



А.Д. Крисілов, Л.Г. Авербух, С.В. Поздняков,  
В.А. Крисілов, В.В. Чумаченко, Т.В. Герасименко

ГУ «Український науково-дослідницький противочумний інститут  
імені І.І. Мечникова» МЗ України, Одеса

## Характеристики епідемії туберкульозу: інтегральна оцінка, моделювання, візуалізація, соціально-економічні залежності

**Цель работы** — получение целостной системной характеристики эпидемии туберкулеза, в стране в целом и на отдельных административных территориях, путем построения интегральных показателей, их визуализация и уточнение пространственно-временных особенностей распространения заболевания, что позволяет создать комплексное представление об «образе эпидемии» и прогнозировать ее динамику.

**Материалы и методы.** Используются данные статистических ежегодников (Украина и Одесская обл.) и справочников «Туберкулез в Украине».

Методологической базой настоящей работы является системный подход к описанию сложных объектов и процессов и сравнительный анализ агрегированных оценок эпидемии туберкулеза по областям и ряду городов Украины — в связи с социально-экономическим состоянием этих территорий и, частично, с их ресурсно-медицинской обеспеченностью, а также картографирование и другие приемы визуализации, — на базе специально разработанной целеориентированной многомерной векторной модели.

**Результаты и обсуждение.** Построены обобщенные характеристики эпидемии туберкулеза для различных административно-территориальных объектов Украины и выполнен сравнительный анализ ее динамики и социально-экономического состояния указанных территорий. Осуществлена визуализация результатов и издан соответствующий атлас.

**Выводы.** Описанная модель позволяет получить более достоверное представление об «образе» эпидемии. С ее помощью могут быть построены интегральные оценки других эпидемических процессов, ряда других сложных объектов. Разработанные подходы позволяют осуществлять объективный сравнительный анализ напряженности эпидемии на различных территориях (страны, регионы, области, районы), их ранжирование, с последующим изучением причин «отставания» ряда территорий и принятием мер по улучшению ситуации в них. Их использование также создает возможность достоверной оценки динамических тенденций эпидситуации за исследуемые периоды наблюдений.

### Ключевые слова

Туберкулез, интегральная оценка, моделирование, корреляционные зависимости, визуализация.

За истекшую четверть века напряженность эпидемической ситуации по туберкулезу в Украине и во всех постсоветских государствах значительно возросла, и эта тенденция сохраняется. В условиях затяжного, временами обостряющегося социально-экономического кризиса значительная распространенность этого тяжело-

го социально обусловленного и социально опасного инфекционного заболевания в свою очередь негативно воздействует на трудовые и в целом на демографические и социально-экономические характеристики населения. Анализ социальной структуры впервые выявленных в 2013 г. больных по стране показал, что 56 % их были неработающими трудоспособного возраста, 12,9 % — пенсионеры, 3,0 % — лица без постоянного места жительства, 1,0 % — возвратившиеся из мест

лишения свободы. Социально незащищенными среди заболевших оказались 70 % пациентов.

В пользу актуальности настоящего исследования говорит целый ряд факторов. Всемирная организация здравоохранения, выделяя комплексные характеристики для определения уровня здоровья населения в целом и по отдельным нозоформам, в 1995 г. оценила ситуацию с туберкулезом в нашей стране как эпидемию. По уровню заболеваемости туберкулезом Украина тогда имела показатель 41,6 на 100 тыс. населения и была отнесена к третьей категории тяжести, т. е. к перечню стран, где этот показатель превышает 30 случаев на 100 тыс. населения. Отметим, что на протяжении последующих 20 лет этот показатель был наиболее высоким в 2005 г. — 84,1, а в 2012 г. (до обострения политической ситуации в стране) он составлял 68,1 на 100 тыс. населения (т. е. на 63,7 % выше, чем в момент констатации эпидемии). В Одесской области эти показатели составляли 48,1; 95,3 и 94,0 на 100 тыс. В АРК, Донецкой и Луганской областях они в течение всех предыдущих лет значительно превышали средние по стране, что, безусловно, значительно отразилось бы на их нынешнем уровне.

К этому следует добавить, что за период с 2001 по 2013 г. в 35 раз выросла заболеваемость ко-инфекцией туберкулез/ВИЧ и более чем вдвое увеличилась заболеваемость мультирезистентным туберкулезом, что также существенно усиливает напряженность ситуации. Практически неизменявшийся за эти годы (14,1–14,3 на 100 тыс. населения) показатель смертности от туберкулеза не должен дезориентировать, более 25 % случаев смерти от ко-инфекции туберкулез/ВИЧ (главным образом легочные формы) регистрируют как смерть от ВИЧ-инфекции или СПИДа. В этой связи недоумение вызывают высказываемые отдельными, подчас авторитетными экспертами в специальной периодике, в СМИ, а то и в официальных источниках, суждения о прекращении или стабилизации эпидемии туберкулеза, тем более что международные эксперты (той же ВОЗ) считают регистрируемые показатели заболеваемости в Украине существенно заниженными.

Периодическое снижение отдельных показателей распространенности туберкулеза, наблюдавшееся в течение этого периода, практически те же международные эксперты справедливо оценивали как временное, с учетом роста распространенности ВИЧ/СПИДа, ко-инфекции ВИЧ/туберкулез, мультирезистентного туберкулеза, а также ряда промахов и ошибок, допущенных при реализации противотуберкулезных программ. В то же время эти же эксперты ранее высказывали достаточно пессимистические прогнозы.

Используемые в стране в течение многих лет клинические протоколы и стандарты, получившие отражение в национальных целевых противотуберкулезных программах, соответствовали требованиям стратегий ВОЗ (DOTS, DOTS+, Stop TB), которая, как отмечает группа ведущих специалистов, из-за неэффективности предыдущих стратегий разработала End TB Strategy («Стратегия ликвидации туберкулеза»). (Электронный ресурс [URL <ftp://ftp1.ifp.kiev.ua/original/2015/feschenko2015.pdf>]) [24]. Официальная статистика приводит внушительные цифры охвата населения профилактическими обследованиями на туберкулез (ПФО и туберкулинодиагностика) и значительную долю новых случаев, выявленных в их результате. Достоверность этой информации при отсутствии строгого персонального учета вызывает обоснованные сомнения, тем более что названные выше стратегии ориентировали систему на пассивное «выявление по обращаемости», которое, по сути, и выявлением-то не является, т. к. поводом для обращения становятся явные признаки болезни, требующие диагностики, нередко поздней. Выявление же преследует цель сделать «тайное явным», чем обеспечивается своевременное установление факта недалеко зашедшего бессимптомного или малосимптомного заболевания — важнейшее условие успешного излечения, по крайней мере лекарственно чувствительных форм туберкулеза. Наряду с существенным недо выявлением больных снизилась эффективность лечения. Предлагаемая ныне стратегическая установка на расширение практики амбулаторного лечения больных туберкулезом за счет сокращения стационарного этапа способна, на наш взгляд, еще значительно снизить результативность терапии.

Систематическое недофинансирование программ привело к тому, что в течение ряда последних лет правительство страны не обеспечивало в необходимых объемах закупку противотуберкулезных препаратов, вакцины БЦЖ, туберкулина, что в перспективе способно оказать крайне отрицательное влияние на эпидситуацию в целом. Принципиальная важность четкости терминологических определений, используемых для характеристики ситуации, связана с тем, что эпидемия как массовое распространение инфекционного заболевания, значительно превышающее обычный уровень заболеваемости, — явление чрезвычайное, требующее для его ликвидации чрезвычайных мер и, как справедливо указывалось в сравнительно недавних официальных документах, представляющее угрозу национальной безопасности государства.

При этом необходимо акцентировать внимание на том, что уровень заболеваемости и каждый из других локальных показателей эпидемии туберкулеза, их динамика на практике дают лишь частичное представление о реальной ситуации. Это наглядно подтверждается сильно отличающимися значениями почти каждого из них на конкретных (в том числе — соседних) территориях. Та же «несогласованность» наблюдается и по отношению к смыслам этих показателей. Например, один и тот же район может иметь довольно высокие показатели заболеваемости и весьма низкие — по показателям смертности от туберкулеза или болезненности (контингент), по показателям распространенности бактериальных, наиболее контагиозных форм процесса, и любые иные сочетания.

Такое положение не дает возможности комплексно и объективно оценивать эпидситуацию, ее динамические тенденции, корректно прогнозировать развитие эпидемии и предметно планировать меры противодействия. В таких условиях невозможно компетентно сравнивать ситуацию, ее динамику на разных административных территориях, судить о том, какие из них больше нуждаются в организационной и финансово-ресурсной поддержке.

