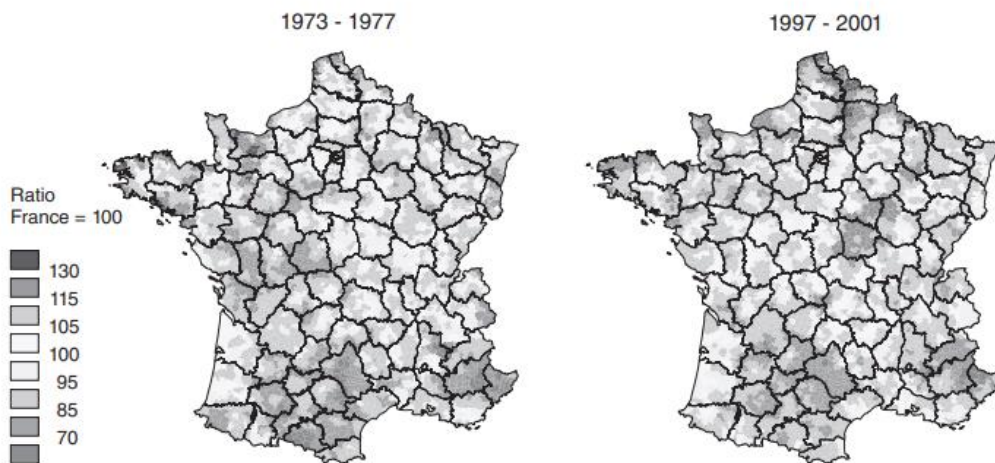
Статистичні підходи, такі як проста або множинна лінійна регресія, дозволяють нам поглянути на взаємозв'язки між змінними. Картографування нев'язок цих аналізів дозволяє нам визначити конкретні місця, які не відповідають загальним тенденціям. [2] Цей аналітичний підхід до картографування може виявити додаткові змінні для дослідження або комбінації факторів, специфічних для певних місць. Нев'язки багаторівневого аналізу дозволяють аналізувати ці питання в різних масштабах.

ГІС також пропонує аналогічні аналітичні можливості і може додатково запропонувати корисні інструменти просторового відбору та буферизації. Інструменти ГІС широко використовуються в аналізі охорони здоров'я, дозволяючи, наприклад, визначити площі охоплення закладів охорони здоров'я, зони зараження інфекційними хворобами або зони впливу

забруднення навколо небезпечних об'єктів, таких як сміттєспалювальні споруди або магістралі. [2] Карти на яких показано взаємозв'язок між наслідками для здоров'я та характеристиками навколишнього середовища, можна легко створити, забезпечуючи платформу для статистичного аналізу просторових асоціацій.

### **Просторово-часова динаміка розповсюдження хвороб**

Включення історичного аспекту є ще одним способом розуміння просторового розподілу подій, в сфері охорони здоров'я. Порівняння карт для різних дат показує значні зміни у просторовому розподілі смертності від раку у Франції з 1975 по 2000 рік (див. Рисунок 2.5.). Відносне погіршення стану або покращення зосереджено в конкретних регіонах та конкретних місцях. Ці зміни в смертності відображають зміни в соціальному, економічному, культурному та фізичному середовищі. Протягом останньої чверті ХХ століття у Франції сталися суттєві зміни: посилення урбанізації суспільства, перерозподіл економічної діяльності та деконцентрація промислової діяльності. [23] Ці зміни супроводжувались значними змінами в практиках охорони здоров'я, таких як вживання алкоголю, вживання тютюну та харчові звички, а також зміни у наданні медичної допомоги. [18] Просторовий перерозподіл смертності від раку відображає всі ці зміни. Труднощі, що супроводжують інтерпретацію цих двох карт, стосуються змін у кодуванні смертності, змін в основних географічних одиницях та мобільності населення.



**Figure 6.6** Standardized mortality ratio for male cancer in France: canton scale, 1973–1977 and 1997–2001). Source: Salem, G., Rican, S., Jouglu, E. et al. (2009) *Atlas de la Mortalité par Cancer en France (1970–2004)*. Inca, Paris. Reproduced with permission of the authors.

Рис. 2.5 Смертність від раку серед чоловічої статі в Франції в 1973-1977 та 1997 – 2001 роках

Введення історичного аспекту є необхідним для опису розповсюдження заразних хвороб та вивчення того, як система охорони здоров'я змінюється з часом у певних місцях.

## 2.2. Картографування дифузійних процесів поширення інфекційних хвороб

Теорія просторової дифузії - це теорія, що використовується для опису руху товарів, людей, інновацій, ідей та поширення хвороб. Процес дифузії включає численні фактори на всіх просторових рівнях, від міжконтинентального транспорту та кліматичних змін до будинків, робочих місць, шкіл та лікарень. У географічному відношенні процес дифузії включає, не тільки процес поширення, а й місце походження (джерело), «приймаючі місця», шляхи та способи дифузії та силу, що рухає дифузію. [16]

Застосована до хвороб, теорія дифузії може допомогти описати, як, де і коли поширення інфекційного захворювання може відбуватися чи

відбувається. Дослідження дифузії інфекційних хвороб значною мірою спираються на роботу медико-географів та епідеміологів, котрі намагаються визначити як поширюється хвороба та де, ймовірно, виникнуть випадки. Потенціал просторової дифузії залежить від характеру та екології збудників, таких як: способи передачі, «рухливість», заразність, життєздатність збудників та інші детермінанти.

У той час як класична медицина фокусується на причинах, впливі та передачі патогенних мікроорганізмів та їх патологічних наслідках, медико-географів цікавлять, головним чином, місця та кількість випадків, напрямки та шляхи, якими поширюються хвороби, а також засоби та географічні обставини, які сприяють чи гальмують їх просторове поширення. [18]

Класично модель дифузії заразних хвороб слідує ієрархічній моделі розповсюдження між сусідніми пунктами, починаючи з столиці чи іншого первинного популяційного центру, а потім розповсюджується на основі просторової взаємодії - люди, швидше за все, взаємодіють із ближніми сусідами, ніж з дальніми (рис. 2.6). Поширення відбувається з мегаполісу в сусідні передмістя через їхню близькість, далі в регіональні центри та міста і т.д. за ієрархією. Також існує так звана «модель територіальної близькості» тобто така, що має тенденцію поширюватися поблизу – між сусідніми місцями, тоді як ієрархічна дифузія відбувається поетапно - від одного, як правило, більш центрального, розташування до іншого, не обов'язково поруч, місця, звідки може розпочатися дифузія. Просторові ієрархічні «стрибки» зараження можуть відбуватися, коли особи переїжджають або мігрують до центрів вторинної популяції. [23]

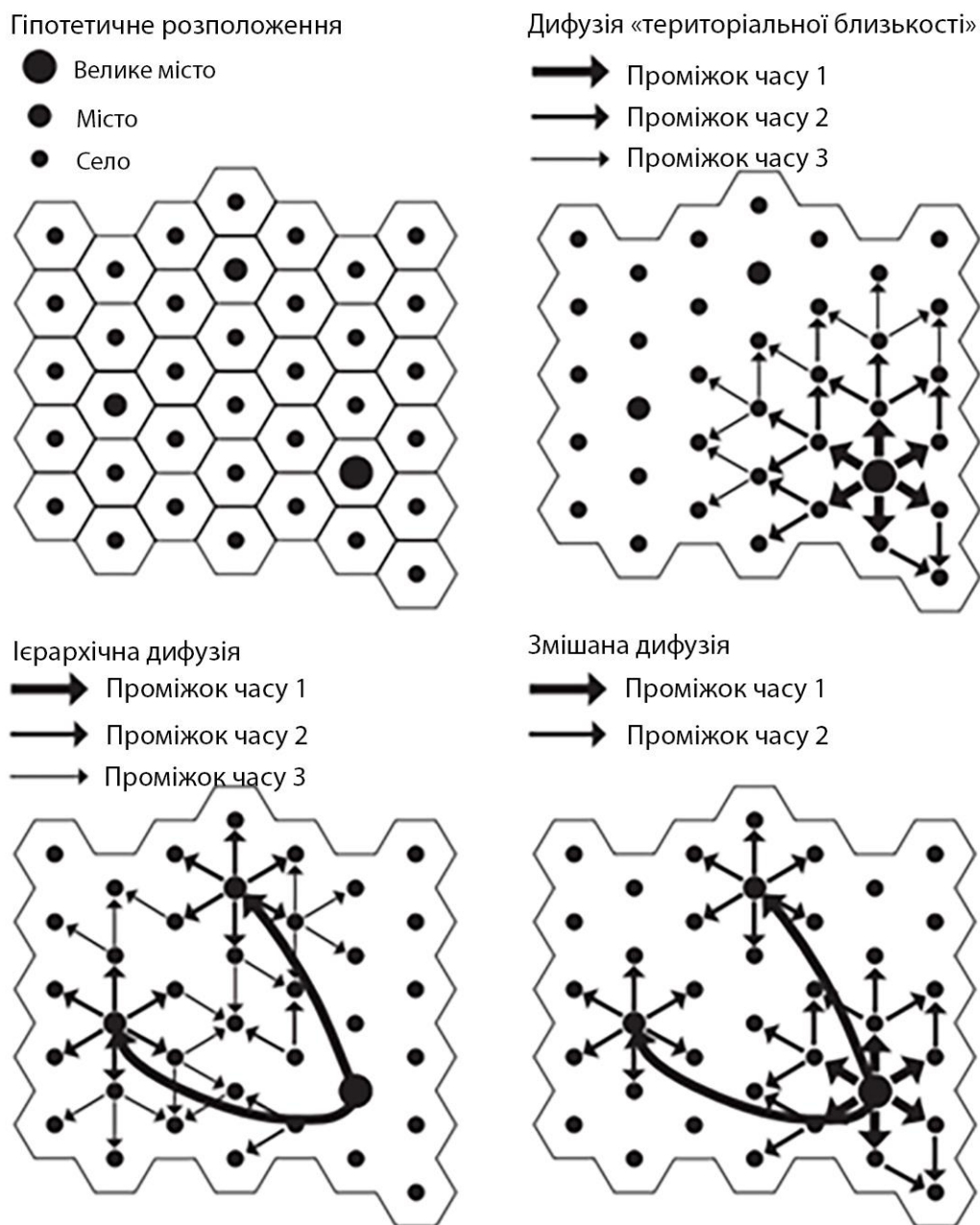


Рис. 2.6 Патерни просторової дифузії

Насправді незвично, що різні епідемічні хвилі певної хвороби поведуться по-різному або демонструють як «територіальної близькості», так і ієрархічну фази одночасно або послідовно. Якщо вивчати спалах холери 1848 - 1849 років США (рис. 2.7), то виявляється, що шлях передачі дифузії проходив вздовж річки Міссісіпі, але як на «пізнішу» дифузію, так і на швидкість вплинула розширення залізничної мережі – чому свідчать «стрибки» в різних місцях та датах зараження. [17]

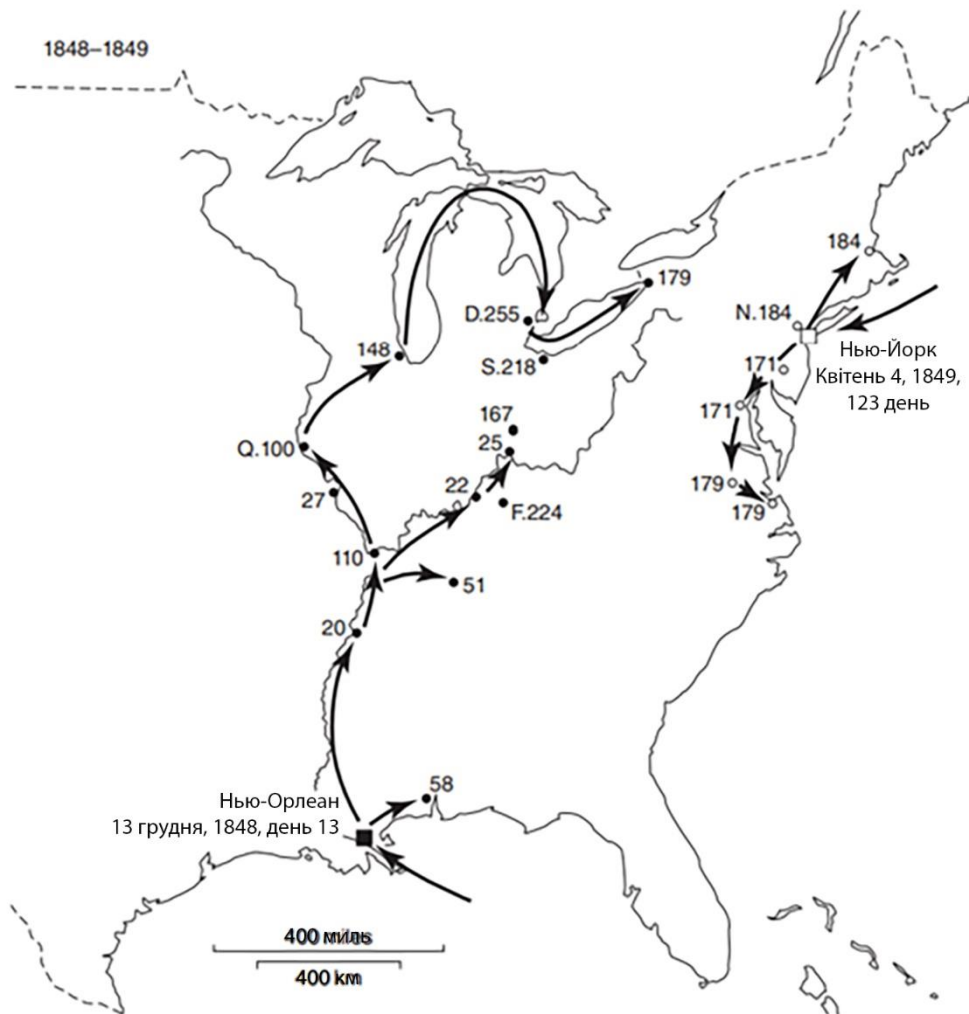


Рис.2.7 Просторова дифузія епідемії холери в США 1848-1849

Просторові обмеження мобільності, такі як вік, соціально-економічний статус чи стан здоров'я, та фізичні обмеження, такі як транспортні мережі та рельєф, можуть впливати на просторові моделі дифузії захворювань. Кліфф і Хаггетт використовували Ісландію як майже унікальну лабораторію - велику фактично «закриту» острівну державу - для дослідження кору та процесів дифузії грипу. Кліфф і Хаггетт (1988) намагалися зв'язати епідемічні моделі з просторовою теорією, щоб допомогти краще описати переміщення заразної хвороби у часі та просторі. На рисунку 2.8 подано короткий виклад епідемії кору Ісландії 1950 -1952 років, від столиці Рейк'явік до віддалених районів навколо острова, слідуючи транспортній мережі. Очевидні ознаки як «дифузії територіальної близькості», так і ієрархічної дифузії. Дифузія хвороби залежить від впливу - незліченних мікромасштабних подій, які приводять

людей у контакт із небезпекою для здоров'я. До таких відносяться: тварини, транспортні мережі, транспортні засоби, умови праці та ставлення населення до епідемії. Соціальні норми та культурна практика відіграють важливу роль як для розповсюдження, так і для попередження зараження. Наприклад, високомобільні люди утворюють ключові групи для передачі інфекції, наприклад, мігранти, біженці, водії вантажних автомобілів. Нові географічні умови також можуть вплинути на шляхи дифузії. Наприклад, епідемії холери кілька разів охоплювали Сполучені Штати та Російську Імперію в дев'ятнадцятому столітті, і було встановлено, що зростаюча залізнична мережа значно прискорила розповсюдження хвороби. Замість того, щоб повільно просуватися до найближчих місць, хвороба стрибала з місця на місце по залізничних лініях.

