

**ПРОГНОЗНО-АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ – СУЧАСНИЙ ІНСТРУМЕНТ
МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ПРОЦЕСІВ
РОЗПОВСЮДЖЕННЯ СОЦІАЛЬНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ІНФЕКЦІЙНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ В
ПРИЧОРНОМОРЬСЬКОМУ РЕГІОНІ УКРАЇНИ**

Талалаєв К.О.

*Одеський національний медичний університет
м. Одеса, Україна*

**FORECAST-ANALYTICAL STUDIES - A MODERN INSTRUMENT FOR MATHEMATICAL
MODELING OF THE LEGITIMACY OF DISTRIBUTION PROCESSES OF SOCIALLY
DANGEROUS INFECTIOUS DISEASES IN THE BLACK SEA REGION OF UKRAINE**

Talalayev K.

Odessa national medical university, Odessa, Ukraine

АНОТАЦІЯ

Епідемія соціально небезпечних захворювань – суттєвий виклик для системи охорони здоров'я Причорноморського регіону України. Існує потреба в регулярній оцінці поточної епідемічної ситуації та побудові моделей подальшого розвитку системи протидії епідеміям. Математичне моделювання дозволяє провести предикативні прогнозно-аналітичні дослідження і встановити чисельні закономірності процесів поширення інфекційних захворювань, що необхідно для об'єктивного планування профілактичних заходів. В практику охорони здоров'я України має бути впроваджено новий науково-обґрунтований інструментарій для вивчення проявів епідемічних процесів задля проведення фахівцями-експертами випереджальних досліджень з прогнозування рівня захворюваності в Причорноморському регіоні України.

ABSTRACT

The epidemic of socially dangerous diseases is a significant challenge for the health system in the Black Sea region of Ukraine. There is a need for a regular assessment of the current epidemic situation and the development of models for the further development of the system for epidemic prevention. Mathematical modeling allows to carry out predicative analytical researches and to establish numerical regularities of processes of distribution of infectious diseases, which is necessary for objective planning of preventive measures. New health-related tools for studying of manifestations of epidemic processes should be put into practice in the Ukrainian health care system, in order to carry out expert-level advances in predicting the level of morbidity in the Black Sea region of Ukraine.

Ключові слова. Епідемія, ВІЛ, туберкульоз, гепатит С, предикція, математичне моделювання.

Keywords. Epidemic, HIV, tuberculosis, hepatitis C, prediction, mathematical modeling.

Актуальність теми

Епідемії ВІЛ-інфекції, туберкульозу, гепатитів В та С – суттєві виклики для системи охорони здоров'я України і Причорноморського регіону зокрема.

На початку 90-х років ХХ-го століття проблема захворюваності на туберкульоз в Україні вважалася вирішеною, але в 1995 році в Україні було оголошено епідемію туберкульозу. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) щорічно в Україні діагностується близько 40000 випадків туберкульозу і майже 7500 пацієнтів на рік помирають від нього. Поряд із поширенням туберкульозу, в Україні продовжують також зростати масштаби епідемії ВІЛ/СНІДу. Якщо у 1995 році, за оцінкою ВООЗ, Україна належала до благополучних країн з низьким рівнем поширення ВІЛ/СНІДу, то у зараз вона потерпає від епідемії, яка є однією з наймасштабніших на Європейському континенті. Значними є також масштаби соціальних хвороб, що перейшли в розряд «градійних» для українського суспільства, зокрема, алкоголізму (п'яте місце в світі серед найбільш питущих країн), ПСШ і наркоманії.

Показник поширеності ВІЛ становив 342,6 на 100000 населення і на 4% перевищував інтенсивний показник за відповідний період минулого року