Несколько более информативны в этом плане среднесезонные показатели, однако очевидно, что и их оценочные возможности неадекватны задаче целостной и полной характеристики эпидемической ситуации относительно медленной инфекции, какой является туберкулез. Это настоятельно ставит в повестку дня необходимость в получении обобщенных, интегральных характеристик эпидемии туберкулеза как процесса. Именно решение задачи получения соответствующей аналитической картины — построение агрегированного, комплексного, системного представления об эпидемии туберкулеза и его визуализация (в том числе — для ЛПР) — является основной **целью работы**.

Затронутым проблемам посвящено немало работ [2, 4, 5, 11, 13, 22, 23], а также официальных источников [6, 10, 16, 17] и ряд других. Авторы настоящей работы также опубликовали материалы по данной проблематике [1, 2, 15].

## Материалы и методы

В качестве исходных материалов использована официальная информация ежегодных статистических сборников по Украине и Одесской области [10, 14], а также аналитико-статистических справочников «Туберкулез в Украине», издаваемых Министерством здравоохранения Украины за 1998—2012 гг. [17—19], и региональных обзоров [10].

Методологической базой настоящей работы является системный подход к описанию сложных объектов и процессов, а также сравнительный анализ агрегированных оценок эпидемии туберкулеза по областям и ряду городов Украины в связи с социально-экономическим состоянием этих территорий и частично с их ресурсно-медицинской обеспеченностью. К использованным в работе методам следует также отнести картографирование и другие приемы визуализации пространственно-временных характеристик оцениваемых процессов. Для построения интегральных оценок была применена целеориентированная многомерная векторная модель, специально разработанная для целостного описания сложных объектов.

## Результаты и обсуждение

### 1. Последовательность решения задач исследования

Для достижения цели следовало решить три задачи. Первая из них состоит в построении агрегированного комплексного представления об эпидемии туберкулеза. Для получения соответствующей аналитической картины и нужны, собственно, обобщенные оценки эпидемического процесса.

Вторая задача — показать пространственно-временные особенности распространенности туберкулеза в Украине, и в частности в Одесской области, а также возможные корреляционные связи этого процесса с социально-экономическим состоянием разных территорий и их социально-медицинской обеспеченностью.

Одной из задач медицинской нозогеографии и является изучение (и демонстрация) влияния социальных факторов на уровень распространенности и особенности течения отдельных нозоформ среди населения определенных территорий. Делается это с помощью картографирования, в частности электронного. Такая карта — это программно-управляемое картографическое изображение, «образ пространства», как говорил один из основоположников теоретического картографирования М.А. Берлянт [3]. Собственно визуализация производится с помощью программных и технических средств в принятой для карт проекции и системе условных знаков. Электронная карта строится на основе этих цифровых карт или баз данных ГИС.

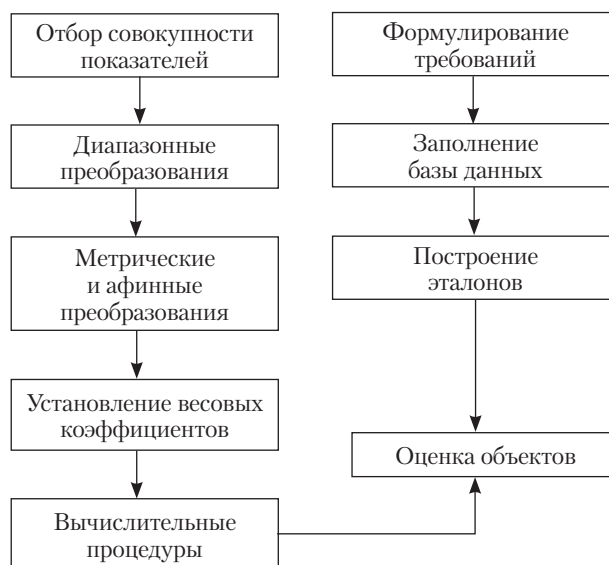
Такие тематические карты позволяют осуществлять целый ряд операций: а) общую оценку ситуации; б) определение пространственных зависимостей происходящего явления; в) контроль ситуации, изменяющейся во времени; г) расчет определенных пространственных параметров объекта либо группы объектов.

Наконец, третья очень важная и актуальная задача — визуализация полученных данных в наиболее удобном для восприятия виде, для анализа, прогноза, организации грамотных управленческих действий. Решение этой задачи, пусть и не самыми яркими визуальными средствами, представляется чрезвычайно важным, в частности потому, что в настоящее время, к сожалению, не все работники социальной и управленческой сферы, включая руководство, квалифицированно и адекватно реагируют на сухой цифровой материал. Для опасных, тревожных и других подобных ситуаций желательно давать выпуклую, хорошо визуальную воспринимаемую картину. Ведь известно, что около 90 % информации о внешнем мире воспринимается при помощи зрительного анализатора.

**2. Построение модели для интегральной оценки ситуации**

**2.1. Задача агрегированного оценивания.** Существует несколько путей получения обобщенной оценки сложных объектов. Один из наиболее распространенных путей — применение методов факторного анализа. Этот аналитический инструмент был разработан именно для решения задач сжатого представления информации — при наличии большого количества локальных показателей, описывающих некий объект или предметную область, но при отсутствии итогового, результирующего показателя, характеризующего данный объект. «Факторами» и были названы определенные синтезированные показатели, полученные комбинационными методами из локальных показателей. Значительно упрощая ситуацию, можно сказать, что путем определенного последовательного подбора выстраивался некий комбинированный показатель (например, 0,5 величины признака № 1, умноженное на признак № 4 и поделенное на разность: признак № 3 минус признак № 7). При этом критерием построения и отбора такого комбинированного показателя служил максимум сбереженной в нем информации о целостном анализируемом объекте. В процессе такой работы приходилось строить ковариационную матрицу, решать довольно сложные уравнения и т. д. Существуют и некоторые другие сходные методы агрегирования.

Однако эти надежные формальные методы обладают рядом недостатков: в одних итоговая оценка зависит от количества используемых признаков, в других сами вычисления требуют громоздкой и сложной процедуры, трудно учесть зависимости между признаками, в построении некоторых компонент участвуют не все показатели и т. д.



**Рис. 1. Операции по построению программной экспертной системы**

Слева — перечень предварительных действий с экспертами; справа — работа с системой в диалоговом режиме.

Практически этих недостатков лишена векторная оценочная модель, примененная в настоящей работе. Она была в свое время разработана именно для оценки сложных объектов, вообще для работы с квалиметрическими задачами, например, для описания и анализа социально-экономических процессов [7—9, 16].

В ходе выполнения работы реализована попытка обобщенного оценивания эпидемической ситуации на основе всей группы частных показателей распространенности туберкулеза: заболеваемости, распространенности (болезненности), смертности и т. д. При этом желательно построить такую картину эпидемии туберкулеза, которая давала бы целостное, системное представление о таком сложном объекте, как эпидемический процесс. Для этого работа с моделью должна охватывать различные стороны ситуации (медицинскую, социальную, экономическую, организационную и т. д.) как неотъемлемые компоненты единого процесса. К этому результату и приводит использование агрегированных оценок, построенных на базе локальных показателей. При этом систему следует строить так, чтобы интегральный показатель адекватно учитывал вклад каждого из локальных параметров, отношения между ними, их свойства, тенденции изменения и др.

На рис. 1 приведено упрощенное изображение последовательности работы. Действия разработчика должны включать в себя следующие этапы:

- работа над системой показателей (совместно с экспертами);
- построение модели;



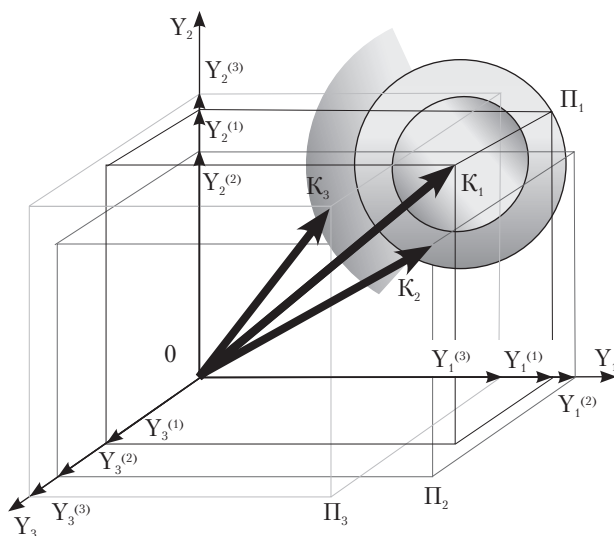


Рис. 2. Построение в трехмерном пространстве интегральных оценок ( $K_1, K_2, K_3$ ) трех разных объектов

- собственно вычисление обобщенной оценки.

При построении программной экспертной системы на первом этапе с участием специалистов в данной предметной области должен быть отобран и согласован перечень показателей, характеризующих данный социальный объект или ситуацию, проведено ранжирование этих признаков (взвешивание), определены и/или оценены отношения и зависимости между ними. Кроме взвешивания (учета «весовых» вкладов показателей в общую оценку), необходимо провести очень важную операцию — превращение их в безразмерные величины, удобнее всего — в %.