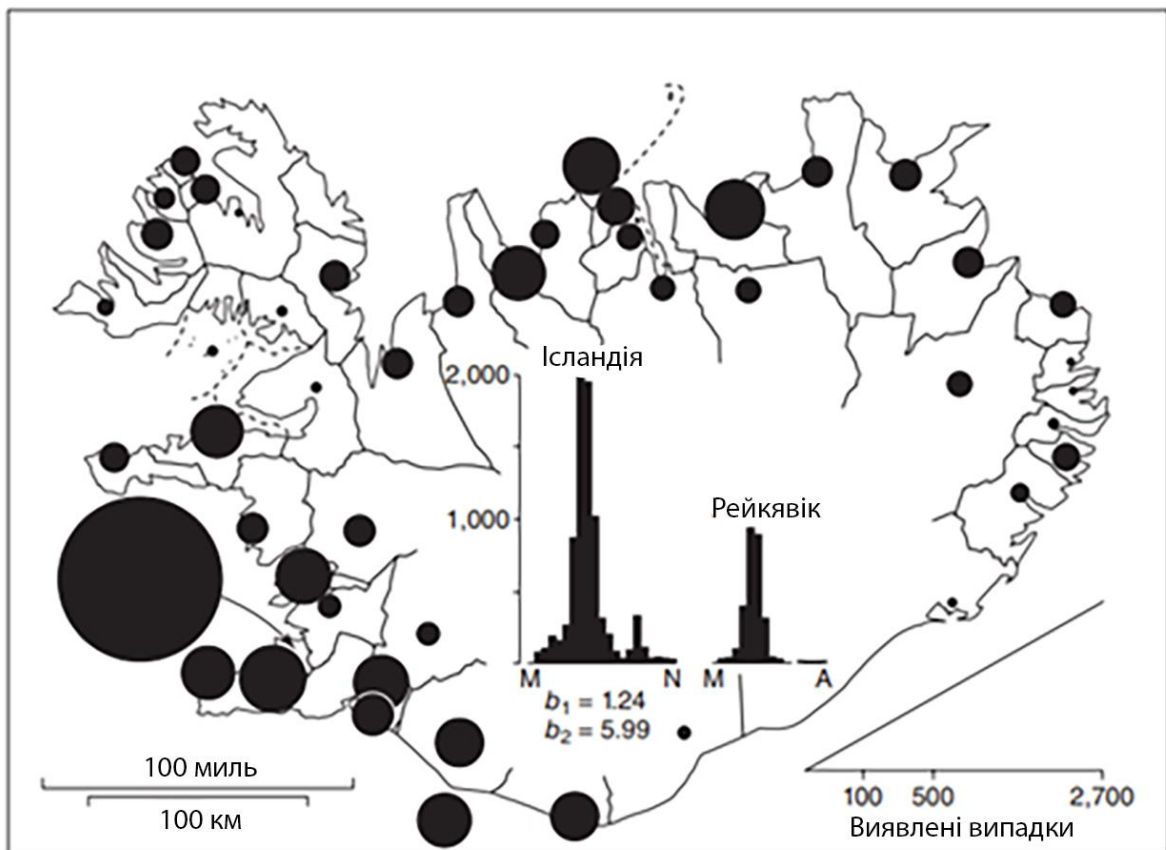


Рис. 2.8 Епідемія кору в Ісландії 1950 - 1952

Як і інші географічні об'єкти, джерела поширення хвороб можуть приймати точку, лінію, площу або дифузні форми. Заражені криниці або

незначні ставки та продовольчі магазини можна вважати точковими джерелами. Потенційними джерелами у формі лінії можуть бути річки, де комарі розмножуються. Площинними джерелами поширення хвороб можуть бути ендемічні регіони та природні водойми, болота, ліси або рисові поля. Певні патерни поведінки, звички та практики можуть розглядатися як небезпека для здоров'я дифузної форми. [19]

Деякі місця, де люди часто зустрічаються, можуть бути вузлами інфекцій, наприклад міські центри, порти, табори біженців, ринки, торгові пункти та прикордонні міста. Табори біженців є зонами ризику для зараження через їх переповненість та імпровізованість санітарних умов. Так, в африканських таборах біженців повідомлялося про захворювання, що передаються статевим шляхом, холеру, дизентерію, чуму, дифтерію, еболу та лихоманку Ласі. Інші вузли - це великі робочі місця, притулки для бездомних, школи та в'язниці, а також лікарні. [13]

Дифузію хвороби можна зупинити або відхилити постійними або тимчасовими географічними бар'єрами. Фізичні бар'єри, такі як величезні простори води, гірські ланцюги або великі крижані покриви, можуть бути ефективними проти дифузії. Дифузію можуть зупинити або уповільнити біологічні бар'єри, колективний імунітет та середовища існування, непридатні для збудників або переносників. Соціальні умови теж можуть становити бар'єри. Таким чином, розповсюдженню хвороб можуть запобігти заходи громадського охорони здоров'я та заходи безпеки, такі як карантинні процедури, дезінфекція, дезінсекція та вакцинація. Навіть політичні умови, що перешкоджають чи сприяють контактам через міжнародні кордони, можуть прямо чи опосередковано впливати на потенціал поширення. [13]

### **2.3 Моделювання поширення інфекційних хвороб**

Можливість ідентифікувати зони підвищеного ризику та скласти карти нових зон впливу навколишнього середовища грає ключову роль у вивченні

географічних закономірностей інтерпретації моделей захворювань. Однак оцінка такої експозиції є нетривіальною проблемою, яка включає моделювання як груп населення, так і середовища, через яке вони рухаються. [19]

Моделювання руху населення, що перебуває під загрозою зараження на індивідуальному рівні, є складним завданням. Це – географія поїздок на роботу, спілкування, подорожі та міграція. Існують значні концептуальні та обчислювальні труднощі, пов'язані з перетином просторової та часової роздільної здатності, даних про розподіл збудників інфекції та / або закономірностей переміщень хворих, що відображає обмеження наявних даних про умови навколишнього середовища та розподіл людей.

У цьому контексті важливо мати на увазі, що кожне просторове спостереження є дійсним у певний момент часу або періоду часу, а дифузія хвороб є просторово-часовою. З часового погляду, як і з просторового, виникнення захворювання можна розуміти по-різному. В одному, офіційному сенсі, хвороба виникає, коли зараження виявляється, діагностується та реєструється. В іншому, особистому розумінні, хвороба виникає, коли людина відчуває себе погано, що часто, але не обов'язково, трапляється до встановлення діагнозу. Іноді захворювання виявляється під час планового огляду ще до того, як пацієнт відчує будь-які симптоми. У більш широкій перспективі патогенний процес може розпочатися з зараження, коли відбувається фактична передача патогену, що з часом може призвести до захворювання. Між початком патогенного процесу та появою симптомів лежить період інкубації або латентності. При грипі час інкубації становить лише кілька днів, тоді як ВІЛ / СНІД, викликаний лентівірусом, має інкубаційний період в місяці або роки (ЮНЕЙДС 2007). Тим часом постраждалі особи можуть переїхати, а це означає, що зараження могло статися в іншому місці та в іншому середовищі, ніж місце, де врешті реєструється випадок. Ця потенційна дислокація, або відставання у часі та

просторі, ускладнює аналіз виникнення захворювання, причин та факторів, що його визначають. [7]

### Часова географія

Фіксація фактичної динаміки в просторі та часі збудників інфекцій та сприйнятливих (ті, що можуть заразитися) груп населення є майже нездоланною проблемою. Часткове рішення пропонує географія часу, яка забезпечує підхід до дослідження просторово - часової поведінки індивідів та їх взаємодії з навколишнім середовищем. Часова географія рідко використовується для епідеміологічних цілей, але із збільшенням доступу до індивідуальних даних історії проживання та обчислювальної потужності техніки підхід часової географії набуває популярності в просторовій епідеміології. Географія часу - це цілісна онтологічна система, що підтримується технікою візуалізації, основи якої наведені на Рис.2.9. Подібним чином можуть бути візуалізовані різні екологічні компоненти, включаючи небезпеку для здоров'я. Завдяки своїй орієнтації на окремих людей (на відміну від сукупних даних) географія часу відкриває потенціал для більш гнучкого аналізу. [7]

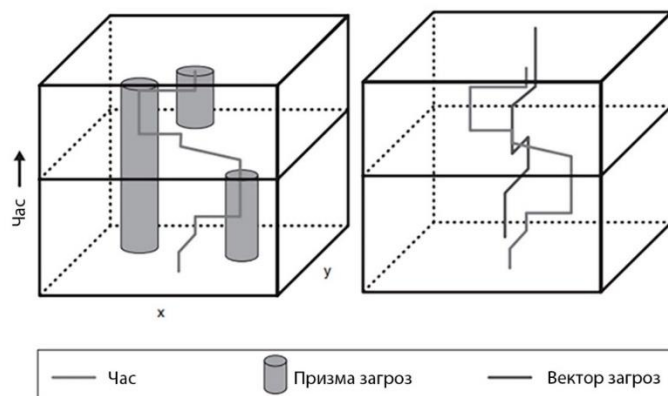


Рис. 2.9 Модель розповсюдження хвороби в просторі і часі

### Системи спостереження за хворобами

Розуміння географічної дифузії хвороб є надзвичайно важливим для довгострокового прогнозування та стримування хвороб. Для втручання в систему охорону здоров'я в надзвичайних ситуаціях необхідне належне

прогнозування та нагляд. Багато звичайних карт розподілу хвороб є грубими і неточними, але були розроблені інструменти для моніторингу, спостереження, моделювання та прогнозування на основі кращого розуміння просторової та часової поведінки захворювань. ГІС може бути корисно застосовано для сприяння спостереженню, моделюванню та аналізу хвороб за умови, що випадки та фактори ризику будуть реєструватися з високою просторовою та часовою точністю. Дистанційне зондування може використовуватися для спостереження за екологічними умовами та середовищами існування збудників та переносників хвороб. Маючи достатньо точні дані, моделювання можна застосовувати на будь-якому рівні, аж до блоків та робочих місць. [5]

Раннє попередження важливе для національної та глобальної безпеки у випадках серйозних інфекційних епідемій. [6] Починаючи з 1992 року, тривога щодо виникнення нових захворювань спричинила низку національних та міжнародних ініціатив щодо відновлення та вдосконалення нагляду та контролю за заразними хворобами. Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) закликала всі держави - члени посилити нагляд за інфекційними хворобами з метою оперативного виявлення нових захворювань та виявлення нових інфекційних хвороб. Успіх цієї ініціативи залежить від здатності отримувати інформацію про інфекційні хвороби та готовності повідомляти цю інформацію на національному та міжнародному рівнях.

RODS (спостереження за спалахами захворювання та в реальному часі) - це тип програмного забезпечення, яке можна використовувати для раннього виявлення епідемій. Якщо системі негайно повідомляти про спалахи хвороб, вона може виявити ознаки епідемій, які люди не можуть побачити з їх обмеженої перспективи. Існує багато національних (і дедалі більше континентальних) систем нагляду за хворобами, таких як Sentiweb - французька система спостереження за заразними хворобами (R é seau Sentinelles France 2008). Одним з основних засобів ВООЗ для створення глобальної системи спостереження стала розробка «network of networks (мережа мереж)», яка пов'язує існуючі місцеві, регіональні, національні та

міжнародні мережі лабораторій та медичних центрів у «мережу суперспостереження».

### **3. Епідемії SARS-CoV та SARS-CoV-2 в контексті медико-географічного картографування**

#### **3.1 Описовий огляд медико-географічного картографування SARS-CoV в Інтернеті**

SARS-CoV - перше велике нове інфекційне захворювання 21 століття

Тяжкий гострий респіраторний синдром (SARS) - це високоінфекційна та потенційно летальна атипова форма пневмонії, яка починається з типічних грипоподібних симптомів. 16 листопада 2002 року в провінції Гуандун на півдні Китаю було виявлено перший відомий випадок SARS-CoV. З тих пір хвороба швидко поширилася міжнародними повітряними шляхами до інших частин світу. Кількість зареєстрованих випадків SARS-CoV зростала в геометричній прогресії, що змусило Світову організацію охорони здоров'я (ВООЗ) оприлюднити глобальне попередження 12 березня 2003 р. Новий коронавірус є збудником надзвичайно небезпечної хвороби. [14]

У всьому світі під час піку спалаху захворювання в першій половині 2003 року SARS-CoV негативно впливала на всі аспекти повсякденного життя: економічні, соціальні, подорожі, робота тощо. [11]

24 червня 2003 р. ВООЗ заявила, що "не рекомендує обмежувати поїздки в райони де зафіксовано випадки хвороби", але рекомендувала особам, які планують подорожувати до ризикованих місць, розглянути можливість відкласти свою поїздку. [8]

#### **Роль ГІС в епідеміях**

Можливо, ніщо не є по своїй суті більш "географічним", ніж вивчення та контроль поширення епідемії у різноманітних відповідних масштабах [9]. Від медико-географічного картографування до епідеміологічного моделювання та служб оповіщення на основі місцезнаходження, ГІС відіграє важливу роль у вивченні та контролі над епідеміями. [21] Це також стосується глобального спалаху SARS-CoV у 2003 році.

З часу появи перших карт, використаних доктором Джоном Сноу у 1854 р. для простеження походження спалаху холери на Брод-стрит, стало очевидним, що ретельно сплановані та розроблені карти можуть бути дуже потужним інструментом підтримки прийняття рішень та просторово-часового аналізу. [43] У випадку епідемій інфекційних захворювань вони дозволяють особам, що приймають рішення щодо охорони здоров'я, мандрівникам та місцевому населенню, що перебуває в зоні ризику, візуально відстежувати та швидко оцінювати зміни, тенденції та закономірності, заховані у великі масиви даних, які постійно змінюються з часом (наприклад, набори даних про SARS-CoV - див. нижче). Це є життєво важливим для прийняття обґрунтованих рішень при розробці та реалізації стратегій боротьби з епідеміями або видачі та оновленні туристичних рекомендацій.

Власне кажучи, під час реагування на спалах ВООЗ використовує спеціальну технологію медико-географічного картографування, яка є частиною існуючої системи попередження та реагування на спалахи епідемій, щоб допомогти у виявленні випадків захворювання та швидкому аналізі динаміки епідемії. ВООЗ також використовує цю епідеміологічну технологію картографування для прогнозування екологічних та кліматичних умов, сприятливих для деяких спалахів хвороб. [38]

### **Приклади географічного картографування SARS-CoV ВООЗ**

На початку спалаху в 2003 році ВООЗ розпочала публікацію статичної неінтерактивної карти світу "сукупної кількості повідомлених ймовірних випадків" на своєму сайті про SARS-CoV [ДОДАТОК А]. На цих картах постраждалі країни, у яких немає доказів місцевої передачі SARS-CoV, мали рожевий колір, тоді як ті, де відбувалася локальна передача SARS-CoV, мали червоний колір. Розмір градуйованого синього кола над постраждалою країною на цих картах відображав сукупну кількість зареєстрованих випадків у цій країні (більші кола означають більше випадків SARS-CoV).