(329,6). Найвищі рівні поширеності ВІЛ-інфекції зареєстровано в Одеській (933,3 на 100000 населення), Дніпропетровській (823,5), Миколаївській (790,2) областях, м. Київ (477,7), Київській (432,7), Херсонській (426,8) та Черкаській (412,7) областях. Показник поширеності СНІДу становив 110,0 на 100000 населення і зріс порівняно з минулим роком (100,9) на 0,4%. Найвищі рівні поширеності СНІДу зареєстровано в Одеській (354,2 на 100 000 населення), Дніпропетровській (275,8), Миколаївській (154,8), Київській (145,8), Донецькій (139,0) областях. За 9 місяців 2018 р. в Україні кількість зареєстрованих ВІЛ-інфікованих громадян зросла на 158 осіб — узято на облік 13414 ВІЛ-інфікованих осіб, порівняно з 13256 за аналогічний період 2017 р. Рівень захворюваності на ВІЛ-інфекцію у країні зріс на 1,6% та склав 31,7 на 100000 населення. Найвищі рівні захворюваності на ВІЛ-інфекцію зареєстровано у Дніпропетровській (78,9 на 100000 населення), Одеській (74,3), Миколаївській (55,5) областях, м. Київ (48,7), Київській (40,1), Кіровоградській (38,6), Чернігівській (37,5), Херсонській (36,6) областях. У 2017 році в Україні зафіксовано 12445 випадків захворювання вірусними гепатитами, у тому числі 1330 випадків у дітей віком 0-17 років включно. Це становить 29,4 на 100 тисяч населення у тому числі у дітей віком 0-17 років включно

- 17,5. Однак, такі показники не відображають реальну ситуацію, оскільки маніфестні жовтяничні форми розвиваються лише у 10-15% інфікованих і лише приблизно один пацієнт з семи має клінічні прояви, а шість інших переносять стерті форми і дізнаються про свою хворобу під час її хронізації. Найчастіше ВГС уражається контингент поведінкових груп ризику – споживачі інекційних наркотиків, робітники комерційного сексу та їх клієнти. За наявними оцінками, 16 мільйонів осіб у всьому світі вживають ін'єкційні наркотики і 10 мільйонів з них інфіковані ВГС. Ускладнює ситуацію поєднання вірусних гепатитів з ВІЛ-інфекцією - погіршуються результати лікування людей, що живуть з ВІЛ, зростає інвалідизація та зменшується тривалість життя [1].

Епідемії значених інфекцій та визначені стратегічні цілі щодо їх подолання зумовлюють потребу в регулярній оцінці поточної епідемічної ситуації та побудові моделей подальшого розвитку системи протидії. Сероепідеміологічний моніторинг, рутинний епідеміологічний нагляд, дозорний епідеміологічний нагляд, програмний моніторинг та спеціальні дослідження є джерелом масивів інформації про поточний стан епідемій.

Значна площа України, нерівномірний доступ населення до протиепідемічних заходів та інші фактори зумовлюють суттєві розбіжності в розвитку епідемій між окремими територіями та необхідність моделювання запобіжних програм на регіональному та субрегіональному рівнях.

Математичне моделювання дозволяє провести випереджаючі прогнозно-аналітичні дослідження і встановити чисельні закономірності процесів поширення інфекційних захворювань, що необхідно для об'єктивного планування профілактичних заходів [2]. Розробка і впровадження адекватної комп'ютерної моделі епідемічних процесів соціально небезпечних хвороб дозволить провести різноманітні обчислювальні експерименти з різних імовірним прогнозним сценаріям поширення інфекцій.

Мета і завдання дослідження. Обґрунтувати необхідність створення математичної і комп'ютерної моделі для проведення прогнозно-аналітичних досліджень епідемічних процесів ВІЛ, туберкульозу, вірусного гепатиту С в Причорноморському регіоні України. В практику охорони здоров'я України має бути впроваджено новий науково-обґрунтований інструментарій для вивчення проявів епідемічних процесів (математична модель, комп'ютерна програма і методика їх застосування), що має дозволити фахівцям-експертам проведення випереджальних досліджень з прогнозування рівня захворюваності в Причорноморському регіоні України, що необхідно для наукового обґрунтування адекватних заходів протидії епідеміям.

Обговорення результатів. Більшість сучасних дослідників застосовують традиційний підхід «західної» школи моделювання, що представлена в моделях Росса [3], Кермак-Маккендріка [4] і Андерсона-Мейя [5]. Незважаючи на широке поширення наведеного типу моделей епідемій, вони мають істотний недолік - опис перебігу інфекційного захворювання як стрибкоподібний перехід

всіх індивідуумів з однієї стадії в іншу, що не залежить від індивідуальних характеристик організму.