Как было указано выше, отбор системы показателей представляет собой самостоятельную задачу, и для разных постановок оценки уровня или качества объекта будет заканчиваться различными вариантами совокупности описывающих характеристик. В нашем случае выбор конкретного набора параметров, описывающих эпидемию туберкулеза, — чрезвычайно важная задача, изменение этого набора в дальнейшем означает создание практически другой, новой модели.

**2.2. Описание векторной оценочной модели.** Рассмотрим некий  $i$ -й объект  $f_i$ , для которого нам нужно получить обобщенный показатель (оценку). В нашем случае это анализируемый эпидемический процесс. Объект представлен совокупностью свойств — показателей  $y_j$ , которые могут быть количественными или качественными, выбранными в соответствии с задачами оценивания. Для количественных показателей — это значения из некоторого диапазона  $\tilde{y}_i = [y_{i \min}, \dots, y_{i \max}]$ , для качественных — конечное множество заранее заданных значений  $\hat{y}_i = \{y_{i1}, \dots, y_{ik}\}$ . Существенным

условием при отборе и обработке показателей является получение такого набора, который в достаточной мере описывал бы данный объект с точки зрения интересующего нас качества и полноты описания.

Таким образом, оценка объекта производится при помощи набора его характеристик:

$$E_f \leftrightarrow \{y_1, \dots, y_j, \dots, y_n\}.$$

Собственно для получения оценки воспользуемся несложными геометрическими построениями. С этой целью вводится в рассмотрение пространство  $E_0$ , размерность которого (число осей) определяется числом показателей, отобранных для данного оценивания. В этом  $n$ -мерном пространстве каждая из осей координат закреплена за определенным показателем. Для получения обобщенной оценки исследуемого объекта производится измерение величины показателей  $y_j$ , после чего эти значения нормируются, претерпевают определенные линейные преобразования (масштабирование и др.) и откладываются на осях в пространстве показателей. На этой базе строится векторная сумма измеренных локальных показателей, она вычисляется как корень квадратный из суммы квадратов измеренных и обработанных показателей:

$$\hat{A}_f = \left\| \frac{1}{S} \sqrt{\sum (y_j)^2} \right\|$$

где  $y_j$  —  $j$ -й показатель,  $S$  — их общее количество,  $E_f$  — искомая оценка.

Модуль полученного суммарного вектора и будем использовать для интегральной оценки  $E_f$  данного объекта  $f_i$ , для его количественного описания.

Последнее соотношение представляет собой, по сути, уравнение состояния описываемой ситуации, т. е. это и есть оценка, интегральная характеристика искомого уровня, построенная на локальных показателях. В математическом смысле она представляет собой векторную сумму исходных (и преобразованных) первичных показателей.

На рис. 2 приведен условный вариант такого построения оценок для трех объектов —  $K_1, K_2, K_3$ . Чтобы не загромождать рисунок, для более ясного визуального восприятия выбрана система описания объектов при помощи лишь трех признаков —  $Y_1, Y_2, Y_3$ , откладываемых на соответствующих осях.

Как строится оценка в представленном таким образом пространстве признаков (в нашем случае — трехмерном)?

Для объекта  $K_1$  после обработки трех его показателей (масштабирования, перевода в безразмерные величины), взвешивания — полученные

приведенные значения  $Y_1^{(1)}$ ,  $Y_2^{(1)}$  и  $Y_3^{(1)}$  (здесь верхний индекс — номер оцениваемого объекта, нижний — номер показателя) откладываются на своих осях и образуют параллелепипед  $P_1$ . Он показан тонкими серыми линиями. Длина диагонали этого параллелепипеда (модуль вектора  $K_1$  на рис. 2), вычисляемой по приведенной выше формуле, и соответствует интегральной оценке объекта  $K_1$ , построенной на базе трех показателей. Аналогично для объекта  $K_2$  откладываются приведенные значения его показателей ( $Y_1^{(2)}$  на оси  $Y_1$ ,  $Y_2^{(2)}$  на оси  $Y_2$ ,  $Y_3^{(2)}$  на оси  $Y_3$ ) и строится параллелепипед  $P_2$ . Длина его диагонали соответствует агрегированной оценке объекта  $K_2$ . Точно так же для объекта  $K_3$  мы строим параллелепипед  $P_3$ , диагональ которого даст оценку  $K_3$ . На рис. 2, в частности, можно видеть, за счет каких именно показателей объект  $K_1$  получает более высокую интегральную оценку, чем другие сравниваемые объекты — это показатели  $Y_1^{(1)}$  и  $Y_2^{(1)}$ . Хотя порознь они ниже соответствующих показателей двух других объектов, однако в совокупности выводят оценку первого объекта на более высокий уровень.

Следует отметить, что описанная векторная модель умеет работать с зависимыми признаками, используя направляющие косинусы при построении пространства показателей. Далее, в построении обобщенной оценки участвуют (со своими весами) все показатели и т. д. Очень важно, что при необходимости может быть проведен и внутренний анализ, за счет какого показателя произошло ухудшение или улучшение. Может быть выполнен прогноз и классификация объектов и оценок. Но наиболее важно то, что для оценки берутся не косвенные обобщенные характеристики из «факторов», а используется непосредственно уравнение состояния системы, написанное на языке ее прямых характеристик.

На базе описанного алгоритма и сформированной соответствующим образом модели была построена интегральная оценка эпидемического процесса туберкулеза в Украине (в разрезе областей) и конкретно для Одесской области (по районам).

### 3. Использование векторной модели для оценки эпидемии туберкулеза

**3.1. Исходные соображения и совокупность показателей.** В настоящем разделе рассмотрены с использованием официальных статистических данных степень и характер взаимосвязей распространенности туберкулеза с социально-экономическим состоянием территорий, а также с общим состоянием системы здравоохранения.

Основной исходной посылкой работы является суждение о том, что распространенность

туберкулеза в значительной степени связана с такими факторами, как уровень и качество жизни населения, и шире — с образом жизни и социально-экономической ситуацией в целом на данной территории. На наш взгляд, сопоставление этих характеристик является важным инструментом для выявления тенденций изменения ситуации на разных этапах развития эпидемии, а также, что не менее важно, для выработки адекватной стратегии дальнейших действий.

В работе, как указывалось, ставилась цель подтвердить влияние социально-экономических характеристик и состояния системы здравоохранения региона на распространенность туберкулеза, опираясь на конкретные показатели и их изменение в динамике последнего десятилетия, а также получение количественных оценок степени этого влияния. В итоге речь идет о мониторинге и оценке целостной ситуации по туберкулезу, т. е. собственно об эпидемии и ее анализе в пространственном и временном аспектах.

Изучение публикаций за ряд лет с описанием социально-экономического состояния территорий показывает, что методика исследований, перечень оцениваемых параметров социально-экономического уровня регионов у разных авторов довольно различны и порой противоречивы, поэтому результаты сделанных ими оценок, ранжирование регионов далеко не однозначны. Затрудняет сопоставление еще и то обстоятельство, что исследуют очень разные значения показателей распространенности туберкулеза в разных регионах Украины, а также в районах определенных областей. Значительны и колебания их по годам.

Приведенная информация свидетельствует о том, что для получения адекватной картины надо вводить определенные интегрированные, обобщающие показатели, которые были бы способны комплексно характеризовать эпидемическую ситуацию по туберкулезу в целом по стране и на отдельных ее территориях.

После формирования цели и определения соответствующих задач были выбраны параметры (показатели), которые позволяют адекватно оценить интересующие нас объекты — города, районы, области — в разрезе трех аспектов:

- распространенность туберкулеза (5 показателей);
- социально-экономическое состояние территорий (15 показателей);
- состояние системы здравоохранения на данной территории (30 показателей).

Для построения агрегированного описания в перечень оцениваемых параметров были включены:

Показатели распространенности туберкулеза:

- 1) захворюваність всіма формами активного туберкульозу;
- 2) захворюваність бактеріальними формами туберкульозу (МБТ+);
- 3) контингент хворих всіма формами активного туберкульозу;
- 4) контингент хворих бактеріальними формами туберкульозу (МБТ+);
- 5) смертність від туберкульозу.

Показатели социально-экономического состояния территорий (как они указаны в официальных данных):

- 1) плотность населения — число лиц на 1 км<sup>2</sup>;
- 2) инвестиции в основной капитал на одного человека (в фактических ценах, грн);
- 3) ввод жилья в эксплуатацию (м<sup>2</sup> общей площади на 1 жителя).