Пізніше, у травні 2003 р., ВООЗ змінила "тип передачі" зі своєї щоденної карти світу SARS-CoV і перейшла на картограму (замість градуйованих кіл), щоб відобразити "кількість поточних можливих випадків" (замість "кумулятивної" кількості повідомлених ймовірних випадків ", що не відображає поточну ситуацію.

Карти розроблялися Групою з питань картографування громадського здоров'я ВООЗ та оновлювались кожні 1–2 дні. ВООЗ також опублікувала графічні криві епідемії SARS-CoV.

13 червня 2003 р. ВООЗ розпочала публікацію даних та карт поточних можливих випадків у Китаї, наданих Міністерством охорони здоров'я Китаю. Рекомендації ВООЗ щодо подорожей до Китаю також були відповіднооновлені того ж дня [ДОДАТОК Б].

### **Corda Technologies**

Corda Technologies, Inc. - розробник рішень для візуалізації даних в штаті Юта (США). Карти SARS від Corda не керуються ГІС. Це карти, створені власним інтерактивним механізмом візуалізації даних Corda (PopChart + OptiMap 5.0). Карти доступні в Інтернеті з метою допомогти проінформувати відвідувачів про ситуацію з SARS-CoV на глобальному та національному рівнях (США) (Рис.3.1)

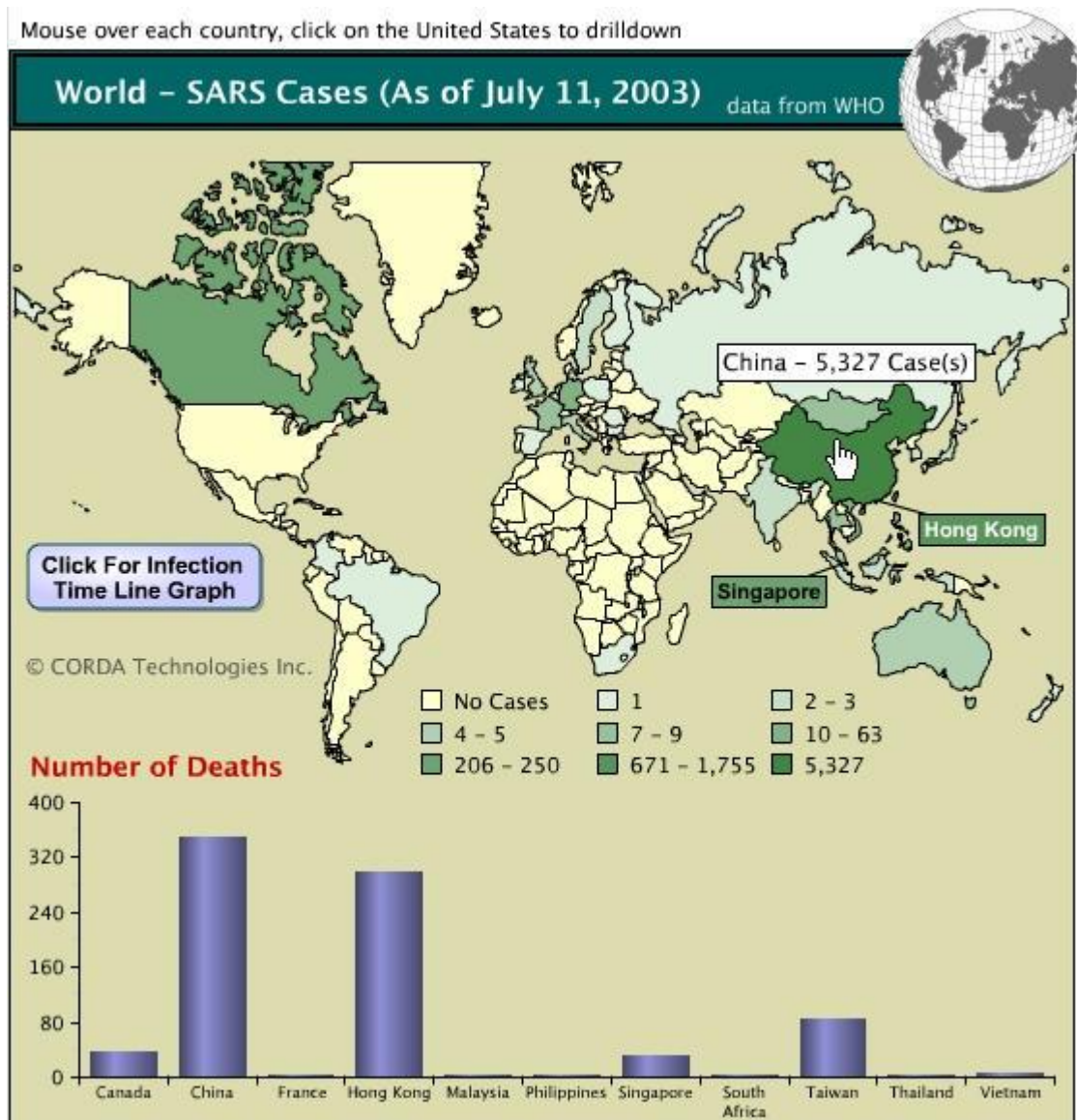


Рис. 3.1 Карта розповсюдження SARS-CoV станом на 11 липня 2003 п. від Corda Technologies

Corda Technologies оновлювала карти щодня або близько того (під час спалаху SARS-CoV 2003 року), базуючись на останніх даних WHO та CDC (Центри США з контролю та профілактики захворювань). Сукупна кількість випадків SARS-CoV (включаючи вилучення та смерть від SARS-CoV з моменту початку підрахунку) наноситься на карту окремих країн, але не на фактичні регіони / райони в межах постраждалих країн, що робить карти менш корисними для осіб, що приймають рішення, відповідальних за видачу

консультаційних записів про подорожі, та мандрівників, які хочуть уникнути ризикових районів.

Карту світу SARS-CoV Корди можна було б значно покращити, також відобразивши кількість поточних випадків SARS-CoV та включивши інформацію про постраждалі райони для інших частин світу. ВООЗ надавала актуальну інформацію про уражену SARS-CoV область на своєму сайті.

Corda також надає зручний графік часових графіків зараження / одужання / смертності від SARS-CoV (Рис. 3.2). Графік дозволяє користувачам з першого погляду візуально контролювати та оцінювати прогрес епідемії.



Рис. 3.2. Графік зараження, одужання та смертності від SARS-CoV

Також цікавим є те, що Національний інститут раку США (NCI) в даний час використовує Corda PopChart та OptiMap для створення своїх карт, діаграм та графіків рівня смертності від раку для США.

### MapAsia.com

Під час спалаху SARS-CoV в 2003 році MapAsia.com, ГІС-компанія у Гонконзі, опублікувала карти розповсюдження SARS для Гонконгу та Китаю

на своєму сервері MapInfo Discovery - сервері веб-карт, керованому ГІС. Було надано ряд карт для SARS, які регулярно оновлювались на основі даних уряду, включаючи розподіл постраждалих будівель, порівняння районів (Гонконг) та розповсюдження в провінціях (Китай) – Рис. 3.3 та Рис. 4.4. Карти пропонували потужну функцію масштабування (на багатьох картах до рівня вулиці / будинку).



Рис. 3.3 Карта розповсюдження SARS-CoV в Гонконгу з показаними буферними зонами в 250 м навколо будинків з потенційними / підтвердженими випадками SARS-CoV від MapAsia.com

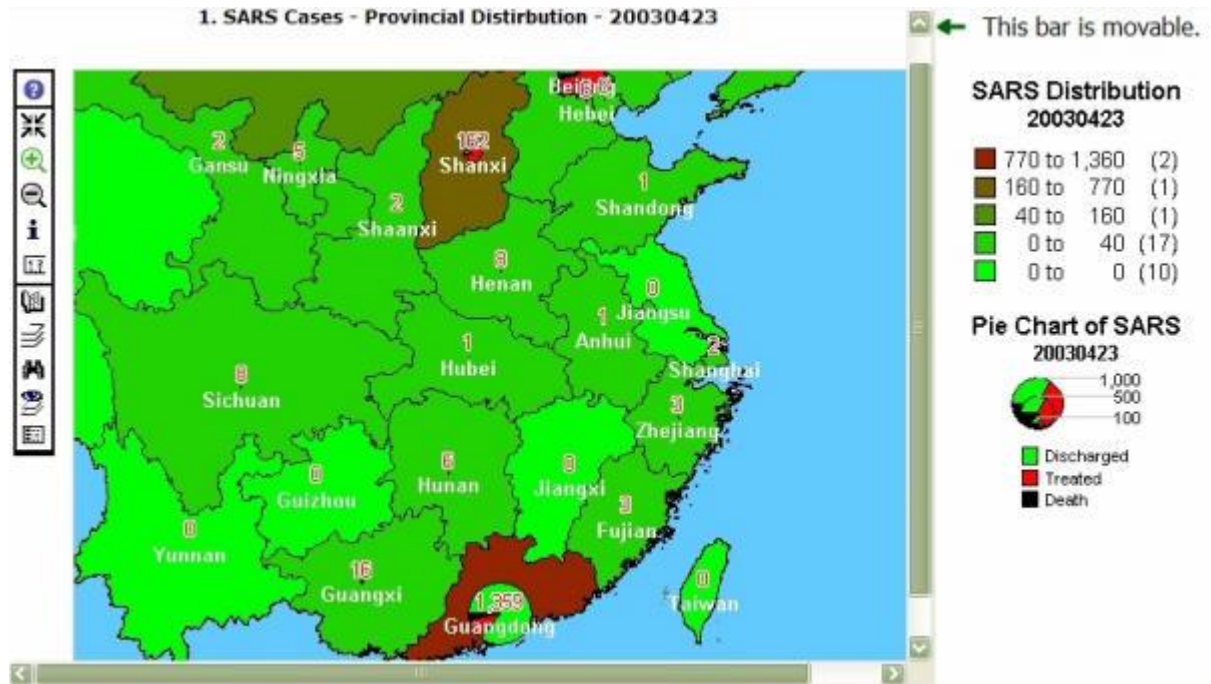


Рис. 3.4. Карта поширення SARS-CoV у провінціях Китаю від MapAsia.com

За даними MapAsia.com, громадяни мають право знати про поширення SARS-CoV там, де вони проживають, щоб вжити всіх необхідних запобіжних заходів для захисту. Деякі карти Гонконгу від MapAsia також простежили поширення SARS-CoV в 250-метровій буферній зоні (Рис. 3.3); це могло б допомогти при оцінці ефективності заходів боротьби з SARS-CoV у постраждалих будівлях та навколо них.

Карта розподілу SARS-CoV в провінціях Китаю, показана на малюнку Рис. 3.4, прийняла форму дихроматичнох (від світло-зеленого до темно-бордового) картограми із градуьованими провінційними круговими діаграмами, що відображають відносну кількість випадків одужання / лікування / померлих у постраждалих провінціях.

### ESRI Китай (Гонконг)

Під час піку спалаху 2003 року ESRI China (Гонконг) запустив "GIS SARS-CoV ", новий веб-сайт картографування, присвячений SARS-CoV (Рис.3.5 )ESRI China вважав, що ГІС можна використовувати для підвищення просторової обізнаності громади щодо боротьби з вірусом SARS-CoV. Вони створили " GIS SARS-CoV " з метою своєчасного розповсюдження інформації

серед населення щодо випадків SARS-CoV та розповсюдження по всьому світу.



Рис. 3.5. Карта розповсюдження SARS-CoV в Гонконгу від ESRI Китай

Інтерактивні карти "GIS SARS-CoV" регулярно оновлювалися на основі останніх даних ВООЗ та Міністерства охорони здоров'я Гонконгу. Є три розділи карт, що містять дуже вичерпну інформацію про розподіл випадків SARS-CoV у світі, Китаї та Гонконгу, включаючи розподіл та адреси заражених гонконгських будівель. Карти Гонконгу також пропонують наступні дві функції для візуалізації близькості окремих будівель із зараженими мешканцями до будинків інших громадян: (1) вимірювання відстані між будь-якими двома будівлями; та (2) показ ділянок будівлі з інфікованими мешканцями на 50 м та 100 м.

Карти були створені за допомогою ESRI ArcIMS, керованого ГІС сервером і мають зручну панель інструментів, яка забезпечує

функціональність, яку можна знайти в стандартному інтерфейсі робочого столу ArcView GIS.

### Hong Kong Yellow Pages

Жовті сторінки Гонконгу надають дуже докладні карти розподілу SARS-CoV з потужними функціями панорамування та масштабування до рівня вулиці / будівлі (Рис.3.6). Карти дозволяють користувачам знайти район Гонконгу та ситуацію з забудовою. Користувачі можуть ввести місце (англійською чи китайською мовами), щоб знайти найближчі п'ять заражених будівель та їх розположення на карті. Служба також може показувати на картах місцезнаходження районних лікарень та відображати їх повні адреси.

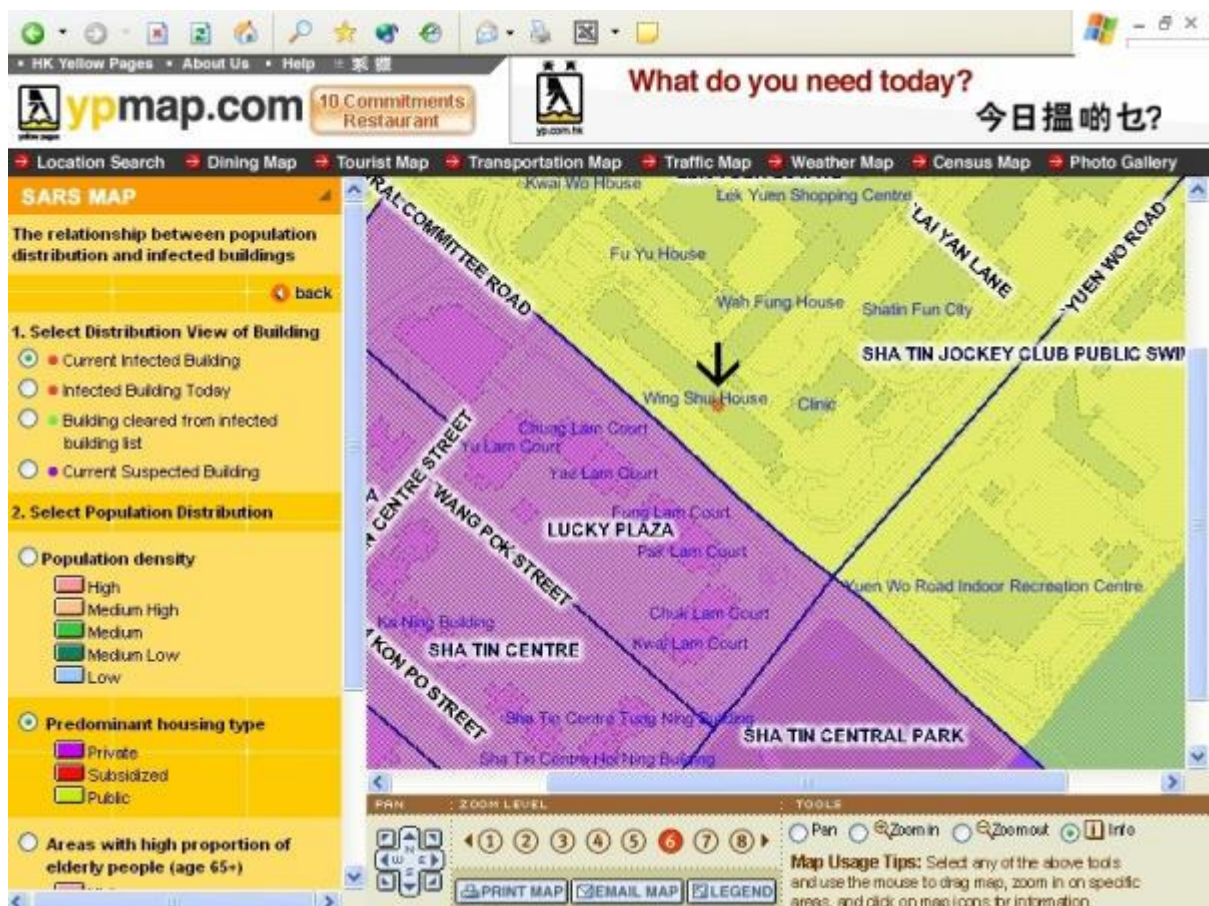


Рис. 3.6. Карта розповсюдження SARS-CoV в Гонконгу від Hong Kong Yellow Pages

Тематичне картографування, аналіз накладання (overlay analysis) та аналіз точок в полігоні (point-in-polygon analysis) використовуються для вивчення та висвітлення взаємозв'язку між різними аспектами розподілу населення та зараженими будівлями на картах. Охоплені аспекти розподілу населення - щільність населення, переважний тип житла (Рис.3.7), райони з високою часткою людей похилого віку у віці 65+ (вікова група з найвищим рівнем смертності від SARS-CoV) та райони з високою часткою студентів.