Вперше почав займатися математичними моделями епідемій ще в 18 столітті Данило Бернуллі, який застосував найпростіший математичний апарат для оцінювання ефективності щеплень проти натуральної віспи. Наступним дослідником був Вільям Фар, який вивчав і моделював показники смертності населення Англії від епідемії натуральної віспи в 1837-1839 рр. Він вперше отримав математичні моделі показників «руху» епідемії натуральної віспи у вигляді закономірностей, що дозволило йому скласти прогностичну модель цієї епідемії. Джон Браунлі вивчив і продовжив дослідження в 20 столітті, аналізуючи закономірності «руху» епідеміологічних показників за допомогою маловідомих методів математичної статистики. Але цей підхід суттєво відрізнявся від підходу, який був застосований спочатку в Росії в 19 столітті, а потім в Англії. На початку 20 століття, завдяки цим вченим були сформульовані основи сучасної теорії математичного моделювання епідемій, розроблені перші прогностичні моделі епідемій (кір, вітрянка, малярія та ін.). Вивчені їх основні властивості, отримані аналітичні формули для прогнозування епідемій.

Моделювання за допомогою сучасних технологій - один із способів вирішення проблем, що виникають в реальному житті. Для створення моделей епідемій застосовуються різні види моделювання: 1) математико-картографічне моделювання (mapping) - об'єднання математичних і картографічних моделей; 2) статистичне моделювання - побудова і вивчення моделей реально існуючих предметів, процесів або явищ з метою отримання пояснень цих явищ, а також для передбачення явищ або показників, що цікавлять дослідника; 3) комп'ютерне моделювання - комп'ютерні програми, які реалізують уявлення об'єкта, системи, відмінної від реальної, але наближеної до алгоритмічного опису, що включає і набір даних, що характеризують властивості системи і динаміку їх зміни в часі.

Розвиток моделювання був пов'язаний з величезною кількістю математиків, яким вдалося створити безліч різних математичних моделей (математична модель — це спосіб опису реальної життєвої ситуації (задачі) за допомогою «математичної мови»), але з невеликим епідеміологічним змістом. Другий етап у розвитку моделювання був в 20 столітті і пов'язаний з швидким прогресом в області комп'ютерних технологій. У країнах Заходу в 60-70 роки були розроблені нові види моделей епідемій, спрямовані на вивчення закономірностей розвитку вірусних і бактеріальних інфекцій.

Незважаючи на високу складність таких моделей, більшість з них продовжувало мати абстрактний характер, тобто вони були слабо пов'язані з постановкою і вирішенням практичних завдань епідеміології. Головні наукові центри з вивчення епідемій в США і в країнах Західної Європи в той час перебували в університетах або в медичних школах при університетах, які були досить далекі від реальних проблем епідеміології, її реальної практики. Ця проблема була вирішена в 1960-і роки в СРСР акад. О.В. Барояном і проф.

Л.А. Рвачевим - була розроблена нова теорія математичного моделювання масових епідемій, названа «Епіддинамікою». Теорія «Епіддинаміки» заснована на науковій аналогії між епідемічним процесом і процесом течії ідеальної рідини, де атомами (частинками) є стадії-стану інфекційного процесу в індивідуумі. Ще в 1970-х рр, теорія «Епіддинаміки» О.В. Барояна - Л.А. Рвачева отримала своє національне і міжнародне визнання в результаті успішного моделювання глобальної епідемії грипу А (НЗІ2) в 52 містах світу (сезон 1968-1969 рр.) і проведення оперативних прогнозів початковий період епідемії грипу для 100 міст СРСР [6].

Загальні принципи методології моделювання і прогнозування епідемій (як інфекційних, так і неінфекційних захворювань) були сформульовані Б.В. Бойовим, ґрунтуючись на основі теорії «Епіддинаміки» [7]. Основні етапи методології математичного моделювання і прогнозування епідемічних процесів полягають у наступному:

1 етап - збір, аналіз і узагальнення сучасних теоретичних уявлень про клінічний перебіг і епідеміологію;

2 етап - вибір і побудова теоретичної моделі інфекційного процесу;

3 етап - побудова теоретичної моделі епідемічного процесу;

4 етап - складання рівнянь математичної моделі;

5 етап - реалізація рівнянь математичної моделі у вигляді алгоритмів відповідної комп'ютерної програми (комп'ютерна модель епідемічного процесу);

6 етап - проведення ідентифікації параметрів моделі з оцінкою адекватності моделі на основі статистичних даних про захворюваність;

7 етап - проведення обчислювальних експериментів з моделлю і формулювання прогнозних сценаріїв;

8 етап - інтерпретація результатів обчислювальних експериментів.