Также включены характеристики безработицы, занятости на малых предприятиях, смертности на 100 тыс. населения, отдельно — младенческой на 1 тыс. новорожденных, среднемесячная зарплата наемных работников, обеспеченность жильем, розничный товарооборот на 1 чел., охват детей дошкольными учреждениями (%), количество правонарушений, потребление питьевой воды, выбросы вредных веществ в атмосферу и количество отходов — всего 15 показателей. Перечисленные характеристики (практически все — в удельном представлении) были использованы для более или менее полного описания социально-экономического состояния как для районов Одесской области, так и областей Украины — в соответствии с официальными данными Госстата по годам [10, 12, 14, 17–19].

В принципе, число этих показателей может быть увеличено с учетом их весовых значений. Для туберкулеза это — детская и подростковая заболеваемость, ко-инфекция, летальность и др.

Для интегральной оценки состояния системы здравоохранения в Одесской области в перечень отобранных характеристик вошли 30 показателей медицинской статистики. К ним относились: соотношение количества врачей и среднего медперсонала, % аттестованных врачей и среднего медперсонала, их удельное число на 10 тыс. населения, количество флюорографических (профилактических) обследований на 1 тыс. взрослых, укомплектованность семейными врачами, укомплектованность сельских лечебных учреждений, коечный фонд и его использование, охват населения профилактическими осмотрами, количество выездов и обеспеченность населения станциями и бригадами «скорой помощи», рентгенологами и специалистами лабораторий, их укомплектованность, смертность новорожденных и количество осложненных родов, диспансеризация детей,

удельный вес специальных видов исследований (иммунология, цитология, биохимия, др.).

Далее следовали работа по сбору данных из различных источников, их сортировка и форматирование, другие виды обработки в соответствии с описанным во 2-м разделе.

На основании набора требований и отобранных обработанных показателей была сформирована оценочная модель. В процессе ее построения с экспертами согласовывались весовые коэффициенты, связи «требование—свойство», эталоны и другие необходимые преобразования [1].

### 3.2. Алгоритм построения агрегированных оценок распространенности туберкулеза.

1. Для получения агрегированных оценок (согласно приведенной выше модели) по локальным показателям были вычислены средние многолетние показатели по районам, затем выполнены аффинные преобразования всех показателей (в нашем случае использовалось нормирование до 100 %). Для этого среди средних многолетних значений были вычислены максимальное и минимальное и использованы в формуле:

$$X_i = (S_i - \min(S_i)) \cdot 100 / (\max(S_i) - \min(S_i)),$$

где  $X_i$  — нормированное значение  $i$ -го показателя;  $S_i$  — средние многолетние значения  $i$ -го показателя для данной территории.

2. Полученные результаты далее умножаются на весовые коэффициенты, что позволяет получить более объективную картину эпидемии (поскольку различные показатели при оценке эпидемии имеют разную значимость). Коэффициенты согласуются с экспертами в данной предметной области. Значения с весовыми коэффициентами также нормируются до 100 %.

3. Полученные на втором этапе значения подсчитываются по приведенной ниже формуле и также представляются в шкале от 0 до 100 %:

$$E_j = [\sum(k_i \cdot X_i^2)]^{1/2},$$

где  $E_j$  — интегральная оценка  $j$ -го района по данному перечню показателей;  $X_i$  — нормированное значение  $i$ -го показателя,  $i = 1, \dots, n$ ;  $k_i$  — весовые коэффициенты;  $n$  — количество показателей.

4. В дальнейшем весь полученный диапазон значений оценок был разбит для удобства последующего рассмотрения на три класса: критическая ситуация, ситуация средняя и допустимые значения. Диапазоны для разбивки формируются с помощью экспертов. В некоторых случаях было использовано непропорциональное разбиение всей шкалы: 0–28 %, 28–72 %, 72–100 %. В других случаях для наглядности удобно использовать две шкалы — прямую и обратную, как это сделано, например, при описании ситуации в городах Украины. Для каждого сравнения это будет оговорено.

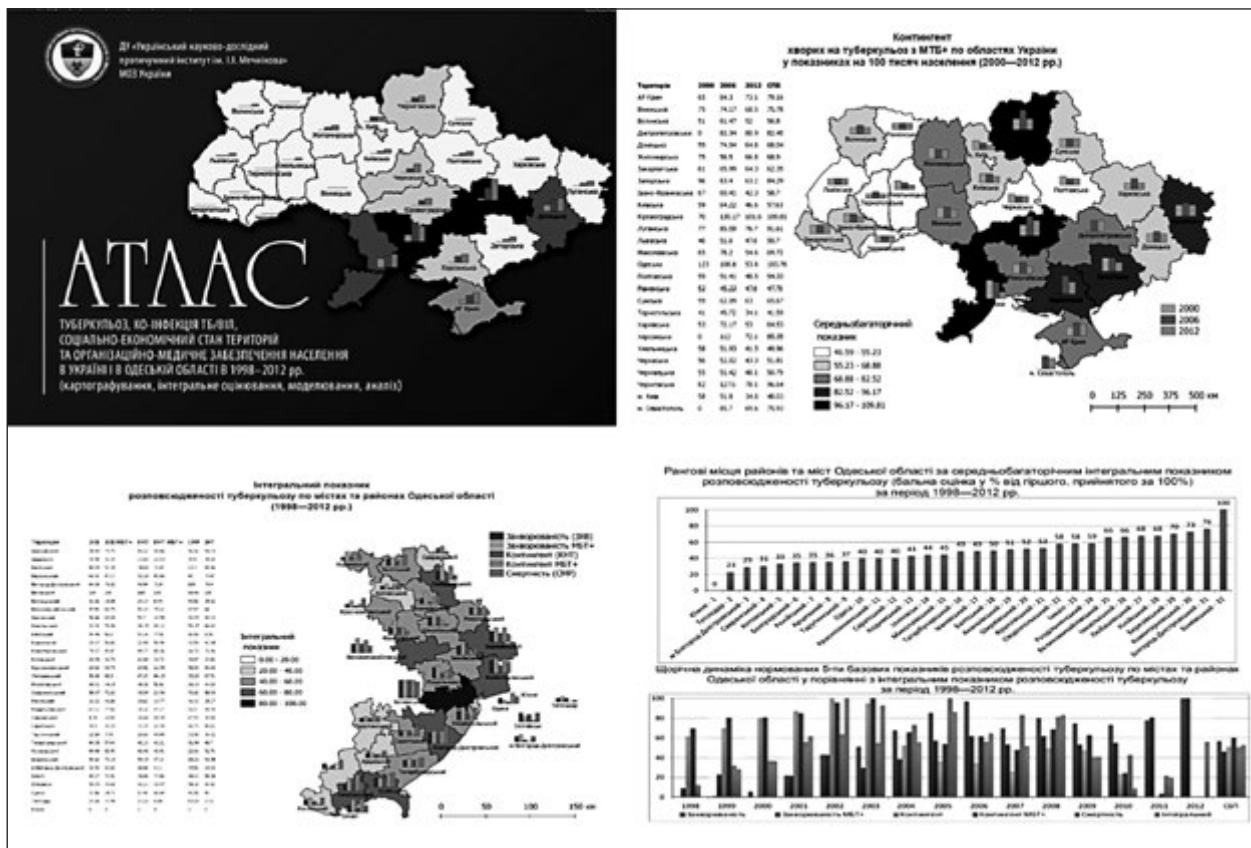


Рис. 3. Обложка и некоторые фрагменты атласа

Нижче описан ряд прикладів конкретного застосування запропонованої моделі з певним акцентом на візуалізації отриманих результатів.

**4. Обобщенные оценки социально-экономического состояния и распространенности туберкулеза: визуальное представление**

**4.1. Виды и формы сопоставления.** Задача візуального представлення аналітичних даних, отриманих на базі описаної вище моделі, вирішувалась в декількох варіантах. Найбільш широким образом результати проведених оцінок і побудов представлено в атласі «Туберкульоз, ко-інфекція ТБ/ВІЧ, соціально-економічне становище територій і організаційно-медичне забезпечення населення в Україні і в Одеській області в 1998–2012 гг. (картографування, інтегральне оцінювання, моделювання, аналіз)» [20]. На рис. 3 і 4 представлені деякі ілюстрації цього атласу.

При складанні атласу були проведені наступні групи оцінок і порівнянь:

- а) поширеність туберкульозу в Україні за 2000–2012 гг. (за областями);
- б) поширеність туберкульозу в 43 містах України за 1998–2008 гг. – в порівнянні з їх соціально-економічним становищем;

в) поширеність туберкульозу в містах і районах Одеської області за 1998–2012 гг. і порівняння їх з соціально-економічним становищем за інтегральними показниками;

- г) поширеність ко-інфекції ТБ/ВІЧ в Україні за 2000–2012 гг. (в розрізі областей);
- д) порівняння інтегральних характеристик поширеності туберкульозу в містах і районах Одеської області за 2000–2010 гг. і становища соціально-медичної безпеки населення цих територій за той же період.