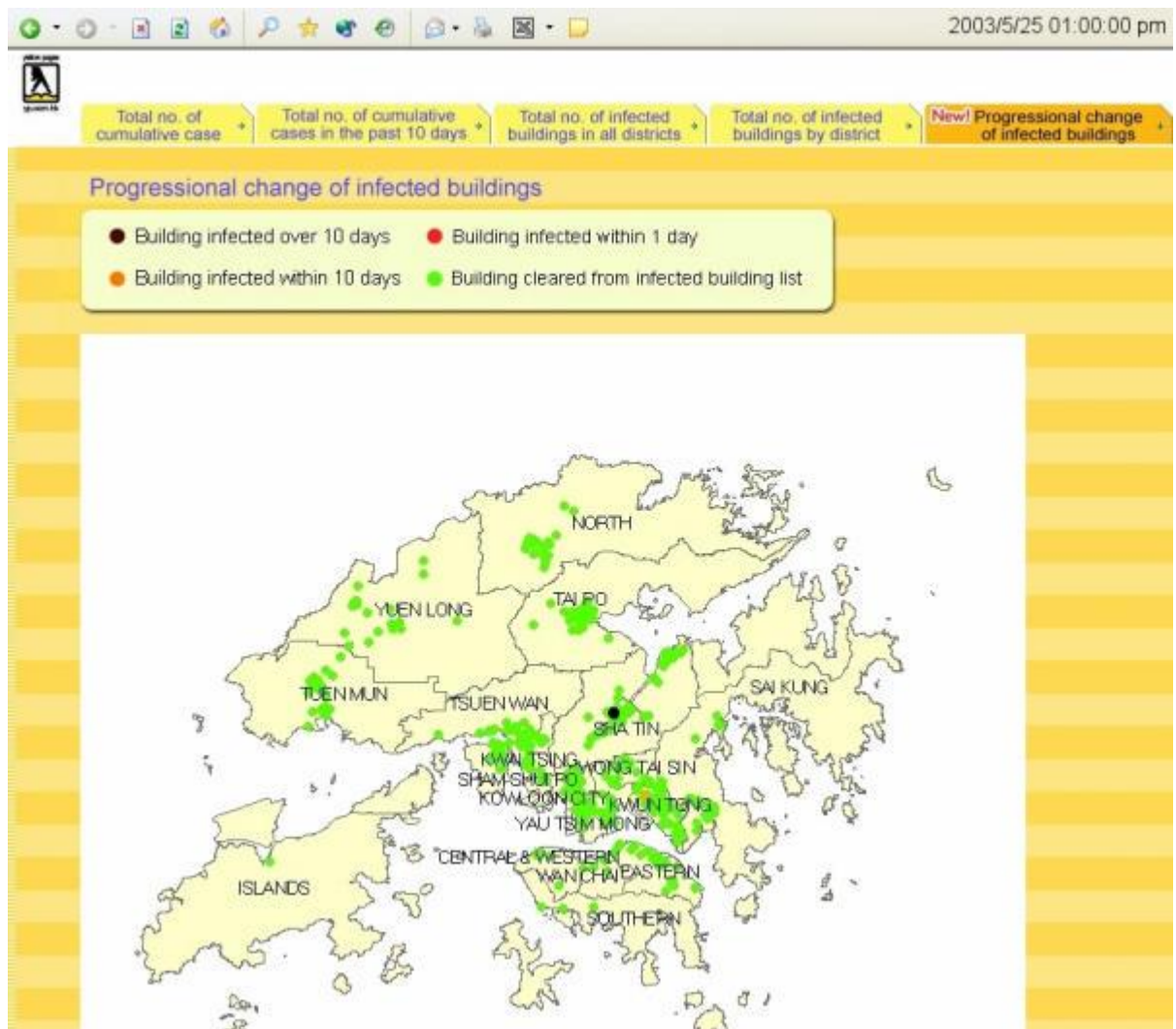


Рис. 3.6 Карта розповсюдження SARS-CoV в Гонконгу від Hong Kong Yellow Pages

Карти Hong Kong Yellow Pages створювались миттєво на основі останніх даних про SARS-CoV. Послуга працювала на базі ESRI ArcIMS та ArcSDE (Spatial Database Engine) ГІС-технології.

## **База даних SarsNet та геоінформаційна система**

SarsNet був натхненний BOOЗ та розроблений у співпраці з Центром BOOЗ з нагляду за хворобами та Інститутом медичних досліджень та охорони здоров'я (INSERM Unit 444), Париж, Франція. Він надавав вичерпну сучасну статистику про SARS-CoV з різних країн та за різні періоди часу. Інтерфейс SarsNet дозволяє користувачам вказувати інформацію, яку вони хочуть переглянути (які елементи даних / статистику, яке географічне розташування та охоплений період часу) та формат, в якому SarsNet повинен надавати обрану інформацію на льоту (існує широкий діапазон текстових та графічних форматів на вибір, включаючи анімовані карти GIF).

SarsNet унікальний тим, що дозволяє користувачам вивчати часовий вимір поширення SARS-CoV, створюючи динамічні карти на основі послідовних статичних карт щоденних або тижневих випадків SARS-CoV. Анімаційні карти створюються за допомогою Macromedia Flash або як анімовані GIF-файли. Карти, включені в анімацію, повинні охоплювати абсолютно однакову географічну область, мати однаковий масштаб і використовувати однакові класифікації (якщо такі є). SarsNet автоматично піклується про всі ці умови.

### **Інші карти**

Компанія SuperMap GIS Technologies, Inc., що займається розробкою програмного забезпечення, пов'язана з Центром промислового розвитку географічної інформації Китайської академії наук, підготувала інтерактивну інтерактивну карту поширення SARS Китаю.

Група добровольців, які мають відношення до кафедри географії Університету Гонконгу (HKU), розробила ще одну карту SARS-CoV на базі ГІС з англійським інтерфейсом. На карті HKU відображаються заражені SARS-CoV райони Гонконгу протягом п'яти днів (кожен день представлений як окремий шар карти).

Протягом червня та липня 2003 року Департамент географії HKU пропонував "Семінари з картографування SARS-CoV ", щоб запровадити ГІС

для картографування SARS-CoV, що також застосовується до картографування захворювань загалом. Конкретні основні питання семінару включали методи дослідження: (1) просторово-часовий прогрес захворювання; (2) поширення хвороб у вертикальній будівлі (це може виявитися корисним при перегляді чинних будівельних / будівельних норм для досягнення більш здорових умов життя та мінімізації поширення хвороб у разі спалахів інфекційних хвороб); (3) можлива кореляція захворювання з демографічними або екологічними даними; та (4) виявлення скупчень за джерелами зараження або географічною близькістю.

SpatialNews опублікувала на своєму сайті низку статичних карт поширення SARS в Сполучених Штатах. Карти були сформовані з використанням даних ESRI ArcView GIS та CDC.

У щотижневому звіті CDC про захворюваність та смертність від 2 травня 2003 р. Було опубліковано ще одну цікаву карту, на якій показано розташування аеропортів США, в які літаки прибувають із гарячих точок SARS-CoV, таких як Південно-Східна Азія та Торонто, Канада.

### **3.2. Картографування епідемій та пандемій на прикладі SARS-CoV-2**

Картографічне зображення поширення хвороб має давню традицію. Серед перших, хто проводив дослідження щодо такого розповсюдження щодо його просторових аспектів, був Валентин Сілмен, який опублікував дві карти про спалах жовтої лихоманки 1795 року в Нью-Йорку (Рис. 3.7.). Сілмен наніс на карту всі випадки смерті, спричинені жовтою лихоманкою в цій області. Іншим відомим прикладом є карта спалаху холери 1854 року, яка була створена Джоном Сноу і показує кількість смертей поблизу Брод-стріт у Сохо, Лондон (Рисунок 3.2). Хоча його дослідження можуть страждати від деяких

систематичних недоліків, вони знову демонструють, наскільки важливою може бути візуалізація поширення захворювання. [17]

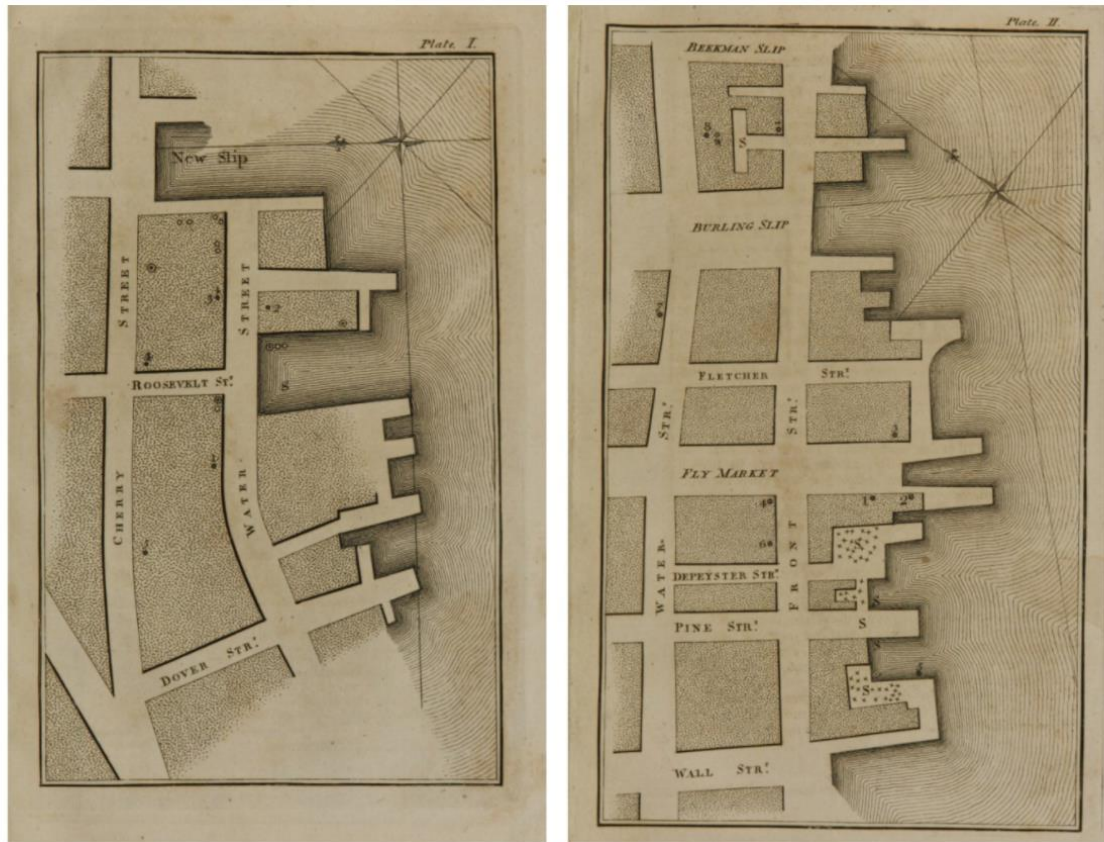


Рис.3.7 Карта розповсюдження жовтої лихоманки в Нью-Йорку в 1795 р.

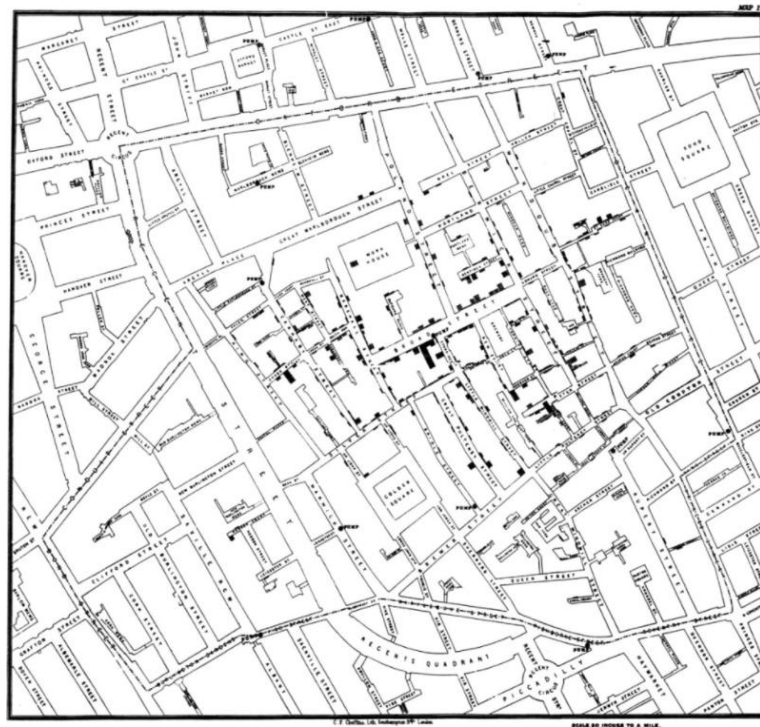


Рис. 3.8 Карта розповсюдження холери в Лондоні в 1854

Поточна історія показує, що епідемії та пандемії не залишилися в минулому. В даний час триває пандемія COVID-19, що виникла в Ухані, Китай, у листопаді 2019 року. Вірус SARS-CoV-2, який викликає хворобу COVID-19, має зоонозне походження, що, ймовірно, є причиною, чому спочатку він поширювався не дуже ефективно. Пізніше, у лютому 2020 року, вірус поширився в більших масштабах, що призвело до багатьох десятків тисяч підтверджених інфекцій. Через вжиті заходи щодо припинення розповсюдження хвороби в цей час вона дещо сповільнилася. За весь час пандемії кількість заражених перевищила відмітку в 150 мільйонів, а кількість летальних випадків – 3 мільйони. Цілком ймовірно, що реальна кількість заражень та смертей набагато вища, і історія покаже, яка частка світового населення буде заражена до кінця пандемії. [20]

Наслідки пандемії можуть бути досить руйнівними. Наприклад, під час пандемії іспанського грипу 1918–1919 рр. Близько третини населення світу заразилося, спричинивши близько 50 мільйонів смертей у всьому світі (ці цифри є предметом суперечок, і досі існує багато відкритих питань щодо цієї пандемії). Ця пандемія мала серйозні соціальні та економічні наслідки, деякі з яких все ще відчувалися через багато десятиліть. [17] Ступінь впливу поточної пандемії як на соціальне життя, так і на економіку ще належить з'ясувати. У всьому світі було вжито багато заходів, щоб стримати хворобу, і потрібна своєчасна інформація, щоб зрозуміти, який вплив мають ці заходи. Така інформація важлива як для експертів, так і для політичних лідерів, які приймають рішення, а також для широкої громадськості.