Серед багатьох видів математичних моделей найпростішим є математична модель епідемій у вигляді діаграми і графіка. Діаграма - креслення, що показує співвідношення будь-яких величин. Гістограма - популярний тип стовпчастих діаграм, використовується для ілюстрації плану, графіка робіт з якого-небудь проекту. Графік - креслення, що застосовується для наочного зображення залежності будь-якої величини від іншої. Лінія, - надає наочне уявлення про характер зміни функції. Картограма - це спосіб картографічного зображення, візуально показує інтенсивність будь-якого показника в межах території на карті.

Одним з видів моделювання є медична картографія або медична географія - це міждисциплінарна наука на стику географії та медицини, що вивчає вплив особливостей географічного середовища на здоров'я людини, а також закони географічного поширення хвороб та інших патологічних станів. Епідеміологічна географія - розділ епідеміології, що вивчає особливості епідемічного процесу в різних географічних умовах.

Висновки. На наш погляд перспективним є застосування моделі епідемічних процесів, що розроблена на основі загальновідомої теорії математичного моделювання епідемій - «Епіддинаміки» О.В. Барояна - Л.А. Рвачева із додатковим застосуванням програми АЕМ (AIDS Epidemic Model) версії 4.0. Програма АЕМ дозволяє отримати оціночні показники епідемій в окремо взятих регіонах за період з моменту початку епідемій. Результати моделювання надають різнобічну картину перспектив розвитку епідемій залежно від впливу протиепідемічних заходів, які впроваджуються або можуть бути впроваджені. Додавання програми АЕМ дозволило створити наступну сукупність: теоретичну модель епідемічного процесу ВІЛ, туберкульозу, вірусного гепатиту С; математичну модель та її адекватну комп'ютерну реалізацію та є науковим інструментарієм для рішення поставлених епідеміологічних задач.

Подальші дослідження. Вважаємо за доцільне розробити модель епідемічного процесу ВІЛ, туберкульозу та гепатиту С, яка буде рекомендована для застосування в інформаційно-аналітичній частині системи епідеміологічного нагляду за соціально небезпечними інфекціями для проведення науково обґрунтованих прогнозів епідемічної ситуації та підтримки прийняття рішень щодо вибору стратегій протидії поширенню інфекцій на території Причорноморського регіону України. Адаптована комп'ютерна модель епідемічних процесів може бути застосована в якості комп'ютерного тренажера для підготовки фахівців в спеціалізованих лікувально-профілактичних установах інфекційного профілю та під час проходження підвищення кваліфікації лікарів.

Література

1. Талалаєв К.О. Проблеми соціальних і хронічних хвороб на сучасному етапі (на прикладі інфекцій, що передаються статевим шляхом) // Вісник морської медицини – 2019. №1 (82). С. 5-13. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.2639404>
2. Боев Б.В. Ершов Ф.И. Пути снижения предотвратимой смертности от инфекционных заболеваний // Вестник Российской АМН. - М. - 2009. - № 9. - С.3-13.
3. Ross, R. An application of the theory of probabilities to the study of a priori pathometry. Part I // Proceedings of the Royal Society of London, Series A 92 P. 1916. 204-230.
4. Kermack W.O., W.G. McKendrick. A contribution to the mathematical theory of epidemics // Proceedings of the Royal Society of London, Series A 115. 1927. P. 700-721.
5. Андерсон Р.М., Мей Р.М. Инфекционные болезни человека. Динамика и контроль: Пер. с англ. - М.: Мир, «Научный мир», 2004. - 784 с.
6. Бароян О.В., Рвачев Л.А., Иванников Ю.Г. Моделирование и прогнозирование эпидемий гриппа для территорий СССР. - М.: ИЭМ им. Н.Ф. Гамалеи АМН СССР. - 1977. - 546. с.
7. Гинцбург А.Л., Боев Б.В. Компьютерное моделирование эпидемий // Журнал «Наука в России». РАН, М., - 2005. - №5. - С. 52-57.