Нижче наведено деякі приклади з даного переліку.

**4.2. Оценки распространенности туберкулеза в Украине и в Одесской области.** Для всієї країни проводилась оцінка загальної ситуації з епідемією туберкульозу в областях України, включаючи районні центри (24 області і Київ і Севастополь) за п'ятьма вищепереліченими показниками поширеності захворювання протягом усього досліджуваного періоду: захворюваність активними формами, бактеріальними формами, аналогічно – контингент, а також смертність від всіх форм. На рис. 5 показана картина розподілу за областями показника захворюваності і інтегральної оцінки епідемії за вказанний час.



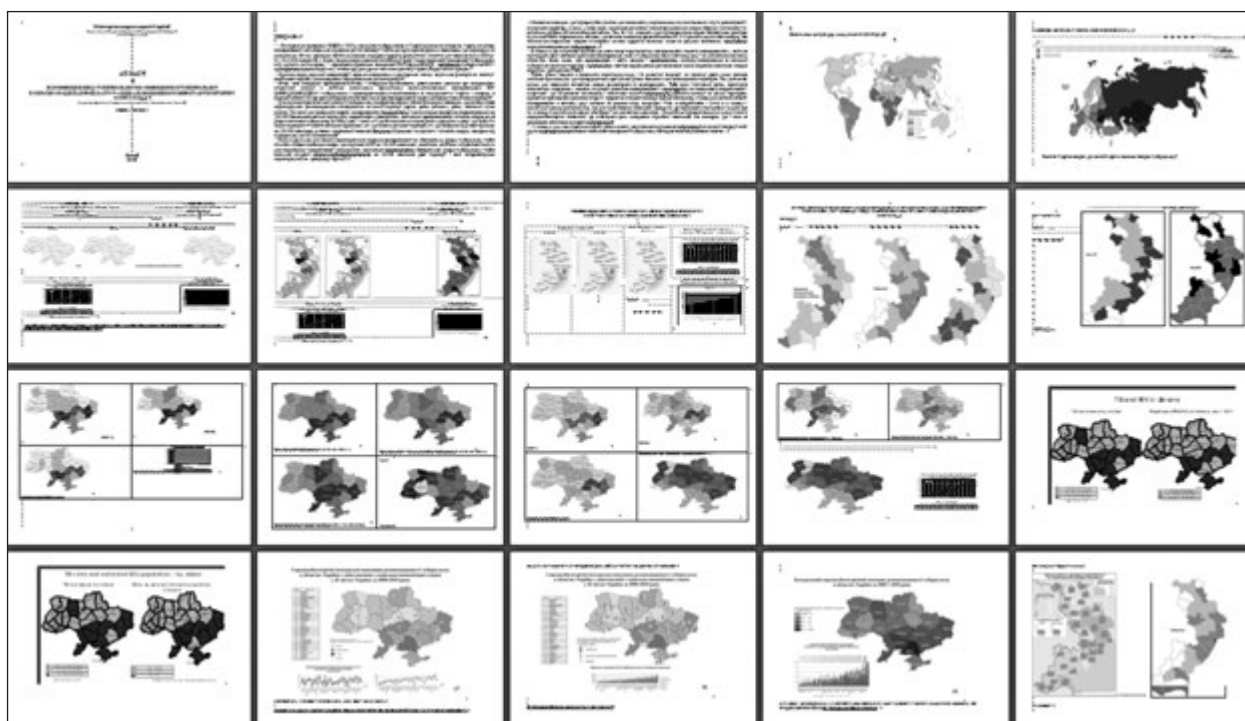


Рис. 4. Один из вариантов компоновки материалов атласа

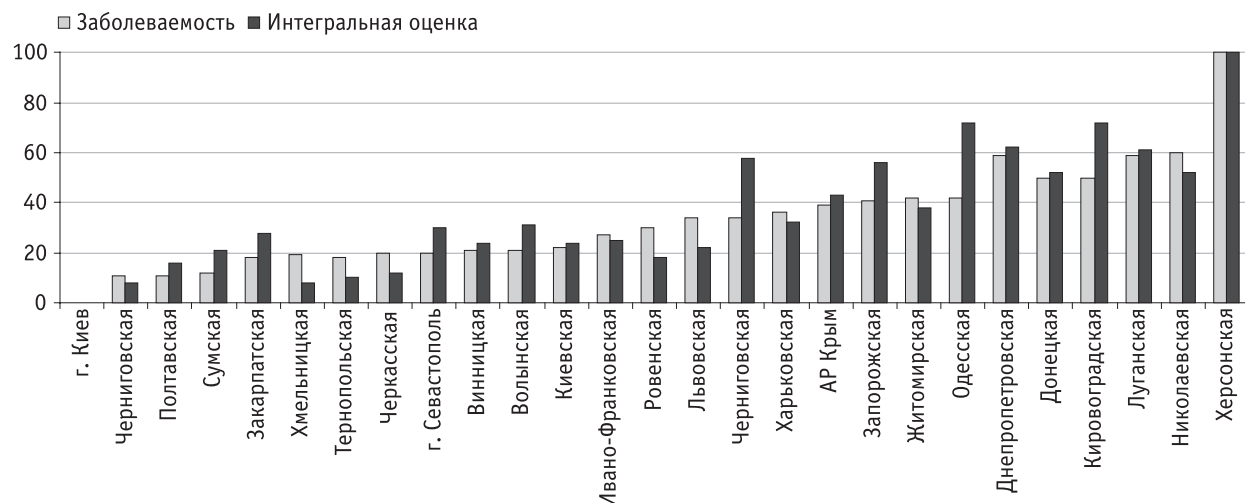
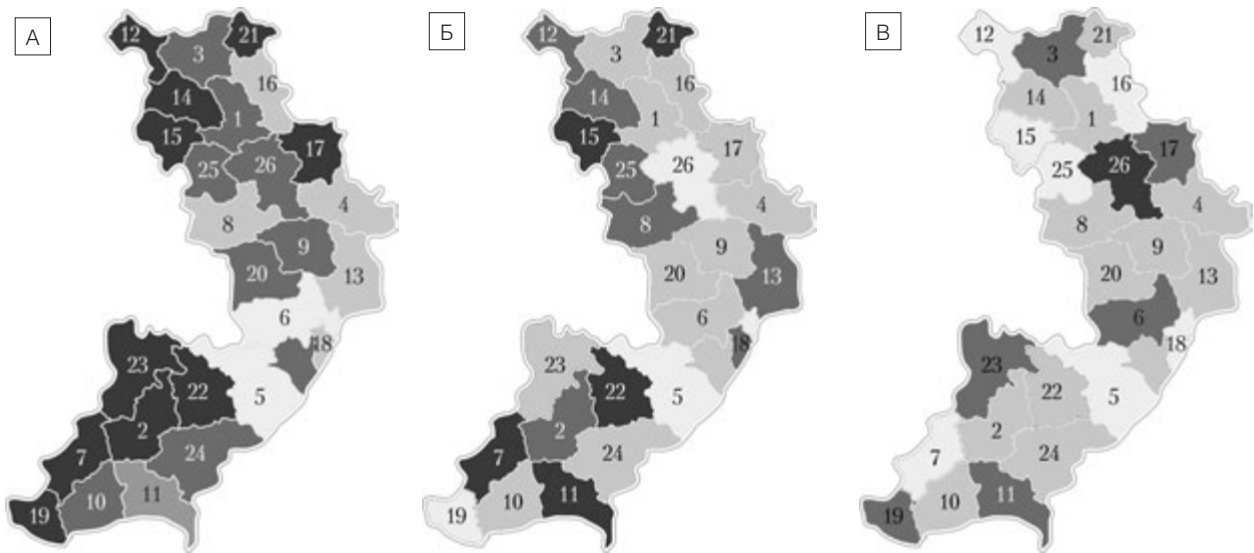


Рис. 5. Интегральная оценка эпидемии туберкулеза (по пяти показателям) и нормированный среднеголетний показатель заболеваемости в областях Украины (1998—2012 гг.)

Институтом стратегических исследований СНБО Украины проведена рейтинговая оценка областей страны за 2010 г., в том числе с учетом состояния здоровья населения и деятельности организаций здравоохранения [10]. Из данных этого мониторинга следовало, что Одесская область по большинству показателей, в частности относительно состояния системы здравоохранения в целом, занимала одно из последних мест среди областей Украины, что характеризует ситуацию как плохую и опасную с точки зрения перспективы. Эта ситуация была одной из причин повышенного внимания к Одесской области

в настоящей работе. Для районов области наряду с исследованием параметров эпидемии были оценены их (районов) социально-экономическое состояние и социально-медицинская обеспеченность (в соответствии с перечнями, приведенными в подразделе 3.1.). Агрегированная оценка эпидемии строилась на базе отобранных групп средних многолетних показателей для туберкулеза (за 1998—2008 гг.), использовались названные выше пять показателей.