Відповідно до їх визначень, географічне розташування є важливим фактором як епідемії, так і пандемії. Головна різниця між епідемією та пандемією полягає в основному в просторовому масштабі. Наголос на просторових аспектах свідчить про те, що карти повинні виявитися особливо ефективними у наданні інформації про епідемію.

Існує ряд систем для аналізу та візуалізації епідемій та пандемій. Більшість з цих систем призначені для візуального передання кількості інфікованих та смертей, які можуть спостерігатися під час епідемії. Наприклад, ці системи зображують просторовий розподіл кількох аспектів, пов'язаних з епідемією, за допомогою картограм або пропорційних умовних позначень. Розподіл таких значень може було візуалізовано за допомогою гістограм. Інші системи роблять більший акцент на моделюванні епідемії. Вони дозволяють зрозуміти наслідки певних дій та заходів, вжитих для моделювання поширення епідемії. [10] Відповідні результати в багатьох випадках візуально передаються за допомогою карт та діаграм. Системи для аналізу даних сильно відрізняються між собою за тим, як вони зображують дійсність. Деякі з цих систем зосереджуються на статистичному аналізі даних з метою визначення особливостей поширення епідемії. Інші зосереджуються на візуальному передаванні даних, що полегшує винесення висновків на основі логіки.

У літературі можна знайти численні приклади візуалізації. Наприклад, Christakos et al. (2005) використовують у своїй книзі ізолінії, значки руху та картограми для моделювання епідемії. Інші наукові публікації використовують добре відомі методи (наприклад, гістограми) та пов'язують їх. [10] Інші публікації зосереджуються на просторовій взаємодії в контексті «теорії мережі», яка зазвичай зображується матрицями та графіками зв'язку. Просторова взаємодія часто включає не лише просторові аспекти, а й топологічні характеристики мережі взаємодії, що в більшості випадків більш важливо. Для зосередження уваги на просторових аспектах у більшому масштабі часто використовують карти та прийоми, пов'язані з картою. Домінкович та ін. (2011) обговорюють матриці близькості полігонів та аналіз статистики з'єднань як картографічні засоби в контексті поширення захворювання, а Carr et al. (2000) обговорюють графічні діаграми, що відображають рівень смертності для кожної просторової одиниці в поєднанні з картами для передачі положення просторових одиниць. Інші приділяють

більше уваги нетрадиційним способам, крім класичних картографічних засобів, з метою візуалізації епідемії незалежно від аналізу даних. Наприклад, Karlsson et al. (2013) дослідили діаграми як засіб для відображення того, як певний аспект розподілений між різними віковими категоріями, як варіант вищезазначених часових проміжків. [10]

Як підкреслювали Олсен, карти, як правило, неправильно трактуються в контексті захворювань. Це стосується, зокрема, ідентифікації просторових кластерів, оцінки абсолютних та відносних чисел та уникнення когнітивних перевантажень через складність, притаманну даним. Відповідно, існує потреба в адаптації методів та програмного забезпечення для візуалізації відповідними способами просторових аспектів поширення хвороб.

При розробці медико-географічних карт, як правило, доводиться покладатися на обмежену кількість даних. Серед доступних даних зазвичай є кількість людей, які заражені в яких місцях і в який момент часу. Це не випадково, оскільки епідемія в основному характеризується швидким розповсюдженням хвороби, яка вражає велику кількість людей, коли епідемія смертельна, тим самим наголошуючи на важливості простору, часу та кількості людей, що заразилися, загинули і видужали. Особливо у випадку пандемії, просторовий аспект стосується як місцевих, так і глобальних явищ, оскільки інфекції передаються від однієї людини до іншої, що веде як до місцевих, так і до глобальних вогнищ захворювання. Ці дані часто поширюються на кілька порядків, що робить необхідними нелінійні способи подання. Наприклад, кількість захворювань в Хубеї, Китай, майже на два порядки більше, ніж у сусідніх провінціях. Отже, візуалізація всіх трьох аспектів (простору, часу, чисел) є ключовою для розуміння епідемії. [16]

Спільного представлення місця, часу та кількості заражень важко досягти лише традиційними картографічними засобами. Однак це не означає, що відповідна інформація не могла бути передана належним чином, оскільки певні поєднання цих трьох аспектів є особливо значущими у світлі географічних явищ. [8]

На Рис. 3.9, Рис.3.10 та Рис.3.11 показані деякі картографічні та інші візуальні прийоми для декодування поєднань аспектів, пов'язаних з епідемією. Наприклад, картограми можна використовувати для передачі відсотка заражених людей (Рис. 3.9). Якщо потрібно передати додаткові показники, наприклад, відносну кількість смертей, можна поєднати дві або більше картограми. Цього можна досягти або забарвленням кордонів просторових одиниць, що використовуються, що дає можливість передати один додатковий показник, або за допомогою регулярного візерунка (наприклад, заштриховки), тим самим даючи можливість передавати два чи навіть більше показників. Картограми легко читати, але поєднання декількох картограм значно зменшить читабельність карти. Крім того, картограми обов'язково обмежуються відносними числами або відсотками. Щоб краще зрозуміти потенційний вплив людей, які пересуваються та потенційно заражають інших, а також вимоги до системи охорони здоров'я, вигідно повідомляти абсолютні дані. Діаграми - одне з рішень для передачі абсолютних чисел, що також дозволяє додати на карту додаткову тематичну інформацію. Діаграми, представлені колами або напівколами, як показано на Рис. 3.9, особливо корисні у завдяки тому, що дані часто розширюються на кілька порядків. Незважаючи на цю перевагу, слід зазначити, що відмінності в розмірах діаграм, як правило, недооцінюються. [13] Кольорові схеми останніх часто сприймаються як майже лінійні і, отже, більш придатні для більш-менш лінійного масштабування. Однак при високій щільності діаграми приховували б значну частину змісту карти. Одне з рішень - показати лише межу діаграм, на випадок, якщо цифри перевищують заздалегідь визначений діапазон, можливо з частковою прозорістю внутрішньої області. Оскільки у випадку деяких епідемій помирає лише невеликий відсоток заражених людей, як правило, існує необхідність вибору різних масштабів діаграм. Можна стверджувати, що замість двох напівкіл слід використовувати секторну діаграму, оскільки кількість померлих від хвороби становить частку від загальної кількості заражених людей. Зокрема, це навіть забезпечить краще

візуальне розуміння рівня смертності від епідемії, яке визначається як відношення смертності до осіб, які перебувають у групі ризику [13]. «Відставання» даних між кількістю заражених та можливою смертю робить неможливим інтерпретацію двох чисел, що відображаються напівколами у їх взаємному контексті, без подальшого тлумачення, поки епідемія все ще активна, і якщо цифри не відображають це часове відставання належним чином.

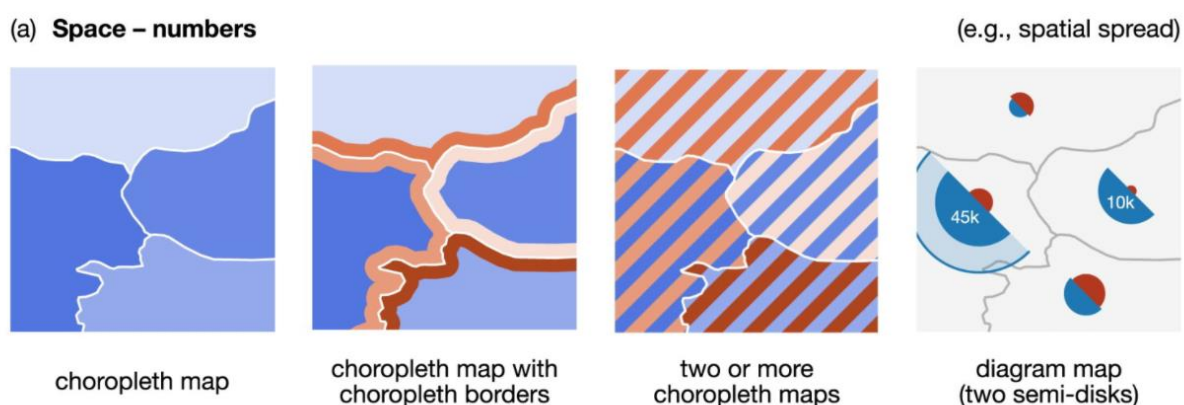


Рис. 3.9 Використання картограм для передачі інформації про рівень розповсюдження SARS-CoV-2

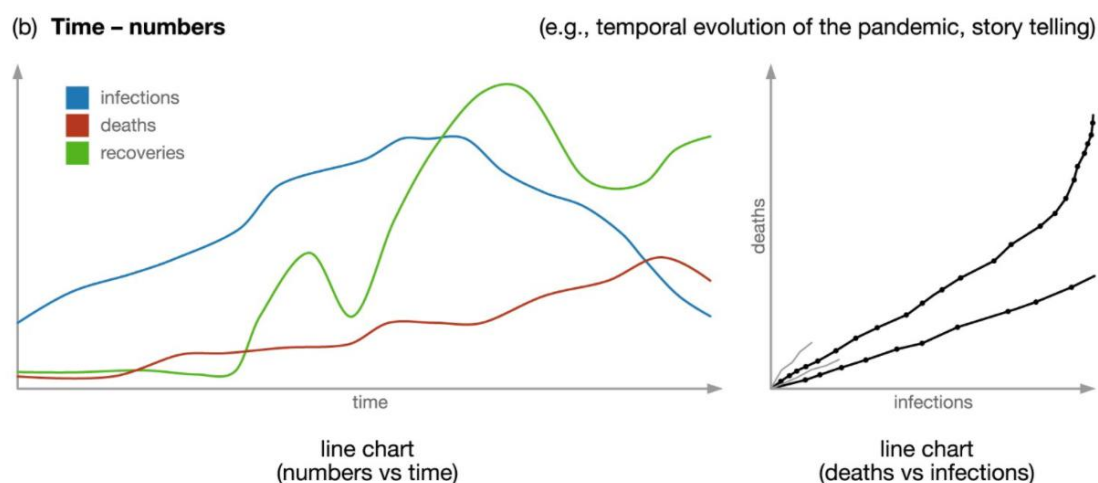


Рис. 3.10 Використання лінійних графіків для передачі інформації про рівень розповсюдження SARS-CoV-2

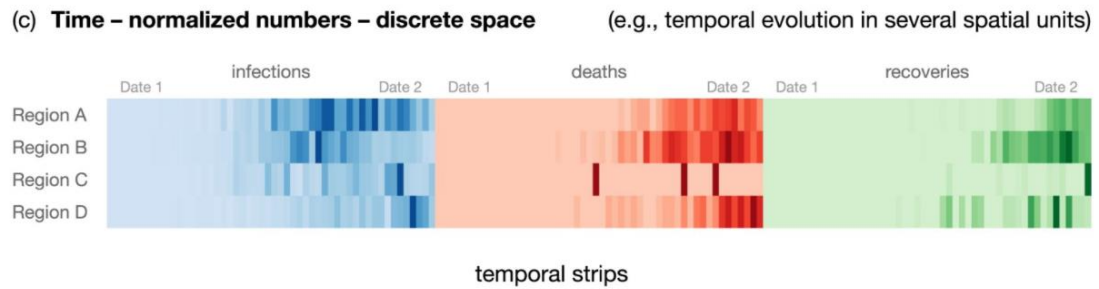


Рис. 3.11 Використання «часових стрічок» для передачі інформації про рівень розповсюдження SARS-CoV-2

Часова еволюція кількості заражень, одужань, смертності та вакцинацій з часом, як правило, зображується в графіках. Іншим способом відображення кількості заражень та смертей у взаємному контексті є використання цих двох чисел як осей діаграми, як показано на Рис.3.10. Потім можна вказати комбінацію кількості інфекцій та смертей для кожного моменту часу та кожної просторової одиниці, з лініями, що з'єднують кілька моментів часу для однієї просторової одиниці. [2] Відповідно, для кожної просторової одиниці показано одну криву. Перевагою графіків є те, що форма кривих здатна розкрити кілька аспектів часової еволюції епідемії. По-перше, нахил кривої стосується поточного рівня смертності, який, як правило, змінюється з часом через тимчасове відставання між зараженням та смертністю. Зміна похилу, по-друге, показує, чи швидкість епідемії прискорюється, залишається незмінною або навіть сповільнюється. Якщо нахил постійний з часом, це свідчить про те, що поточний рівень смертності не змінюється, що зазвичай трапляється, якщо кількість нових інфекцій та смертей є постійним. Крива, яка з часом повертає вправо, вказує на прискорення епідемії, тоді як крива, що повертається вліво, вказує на те, що епідемія зупиняється. По-третє, при розбитті кривої на менші рівні сегменти (наприклад, на кожен день), прискорення епідемії вказується збільшенням довжини сегментів. [35] У разі сповільнення епідемії сегменти знову стають коротшими, що може унеможливити їх правильний показ. По-четверте, зазвичай можна очікувати, що крива буде плавною. Різкі зміни часто

свідчать про зміну методів підрахунку та подібних явищ, які легко можна виявити таким чином. Слід зазначити, що лінійне масштабування осей тут вигідне, оскільки логарифмічне масштабування зробить зміни похилу менш помітними та спотворить кінець епідемії порівняно з її початком. Часова еволюція цих чисел також може бути досліджена для кількох просторових одиниць одночасно, як показано на Рис.3.11. «Часові стрічки» дозволяють зобразити великі відмінності з часом набагато простіше, ніж якби використовувались графіки. Хоча цей прийом дозволяє легко порівняти «часове відставання» цих даних для кількох просторових одиниць, він має два основних недоліки. По-перше, просторові співвідношення між (дискретними) просторовими одиницями не передаються. По-друге, дані потрібно нормалізувати на просторову одиницю, оскільки різниця в числах між просторовими одиницями перевищує те, що в багатьох випадках можливо передати візуально в такому обмеженому просторі. [40]