Из рис. 6 видно, что для подавляющего количества районов прослеживается следующее: где лучше социально-экономическое положение, там



**Рис. 6. Визуальне представлення інтегральних оцінок соціально-економічного стану та розповсюдженості туберкульозу в районах Одеської області**

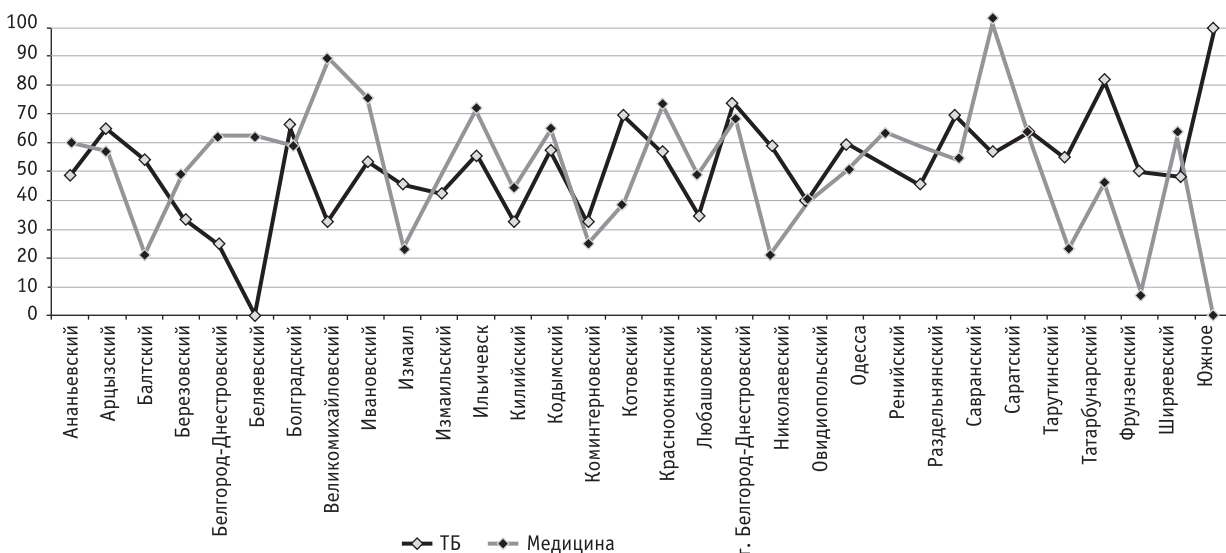
А — соціально-економічне становище (інвертована шкала); Б — розповсюдженість туберкульозу (інтегральна оцінка); В — ступінь розходження інтегральних показників розповсюдженості туберкульозу та соціально-економічного положення. Різниця в тонах: А і Б — темний тон відповідає кращому стану; В — чим менше розходження, тим світліше тон, характеризуючий даний район.

ниже інтегральна оцінка епідемії; де нижче соціальне становище, там вище показник епідемії.

Для виконання ще одного варіанта аналізу ситуації по районах області в рамках роботи над атласом було проведено порівняння характеристик соціально-медичного забезпечення районів — з показниками епідемії туберкульозу. Це було зроблено на базі урахування понад тридцяти медико-організаційних і ресурсних показників, що характеризують робо-

ту медичних установ області, зокрема районних і сільських лікувальних установ. Вони були отримані з річних довідників Одеського обласного інформаційно-аналітичного Центру медичної статистики за 2006–2010 рр. [12], а також статистичних щорічників.

Результати, представлені на рис. 7, дозволяють порівнювати епідеміологічну ситуацію по туберкульозу з станом системи охорони здоров'я в Одеській області. Обидва графіки в знач-



**Рис. 7. Порівняння загальної соціально-медичної ситуації в районах Одеської області та загальної оцінки епідеміологічного процесу туберкульозу**

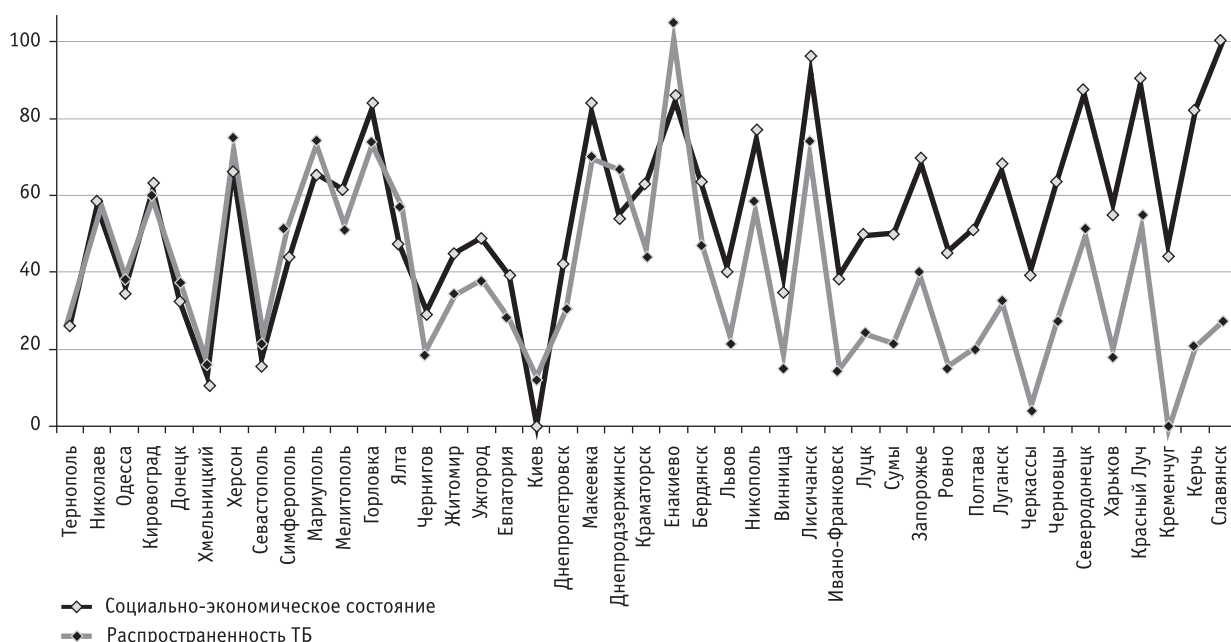


Рис. 8. Сравнение характеристик эпидемии туберкулеза и социально-экономического состояния в городах Украины (1998—2008 гг.)

тельной мере соответствуют друг другу: из 32 пар сравнений только три дали полярные значения, многие другие демонстрируют синхронную картину. На основании этого можно сделать ряд выводов. Первый из них: одной из основных причин напряженной ситуации по туберкулезу в Одесской области является низкое финансовое и ресурсно-кадровое обеспечение медицинской сферы в районах и городах области и в целом низкое организационно-медицинское обеспечение (по 20 позициям получена оценка ниже 60 %).

Рис. 8 отображает сравнение характеристик эпидемии туберкулеза и социально-экономического состояния в 43 городах Украины на базе усредненных по годам интегральных оценок. Наглядно видно многолетнее соответствие уровней и динамики сравниваемых процессов.

Важную информацию можно получить при рассмотрении рис. 5 и 9. На них приведены картина распространенности туберкулеза по областям Украины за 2000—2012 гг. и сравнение интегральной оценки с показателем заболеваемости. На рис. 9 столбиковыми диаграммами на карте показан вклад отдельных показателей в общую оценку эпидемии, а по рис. 5 можно видеть, в частности, что обобщенная характеристика эпидемии (интегральный показатель) несет более полную информацию о неблагополучии, чем, например, только показатель заболеваемости. Это хорошо видно по состоянию Сумской, Закарпатской, Одесской, Черниговской и Кировоградской областей.

**4.3. Другие примеры визуализации.** Не только пространственными изображениями следует пользоваться при визуализации различных процессов, фактов, представлений. Ниже приведено несколько иллюстраций, на том же материале описывающих определенные общие характеристики эпидемии туберкулеза и их связь с социально-экономическим состоянием.

На рис. 10 представлены основные «слагаемые» образа эпидемии: социальные факторы влияния на эпидемию туберкулеза (уровень и качество жизни, трудовые отношения, социально-экологические условия), а также компоненты той социальной цены, которую вынуждено платить общество за распространение эпидемии туберкулеза (весьма значительные трудовые потери, показатель недожитых лет, неполноценная жизнь больных и др.). Как следствие на этом же рисунке отражена и обратная связь между туберкулезом и социальной жизнью территорий: сама эпидемия туберкулеза в свою очередь влияет на уровень культуры, характер трудовых отношений, на уровень жизни населения. Разумеется, это только часть визуальных представлений.