### **3.3. Використання веб-карт для передачі інформації про розповсюдження COVID-19**

У 2020 році людство зіткнулося з глобальною пандемією COVID-19, викликаною вірусом SARS-CoV-2. Коли кількість випадків перевищила 30 мільйонів, а в серпні майже мільйон людей загинуло, людство зазнало таких руйнівних наслідків пандемії вперше за сто років. Карти стали відігравати все більшу роль у передачі просторово-часової інформації масовій аудиторії з часів «іспанської» пандемії грипу 1918–1919 років. На сьогоднішній день карти сучасної пандемії є скрізь, за відміну від XIX століття, їх творці мають перевагу у використанні динамічних методів для відображення динамічних явищ (таких як хвороби) у часі та просторі. Доступ до багатомасштабних цифрових карт, обробка великих масивів даних та їх розповсюдження через мережу Інтернет для надання актуальної інформації майже в реальному часі

дозволили передавати інформацію про поширення хвороби мільйонам людей по всьому світу. [15] Розуміння впливу COVID-19 зросло пропорційно із застосуванням картографування у державному та приватному секторах, особливо за допомогою інформаційних панелей майже в реальному часі (Rosenkrantz et al., 2020). Наприклад, інформаційна панель COVID-19, розміщена Центром системної науки та інженерії (CSSE) при Університеті Джона Хопкінса (JHU, 2020) (Рис. 3.12), яка вперше була публічно опублікована 22 січня, ілюструє місце та кількість підтверджених випадки COVID-19, смерті та одужання для всіх постраждалих країн і був розроблений, щоб забезпечити дослідників, органи охорони здоров'я та широку громадськість зручним інструментом для відстеження спалаху в процесі його розвитку (Dong et al., 2020). Інформаційну панель JHU наслідували у всьому світі - навіть творці шкідливих програм - і, можливо, є провідним апаратом глобальної ситуаційної обізнаності щодо COVID-19. [15]

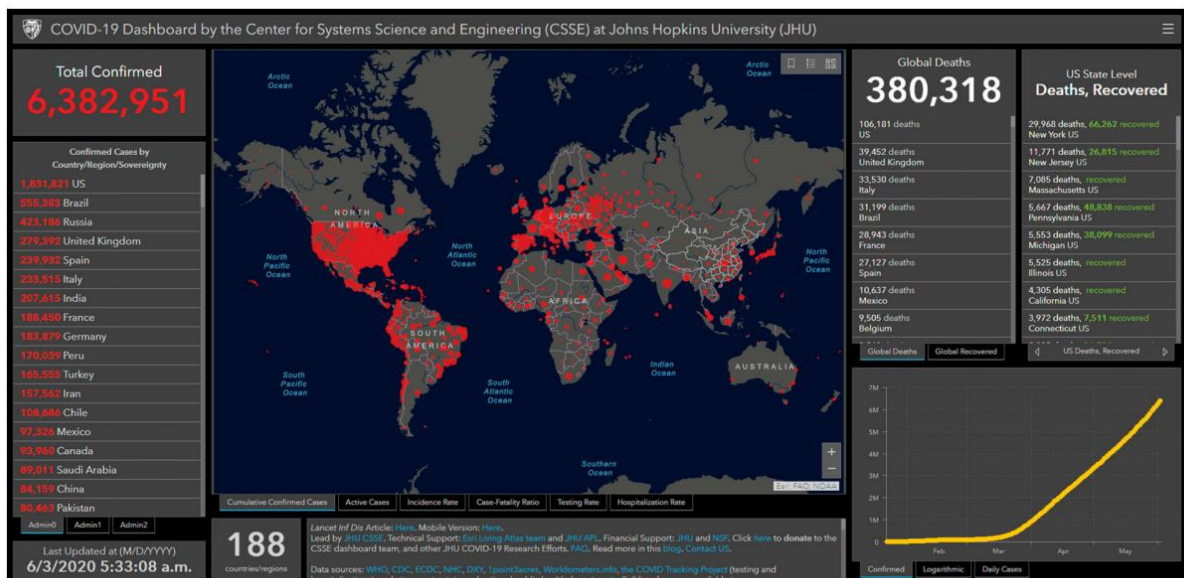


Рис.3.12. Веб-карта розповсюдження COVID-19 від Центра системної науки та інженерії (CSSE) при Університеті Джона Хопкінса (JHU, 2020)

Неважко зрозуміти, чому карти зайняли центральне місце у візуальному передаванні інформації про пандемію. Вони пропонують неперевершену комбінацію мається на увазі авторитету (як впливає з їхньої передбачуваної

об'єктивності та неавторизованості) з унікальною здатністю представляти просторові закономірності в одну мить. Тим не менше, картографування COVID-19 у глобальному масштабі представляє власні значні проблеми. Методи звітування різняться залежно від країни, а також те, як в деяких країнах змінюється кількість смертностей, пов'язаних із цією хворобою, з моменту першої реєстрації смертей<sup>4</sup>, тоді як дані, зібрані від різних організацій у державних відомствах та поза ними, повинні бути налаштовані та інтегровані. [16] Більше того, завоювання довіри користувачів є надзвичайно важливим у той час, коли соціальні медіа регулярно розглядаються як постачальники новин. Потенціал карт інформувати, дезінформувати або дезінформувати є найбільшим, коли існує нагальний попит на інформацію, особливо, коли новина розбивається. Мапи, мабуть, найбільш успішні в тому, щоб «заразитися вірусом» на цьому етапі «інформаційного занепокоєння»<sup>5</sup>, склавши правдоподібне враження, що як апеляції, так і відповідність тому, що, на думку користувачів, можуть бути правдою. Нерідкі випадки, коли успішне розповсюдження є ненавмисним, як це було продемонстровано на ранніх стадіях пандемії, коли кілька інформаційних агентств неправильно інтерпретували карту із маршрутами глобальних повітряних подорожей як вказівку на те, де жителі Уханя (китайського міста, де відбувся перший спалах SARS-CoV-2 було зафіксовано в грудні 2019 р.) Подорожували протягом двох тижнів до їх тримісячного блокування. [9]

Гнучкість, динамічність та простота створення, властиві сучасним веб-картографуванню. Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) попередила, що пандемія COVID-19 супроводжується масовим поширенням дезінформації, що ускладнює доступ людей до надійних джерел даних і достовірної інформації. Насправді веб-карти не є поганими інструментами, але стають такими при неправильному, широкому використанні та без урахування основних даних, моделей, процесів та основних картографічних принципів.

Складна епідеміологія SARS-CoV-2 / COVID-19 варіюється в широких межах і досі не до кінця зрозуміла. Це походить від багатьох факторів: географії, соціально-демографічних показників, культурних аспектів, політичних рішень та немедикаментозних втручань, таких як карантин. Широко доступне програмне забезпечення для створення веб-карт дуже зручне для користування і не потребує високих навичок в картографії та географічних інформаційних системах (ГІС). Це може сприяти поширенню в Інтернеті карт сумнівної якості. Картографування даних про здоров'я та епідеміологію не є простим напрямком. [6] Навіть прості дані про стан здоров'я можна збирати, аналізувати та візуалізувати по-різному; однак за останні роки географія перетворилася на простір, керований даними (Miller and Goodchild, 2015), який здатний мати справу з розумінням та візуалізацією таких складних питань.

Веб-карти - це онлайн-картографічні платформи, що дозволяють накладати географічні дані на цифрові карти. Ці карти вбудовані у веб-сторінки чи додатки та є інтерактивними (пропонують масштабування, панорамування, виділення тощо). За останні два десятиліття наступила нова ера у картографуванні [6]. Інтернет-карти тепер пропонують безліч функцій та послуг, включно з традиційними функціями ГІС.

Вибір дизайну, що забезпечує чітке та ефективне передавання неправдивих даних, є основною проблемою у веб-картографії. Поява веб-картографування також може розглядатися як демократизація картографії, передача карт і можливостей картографування в руки більшої кількості людей. За даними Crampton and Krygiel, перехід від традиційної картографії до децентралізованого Інтернету робить карти ще більш потужним інструментом, оскільки використання карт вже не є привілеєм лише професійних картографів та науковців. Сила карт походить від довіри людей та тенденції наївно сприймати їх як істину [3], що небезпечно в епоху фейкових новин.

Просторова епідеміологія широко розглядає веб-карти як чудовий інструмент для аналізу поширення інфекційних хвороб, а також публічної інформації. Однак складність даних про захворювання може спричинити неправильне тлумачення та когнітивне перевантаження. [3] Навіть добре сплановані карти можуть страждати від синдрому «багатих на дані, але недоліку інформації» (DRIP), якщо виробники карт намагаються необережно помістити занадто багато ресурсів в один інтерфейс. Карти, які часом відповідають різним просторовим одиницям і посилаються на різні аспекти пандемії - рівень зараження, місця тестування, динаміку популяції - можуть легко заплутати випадкових користувачів.

Серед найпоширеніших проблеми, пов'язані з веб-картами, що використовуються у розповсюдженні інформації про COVID-19, можна виділити наступні:

- Використання неправильних шкал та одиниць картографування.
- Неправильне використання умовних знаків.
- Надто переповнені точкові / штифтові карти із зазначенням випадків COVID-19 або розташування медичного закладу.
- Погано градуйовані або класифіковані картограми.
- Переважне використання картограм над іншими способами відображення.
- Карти без нормалізації
- Відсутність позначень для територій, на яких немає даних
- Неефективні уявлення про тимчасову динаміку поширення COVID-19 через складність епідеміологічних моделей.
- Загалом поганий дизайн карт.

Більшість карт, які ми бачимо в даний час, зазнають впливу однієї або кількох із цих проблем. Як приклад, на Рис 3.12 наведені послідовно агреговані дані на одній і тій же карті, що робить візуальне порівняння різних районів оманливим: Італія та Іспанія мають однакову кількість заражень, але

на карті відображаються по-різному. Крім того, методологічна невизначеність на цій карті не представлена, як у випадку Угорщини та Словаччини: даних на ці країни немає.



**Figure 1.** COVID-19 cases as seen on HealthMap. Inconsistent use of spatial aggregation across countries gives a false impression of the virus' spread.

Source: HealthMap (<https://www.healthmap.org/covid-19/>).

Активация Windows  
Чтобы активировать

### Рис. 3.12 Карта розповсюдження COVID-19 в Європі створена HealthMap

Викладені вище проблеми не стосуються лише веб-карт, оскільки традиційні карти, що є в Інтернеті як статичні зображення, також можуть мати подібні проблеми. Висновок щодо епідеміологічної ситуації, до якого прийде користувач залежить від того, наскільки ефективно карта подає інформацію простими візуальними способами.

## 3.4. Створення карт розповсюдження, летальності та вакцинації від SARS-CoV та SARS-CoV-2

Одним з головних завдань даної наукової роботи було створення карт розповсюдження SARS-CoV та SARS-CoV-2. В ході роботи було створено 4 карти, кожна з яких висвітлює ті чи інші аспекти географічного поширення цих хвороб.

Основним інструментом при створенні цих карт було програмне забезпечення Quantum GIS 3.18. Компоновка карт була проведена в програмному забезпеченні Adobe Illustrator.

Всі дані про кількість заражень, смертей та вакцинацій була взята з бази даних Центра системної науки та техніки університету Джонса Хопкінса (JHU CSSE).

### Карта кількості заражень на SARS-CoV-2 в світі

Перша з розроблених відображає відсоток населення у якого був виявлений SARS-CoV-2 по кожній країні станом на 1 квітня 2021 року (Рис. 3.13) [ДОДАТОК В]. Масштаб карти – 1: 100 000 000, розміри – 210 на 297 мм.

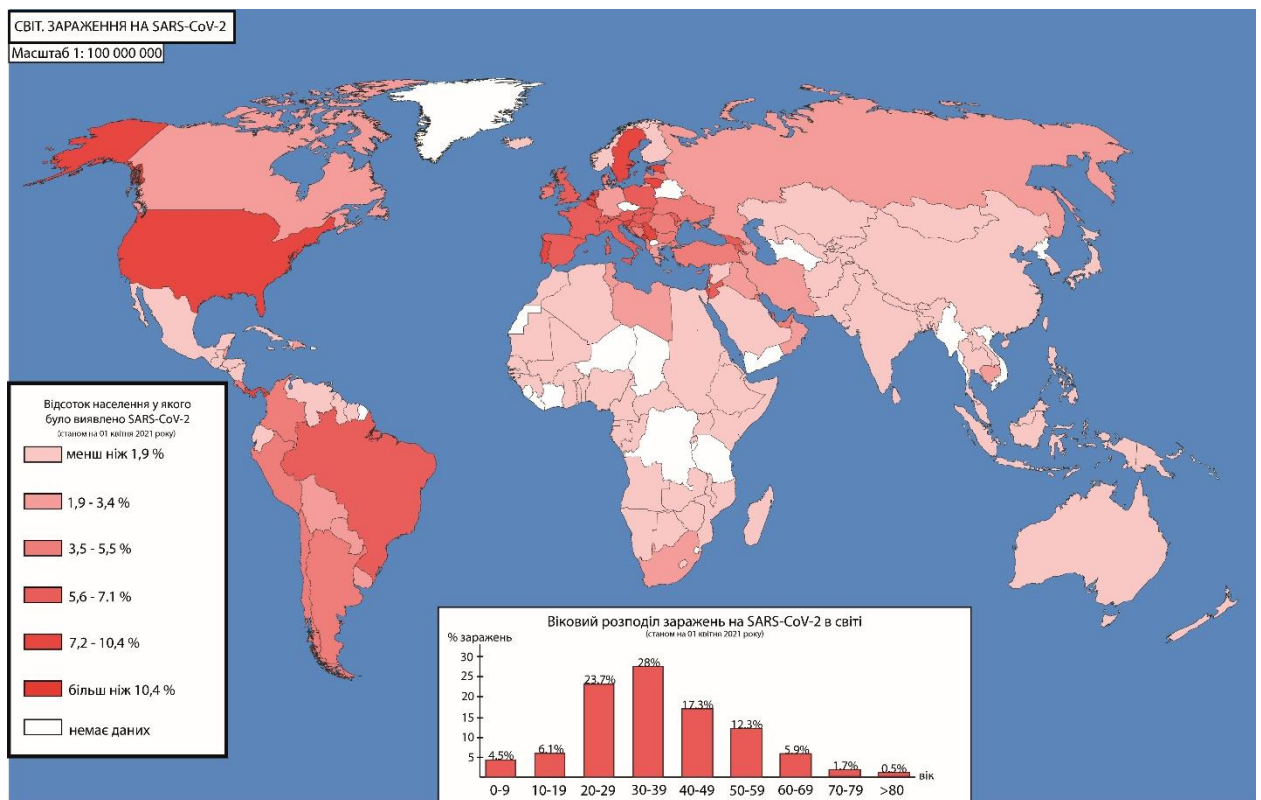


Рис.3.13 Карта: СВІТ. ЗАРАЖЕННЯ НА SARS-CoV-2

Основним способом передачі інформації є – картограма розбита на наступні інтервали відповідності до відсотка осіб у яких було виявлено SARS-CoV-2:

- менш ніж 1.9%
- 1.9 – 3.4 %
- 3.5 – 5.5 %
- 5.6 – 7.1 %
- 7.2 – 10.4 %
- більш ніж 10.4%

Також на карті білим кольором позначено країни на які немає даних, що до кількості заражень через їх низький рівень розвитку, їх «закритість» чи з інших причин.

Також до карти додані довідкові дані в вигляді графіку вікового розподілу заражень на SARS-CoV-2 по кожній віковій групі.

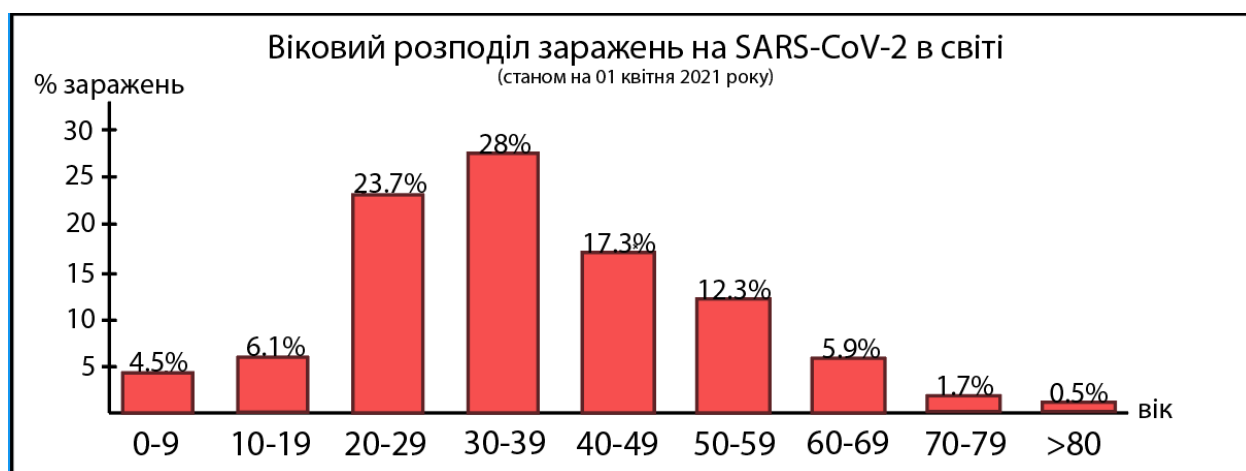


Рис. 3.14 Віковий розподіл заражень на SARS-CoV-2 в світі

### Карта летальності від SARS-CoV-2 в світі

Друга карта відображає відсоток летальності від SARS-CoV-2 по кожній країні станом на 1 квітня 2021 року (Рис. 3.15) [ДОДАТОК Д]. Масштаб карти – 1: 100 000 000, розміри – 210 на 297 мм.

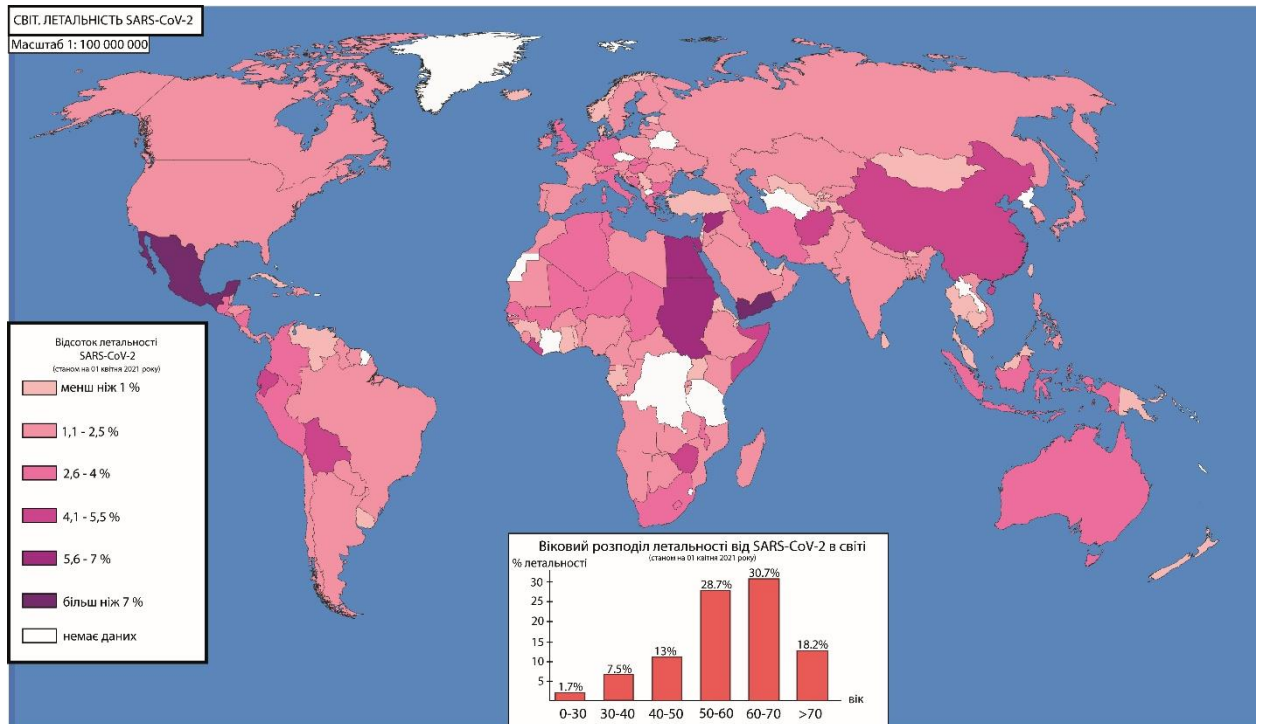


Рис. 3.15 Карта: СВІТ ЛЕТАЛЬНІСТЬ SARS-CoV-2

Основним способом передачі інформації є – картограма розбита на наступні інтервали відповідно до відсотка летальності від SARS-CoV-2:

- менш ніж 1%
- 1.1 – 2.5 %
- 2.6 – 4 %
- 4.1 – 5.5 %
- 5.6 – 7 %
- більш ніж 7%

Як і в випадку з першою картою білим кольором позначено країни на які немає даних, що до кількості заражень через їх низький рівень розвитку, їх «закритість» чи з інших причин.

Також до карти додані довідкові дані в вигляді графіку вікового розподілу смертей від SARS-CoV-2 по кожній віковій групі.

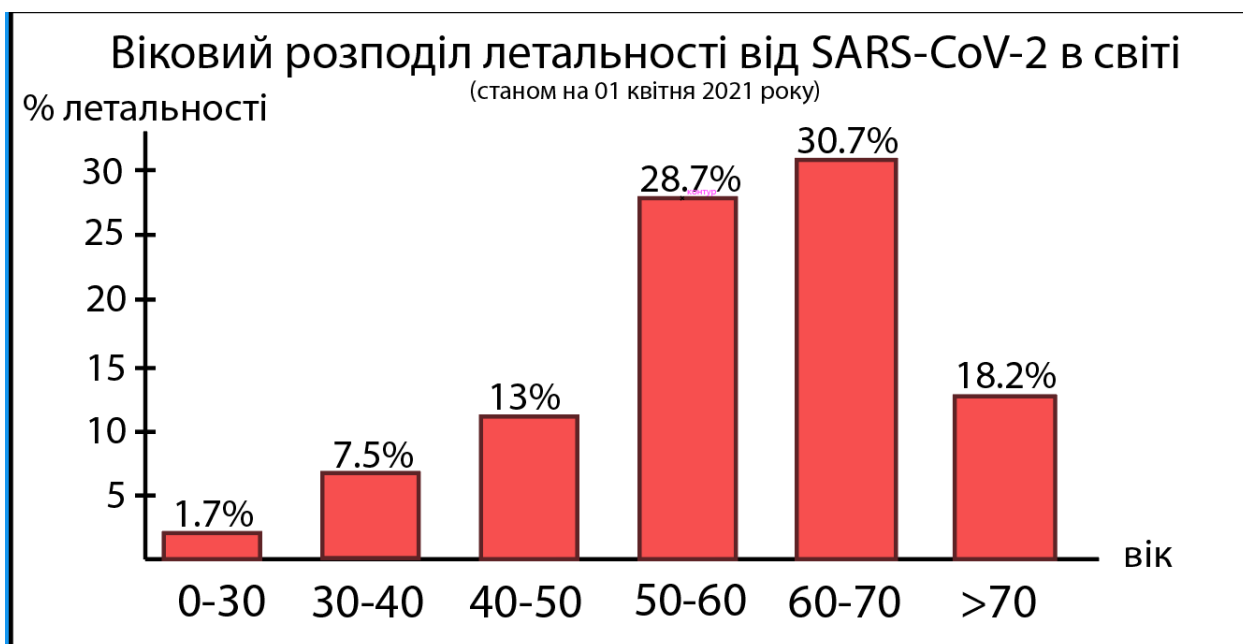


Рис. 3.16 Віковий розподіл летальності від SARS-CoV-2 в світі

### Карта кількості вакцинацій від SARS-CoV-2 в світі

Останньою з карт, що відображають епідеміологічну ситуацію по SARS-CoV-2 була карта, що відображає відсоток вакцинованого населення (Рис. 3.17) [ДОДАТОК Е]. Масштаб карти – 1: 100 000 000, розміри – 210 на 297 мм.

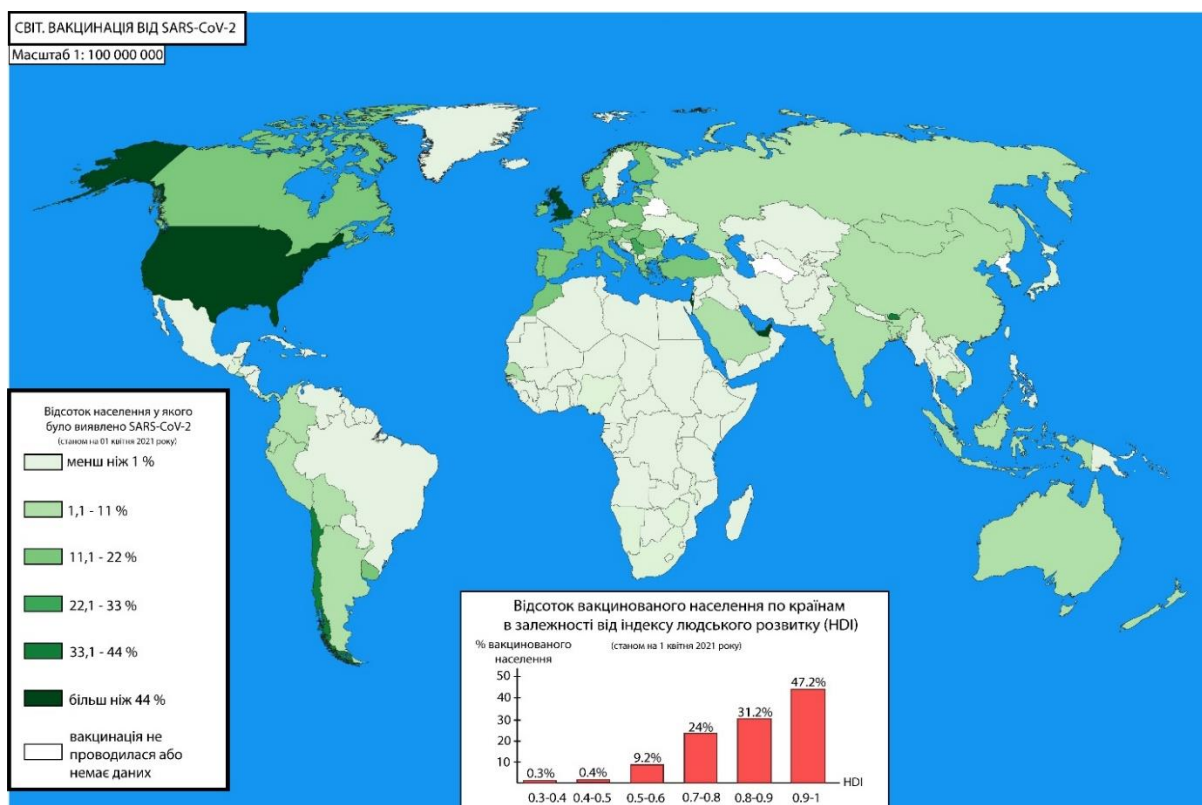


Рис.3.17 Карта: СВІТ. ВАКЦИНАЦІЯ ВІД SARS-CoV-2

Основним способом передачі інформації є – картограма розбита на наступні інтервали відповідно до відсотка вакцинованого населення:

- менш ніж 1%
- 1.1 – 11 %
- 11.1 – 22 %
- 22.1 – 33 %
- 33.1 – 44 %
- більш ніж 44%
- немає даних / вакцинацію не розпочато

Також до карти додані довідкові дані в вигляді графіку середнього відсотку вакцинованого населення по кожній країні відповідно до їх індексу людського розвитку (human development index)

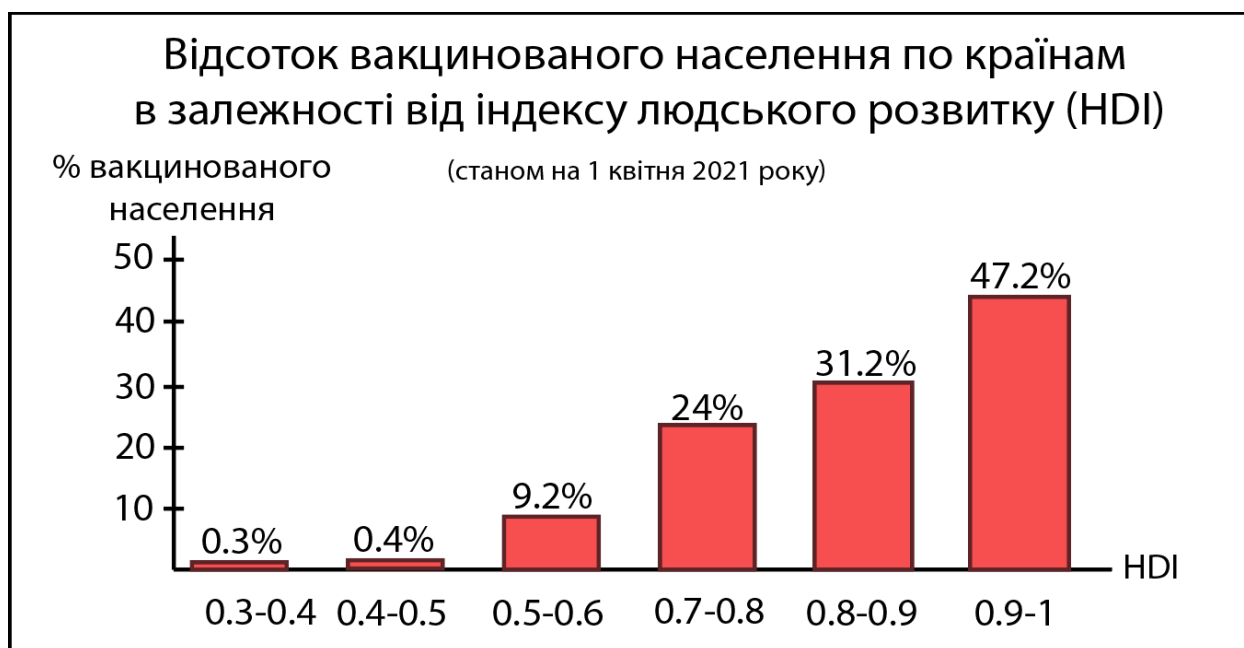


Рис. 3.18. Відсоток вакцинованого населення по країнам в залежності від індексу людського розвитку (HDI)

### **Карта кількості заражень на на SARS-CoV в світі**

Остання розроблена карта відображає кількість випадків зараження на SARS-CoV по кожній країні станом на 1 серпня 2003 року (Рис. 3.19) [ДОДАТОК Ж]. Масштаб карти – 1: 100 000 000, розміри – 210 на 297 мм.