Украинскими экономистами было проведено ранжирование областей Украины по уровню жизни населения, социально-экономическому состоянию регионов [14]. Эта картина изображена в виде столбиковой диаграммы на рис. 11 (левая ось ординат). Представлялось интересным сопоставить эту картину, полученную на базе иных методов агрегирования, с одним из

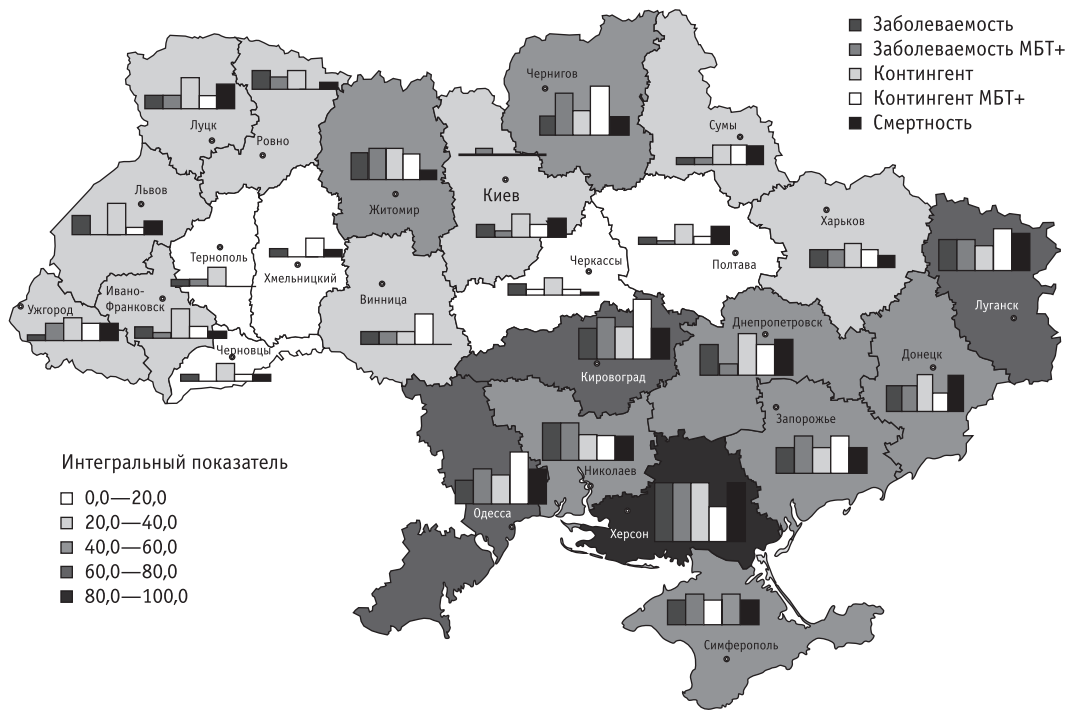


Рис. 9. Інтегральна характеристика епідемії туберкульозу по областях України за 2000—2012 гг.

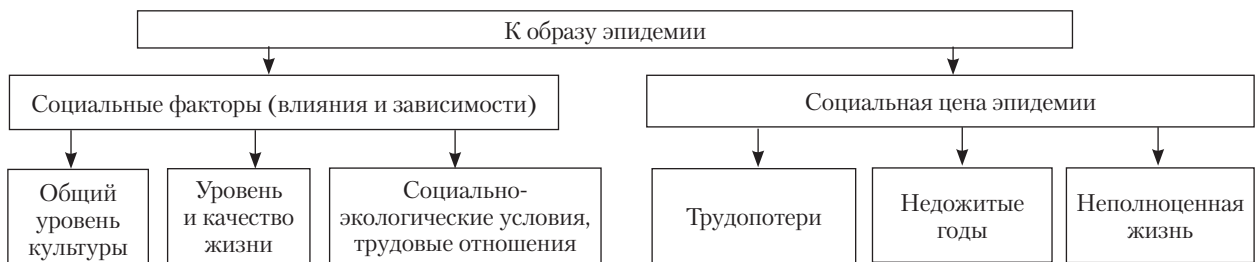


Рис. 10. К социальной картине епідемії туберкульозу

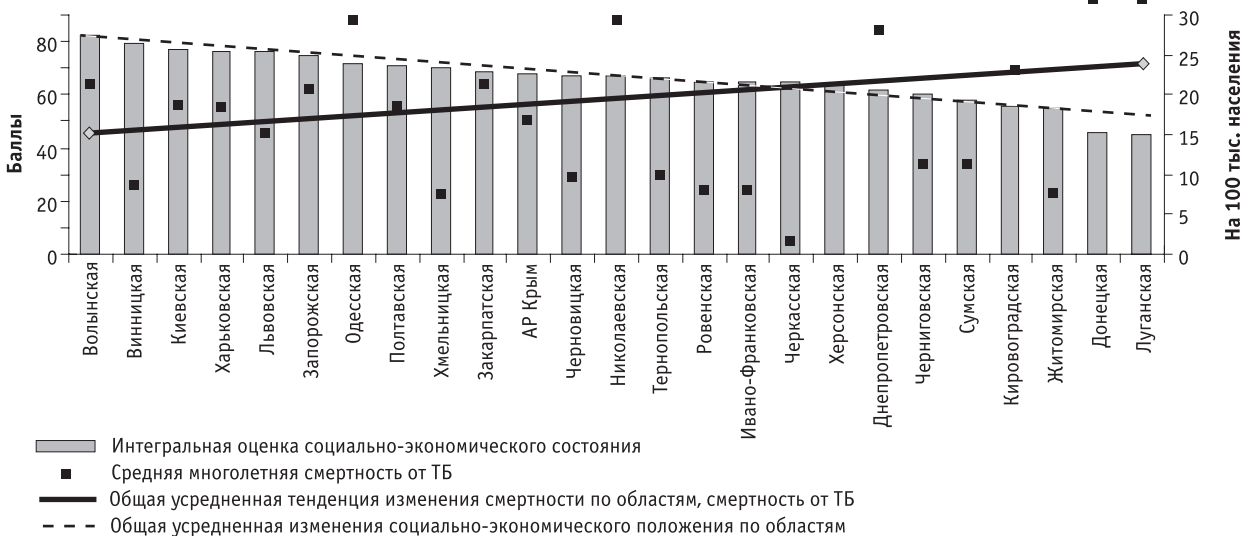


Рис. 11. Сопоставление социально-экономического состояния областей Украины и смертности в них от ТБ



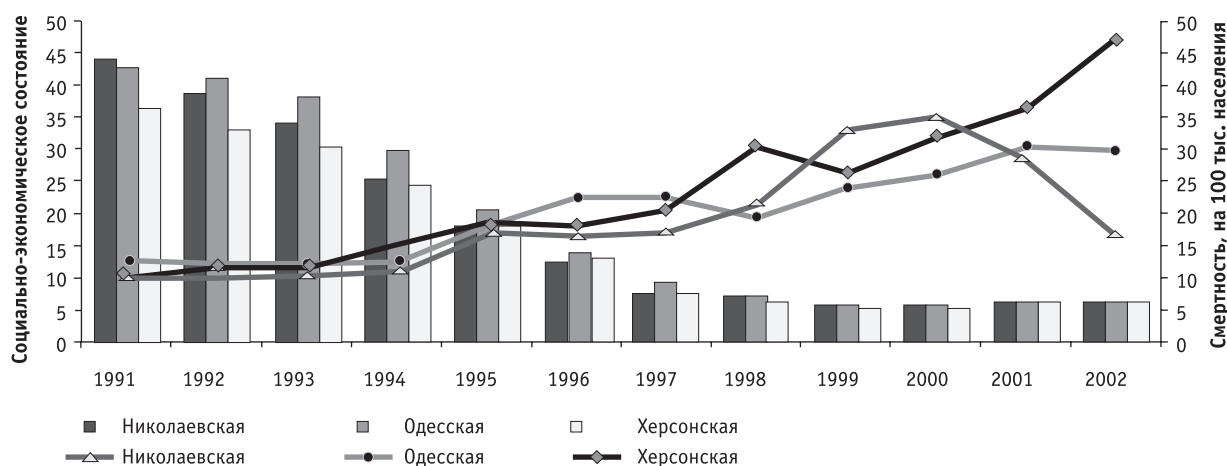


Рис. 12. Сравнение социально-экономического состояния трех областей Украины и заболеваемости туберкулезом в них за 1991—2002 гг.

весомых показателей эпидемии туберкулеза — смертностью от него в этих областях. Эти данные показаны на рисунке мелкими черными квадратами с использованием правой вертикальной шкалы (количество смертей на 100 тыс. жителей). Пунктирная линия обозначает изменение социально-экономического состояния областей (уровня жизни населения), а черная сплошная линия — усредненную тенденцию изменения смертности от туберкулеза. Наблюдается очевидная корреляция.

Аналогичная работа проделана нами на базе анализа состояния трех причерноморских областей Украины за 1991—2002 гг. (рис. 12).