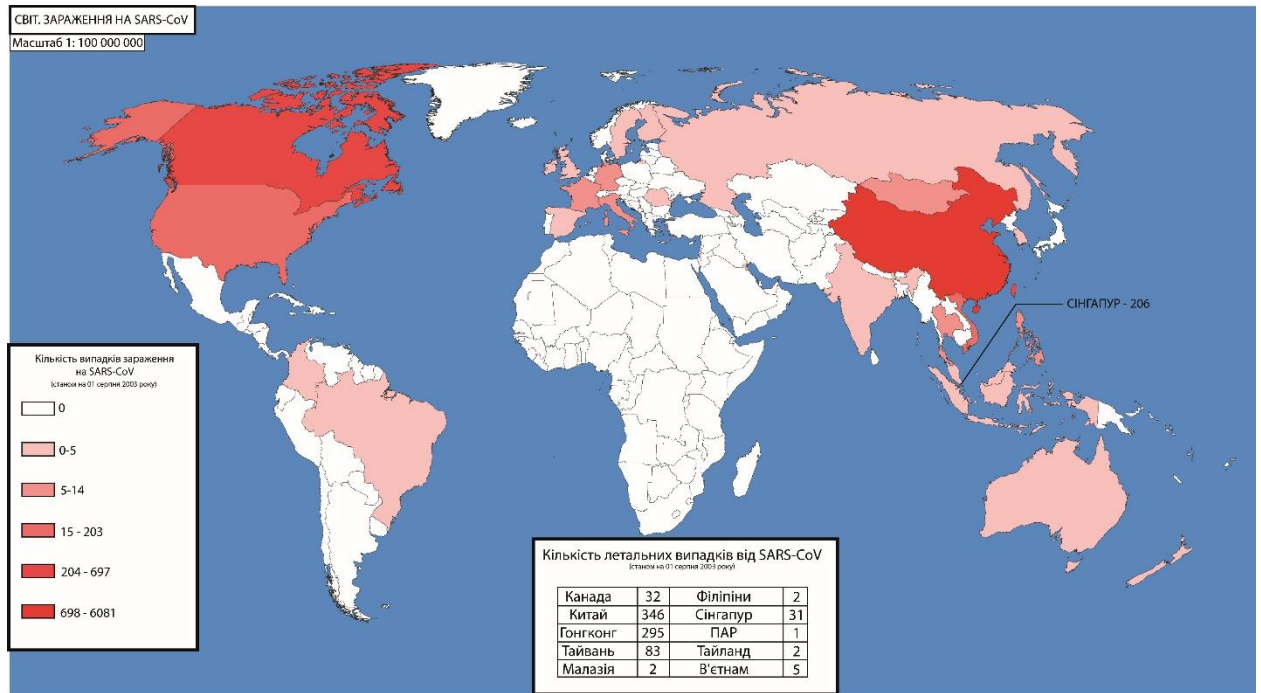


Рис. 3.19 Карта: СВІТ. ЗАРАЖЕННЯ НА SARS-CoV

Основним способом передачі інформації є – картограма розбита на наступні інтервали відповідності до кількості осіб у яких було виявлено SARS-CoV:

- 0
- 0 - 5
- 5 - 14
- 15 - 203
- 204 - 697
- 698 - 6081

Також до карти додані довідкові дані в вигляді таблиці з країнами в яких є померлі від SARS-CoV

## Кількість летальних випадків від SARS-CoV

(станом на 01 серпня 2003 року)

Канада	32	Філіпіни	2
Китай	346	Сінгапур	31
Гонгконг	295	ПАР	1
Тайвань	83	Тайланд	2
Малазія	2	В'єтнам	5

Рис. 3.20 Кількість летальних випадків від SARS-CoV

## ВИСНОВОК

Без картографічного методу просто немислимо будь-яке географічне дослідження. У медичній географії він зародився одночасно з виникненням самої наукової дисципліни. Медико-географічне картографування є «наріжним каменем» в процесах передачі географічних патернів розповсюдження будь-яких хвороб, в тому числі SARS-CoV та SARS-CoV-2

В процесі виконання роботи було розглянуто наступні теоретичні аспекти медико-географічного картографування в контексті поширення інфекційних хвороб:

1. Визначено роль медико-географічного картографування в процесах передачі просторового поширення інфекційних хвороб. З часу появи перших карт, використаних доктором Джоном Сноу у 1854 р. для простеження походження спалаху холери на Брод-стріт, стало очевидним, що ретельно сплановані та розроблені карти можуть бути дуже потужним інструментом підтримки прийняття рішень та просторово-часового аналізу. У випадку епідемій інфекційних захворювань вони дозволяють особам, що приймають рішення щодо охорони здоров'я, мандрівникам та місцевому населенню, що перебуває в зоні ризику, візуально відстежувати та швидко оцінювати зміни, тенденції та закономірності, заховані у великі масиви даних, які постійно змінюються з часом.

2. В ході дослідження проаналізовано наступні теоретико-методологічні аспекти картографування інфекційних захворювань:

- застосування картографічного методу в реалізації об'єктних і суб'єкт-об'єктних медико-географічних моделей;
- межі гносеологічних функцій картографічного методу в дослідженні причин формування, еволюції та прогнозування розвитку нозоареалів та інших медико-географічних процесів і явищ;
- принципи складання медико-географічних карт для різних просторових складових геоторії;

- виявлені можливості використання методів математичного та логічного моделювання для відображення медико-географічних процесів і явищ на географічних картах;
- картографічні методи системного аналізу компонентів довкілля для виявлення причинно-наслідкових зв'язків в медичній географії, які обумовлюють формування медико-географічних районів;
- напрямки використання картографічних методів і засобів для кількісних і якісних характеристик компонентів довкілля та їх поєднань в межах територіальних систем

3. Вивчено шлях становлення медичної географії та медико-географічного картографування. Починаючи з античності мислителі та лікарі так чи інакше пов'язували причини виникнення хвороб з навколишнім середовищем, що простежується в працях «батька медицини» Гіппократа. Найбільшим поштовхом до появи медичної географії як науки стало відкриття "теорії зародків" на початку XIX ст., що дозволило лікарям і вченим того часу остаточно переконатися в взаємозв'язку хвороб з географічним простором. Медична географія була вперше визнана формалізованою академічною піддисципліною географії в 1952 році, коли Комісія з медичної географії (екології) охорони здоров'я та хвороб дала свій перший звіт Міжнародному географічному союзу. Починаючи з 1960-х років та до сьогодення методи просторового аналізу швидко розвивались, дозволяючи проводити статистичний аналіз просторових закономірностей. Такі методи, як просторова автокореляція, кластерний аналіз, емпіричні методи Байєса, кореляція та регресія, ще більше посилили корисність картографування та вказали на нові напрямки розвитку медичної географії.

4. Розглянуто роль медико-географічного картографування в процесах запобігання поширенню інфекційних хвороб та інформування населення щодо поточної епідеміологічної ситуації. Сьогодні карти широко використовуються, як в епідеміологічних дослідженнях, так і в географічних. Можна виділити їх дві основні функції: карту як інструмент аналізу та карту

як інструмент комунікації. Карти сприяють підтвердженню гіпотез щодо факторів, пов'язаних з розподілом хвороб (наприклад, джерела впливу, соціальні фактори). Як засоби комунікації, карти можуть використовуватися для виявлення груп ризику або для передбачення ризикованих ситуацій. Ці ролі часто доповнюються геостатистичними інструментами просторового аналізу та візуалізації.

Також в процесі проведення дослідження було виконано наступні практичні завдання: було створено карти кількості заражень, летальності та вакцинованості населення щодо епідемії SARS-CoV та SARS-CoV-2.

Удосконалення і розширення методів картографування хвороб може мати значний позитивний вплив у майбутньому, адже карти захворювань допомагають закладам охорони здоров'я досліджувати поширення різноманітних недуг і перешкоджати їхньому розповсюдженню.

Тому карти хвороб відіграють важливу роль у збереженні життя і здоров'я населення. Картографування інфекційних хвороб є досить трудомістким процесом, який використовує велику кількість прийомів і способів відображення інформації в картографічних творах і базується на значній кількості статистичних даних. Цей напрям потрібно надалі розвивати й удосконалювати для отримання у картографуванні хвороб якомога точніших результатів за найкоротші проміжки часу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Arden, William Brennan. "Medical geography in public health and tropical medicine: case studies from Brazil." (2008).
2. Azevedo L. et al. Geostatistical COVID-19 infection risk maps for Portugal //International Journal of Health Geographics. – 2020. – Т. 19. – №. 1. – С. 1-8.
3. Boulos, Maged N. Kamel, and Estella M. Geraghty. "Geographical tracking and mapping of coronavirus disease COVID-19/severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) epidemic and associated events around the world: how 21st century GIS technologies are supporting the global fight against outbreaks and epidemics." (2020): 1-12.
4. Brown, Tim, Sara McLafferty, and Graham Moon, eds. A companion to health and medical geography. Chichester: Wiley-Blackwell, 2010.
5. Carroll, Lauren N., et al. "Visualization and analytics tools for infectious disease epidemiology: a systematic review." Journal of biomedical informatics 51 (2014): 287-298.
6. Fatima M. et al. Geospatial Analysis of COVID-19: A Scoping Review //International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2021. – Т. 18. – №. 5. – С. 2336.
7. Hay, Simon I., Alastair Graham, and David J. Rogers. Global mapping of infectious diseases: methods, examples and emerging applications. Elsevier, 2006.
8. Hay, Simon I., et al. "Global mapping of infectious disease." Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 368.1614 (2013): 20120250.
9. Juergens C. Trustworthy COVID-19 Mapping: Geo-spatial Data Literacy Aspects of Choropleth Maps //KN-journal of cartography and geographic information. – 2020. – Т. 70. – №. 4. – С. 155-161.
10. Kent A. J. Mapping and Counter-Mapping COVID-19: From Crisis to Cartocracy. – 2020.
11. Lambert N. Cartographier la covid-19: quelles narrations? //Revue francophone sur la santé et les territoires. – 2021.

12. Lebedev, A. D. "Medical geography 1966." *Medical geography 1966*. (1968).
13. Martin, Stacey L. "Cartography, Discourse, and Disease: How Maps Shape Scientific Thought about Disease." (2005).
14. McIntosh, Kenneth, and Stanley Perlman. "Coronaviruses, including severe acute respiratory syndrome (SARS) and Middle East respiratory syndrome (MERS)." *Mandell, Douglas, and Bennett's Principles and Practice of Infectious Diseases* (2015): 1928.
15. Mooney P., Juhász L. Mapping COVID-19: How web-based maps contribute to the infodemic. *Dialogues in Human Geography*. – 2020.
16. Rosenkrantz L. et al. The need for GIScience in mapping COVID-19 // *Health & Place*. – 2021. – Т. 67. – С. 102389.
17. Rupke, N. A. (ed.) (2000) *Medical Geography in Historical Perspective*. Wellcome Trust Centre for the History of Medicine, London.
18. Tim Brown. *A Companion to Health and Medical Geography*. Wiley-Blackwell, 2010. — 640 p.
19. Valdes Angues, Raquel, et al. "A real-time medical cartography of epidemic disease (Nodding syndrome) using village-based lay mHealth reporters." *PLoS neglected tropical diseases* 12.6 (2018): e0006588.
20. Valjarević A. et al. Modelling and mapping of the COVID-19 trajectory and pandemic paths at global scale: A geographer's perspective // *Open Geosciences*. – 2020. – Т. 12. – №. 1. – С. 1603-1616.
21. Yao, Yepeng, et al. "Examining the diffusion of coronavirus disease 2019 cases in a metropolis: a space syntax approach." *International Journal of Health Geographics* 20.1 (2021): 1-14.
22. Барановський В. А. Медико-екологічне картографування території України / В. А. Барановський // *Економіка України*. – 1993. – № 2. – С. 93-96.
23. Бондаренко, Е. "Сучасні можливості геоінформаційного картографування природних факторів впливу на поширення хвороб населення." (2019).

24. Воронов А. Г. Медицинская география. Общие вопросы. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. 161 с
25. Гуцуляк В. М. Медична географія: Екологічний аспект: Навчальний посібник. — Чернівці: Рута, 2008. — 132 с.
26. Гуцуляк В. М., Наконечний К. П. Медико-екологічна оцінка ландшафтів Чернівецької області: Монографія. — Чернівці: Рута, 2010. — 150 с.
27. Гуцуляк В. М., Нечипоренко Г. Л., Шевченко В. О. Загальна медична географія світу: Монографія. — Київ, 1998. — 178 с.
28. Гуцуляк, В., and К. Муха. "Історія розвитку та сучасний стан медико-географічних досліджень." Вісник Львів. ун-ту.— 2009.— Серія геогр.— Вип. 36 (2009): 115-121.
29. Дудун, Т., В. Мартинюк. "Картографування інфекційних хвороб на території України." Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Військово-спеціальні науки 2 (2018): 15-17.
30. Западнюк, С. О. "Тенденції поширення в Україні та деяких країнах Європи особливо небезпечних захворювань населення." Український географічний журнал 4 (2017): 53-61.
31. Келлер А. А. Основные закономерности эпидемиологической географии / А. А. Келлер // Методологические основы медицинской географии. — Л., 1983. — С. 312–320
32. Линник, М. І. "Інформативність медико-географічних карт для вивчення епідемічної ситуації з туберкульозу в Україні." Український хіміотерапевтичний журнал 3-4 (2013): 18-21.
33. Медико-географічний атлас України / Барановський В. А., Пироженко К. Г., Шевченко В. О. — К.: Зелений світ, 1995. Вип. 1. — 32 с.
34. Мезенцева, Н. І., Батиченко, С. П., & Мезенцев, К. В. (2018). Захворюваність і здоров'я населення в Україні: суспільно-географічний вимір.
35. Суяров, Абдулазиз Шокиржон Угли, Муборакхон Хайриддин Кизи Гадоева, and Мухаммадшариф Фаррухович Шукуров. "Географические

информационные системы в прогнозировании заболеваний." *European science* 2 (44) (2019).

36. Чаклин А. В. География здоровья. — М.: Знания, 1986. 151 с.

37. Чистобаев, А. И., and З. А. Семенова. "Медицинская география в системе наук." *Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле* 4 (2009).

38. Чистобаев, Анатолий Иванович, and Зоя Анатольевна Семенова. "Статистический метод в медико-географических исследованиях." *Географический вестник* 1 (24) (2013).

39. Чистобаев, Анатолий Иванович, Зоя Анатольевна Семенова. "Геоинформационные системы и технологии в медицинской географии." *Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле* 1 (2010).

40. Швец, А. Б., Л. С. Чудинова. "Географический подход к изучению медико-географической системы региона." *Геополитика и экогеодинамика регионов* 10.2 (2014).

41. Шевченко В. А. Медико-географическое картографирование территории Украины. К., 1994.

42. Шевчук Л. Т. Основы медичної географії. — Львів: Світ, 1997. — 167 с.

43. Шевчук, Л. "Історичні особливості розвитку медичної географії України." (2007).

## **ДОДАТКИ**