Социально-экономическое состояние Одесской, Николаевской и Херсонской областей оценивалось по описанной выше модели по 68 показателям: демография, промышленность, транспорт, материально-финансовые характеристики, культура, трудовые отношения, медицина, образование, гражданские образования, окружающая среда. Интегральные оценки (столбиковая диаграмма) сравнивались с заболеваемостью туберкулезом в данном году (сплошные кривые). Левая и правая вертикальные шкалы аналогичны приведенным на рис. 11. Наблюдается сходная картина: чем ниже уровень социально-экономического развития, тем выше заболеваемость.

Другой вариант визуализации описанного соответствия тяжести эпидемии туберкулеза в разрезе районов и общей характеристики социально-экономического состояния этой территории иллюстрирует рис. 13 (на базе материалов Одесской области за ряд лет).

В левой части рисунка районы области расположены по ранговым местам убывания оценки уровня их социально-экономического состояния за 1998—2008 гг.; в правой — рост интегральной

оценки эпидемии туберкулеза в них за эти же годы. Для удобства рассмотрения оба списка разбиты на три части: более благополучные в социальном отношении районы, средняя группа и менее благополучные. Аналогичная разбивка в отношении тяжести эпидемии: сверху группа с менее тяжелыми показателями обобщенной оценки эпидемии, затем средняя группа и внизу — группа с более тяжелыми показателями. Сплошными линиями обозначена принадлежность района к соответственным группам, пунктиром — к различающимся.

Можно видеть, что при таком способе представления информации из 26 районов 17 попадают в соответственные группы, то есть прослеживается та же очевидная тенденция.

Еще более выразительную картину получаем при сравнении социально-экономического положения районов Одесской области и смертности от туберкулеза, если для упрощения и большей наглядности представить весь диапазон получаемых оценок в трех более или менее равных градациях: «низкая», «средняя» и «высокая» для смертности и «лучшее», «среднее» и «худшее» — для социально-экономического состояния (рис. 14). На этом рисунке ромбиками обозначено социально-экономическое состояние районов и квадратами — показатели смертности в этих районах. Из 26 районов для 20 оценки оказываются в «одинаковых» группах, для 6 — в смежных, соседних, и ни для одного района — в полярных. Картина взаимосвязи туберкулеза и социальной ситуации очевидна.

Наконец, приведем еще один прием визуализации анализируемого процесса — для описания динамики обобщенной характеристики социального благополучия-неблагополучия в районах области за несколько лет на базе 14 показателей

Сравнение районов Одесской области

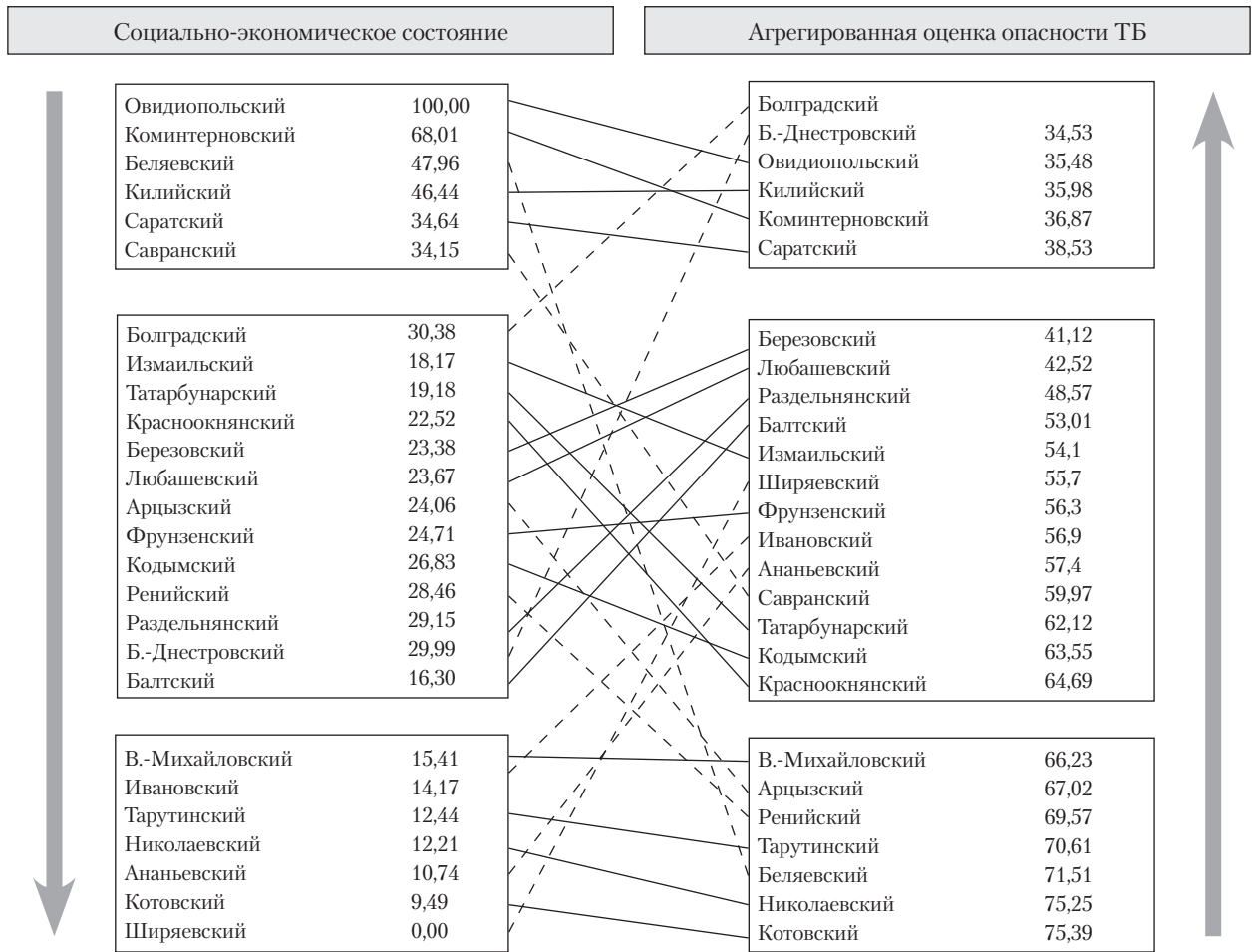


Рис. 13. Сопоставление социально-экономического состояния районов Одесской области и обобщенной оценки эпидемии туберкулеза в них (1998—2008 гг.)

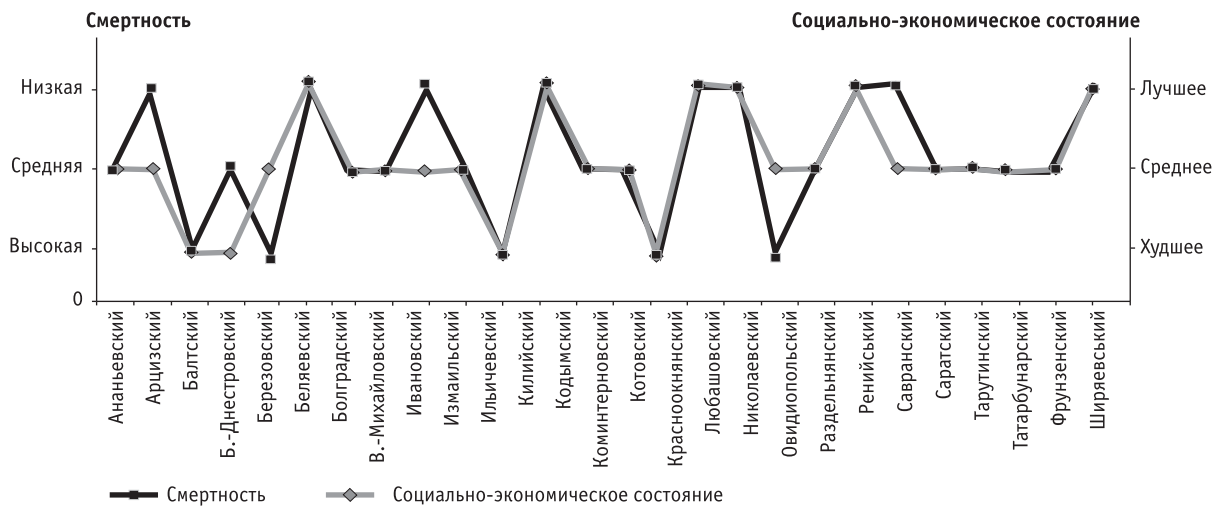


Рис. 14. Сопоставление социально-экономического состояния районов Одесской области и смертности от ТБ

(демография, безработица, экология, материально-финансовые характеристики населения, правонарушения и др.).

На рис. 15 приведена эта усредненная картина для придунайских районов Одесской области. Белым цветом показаны районы, интегральная

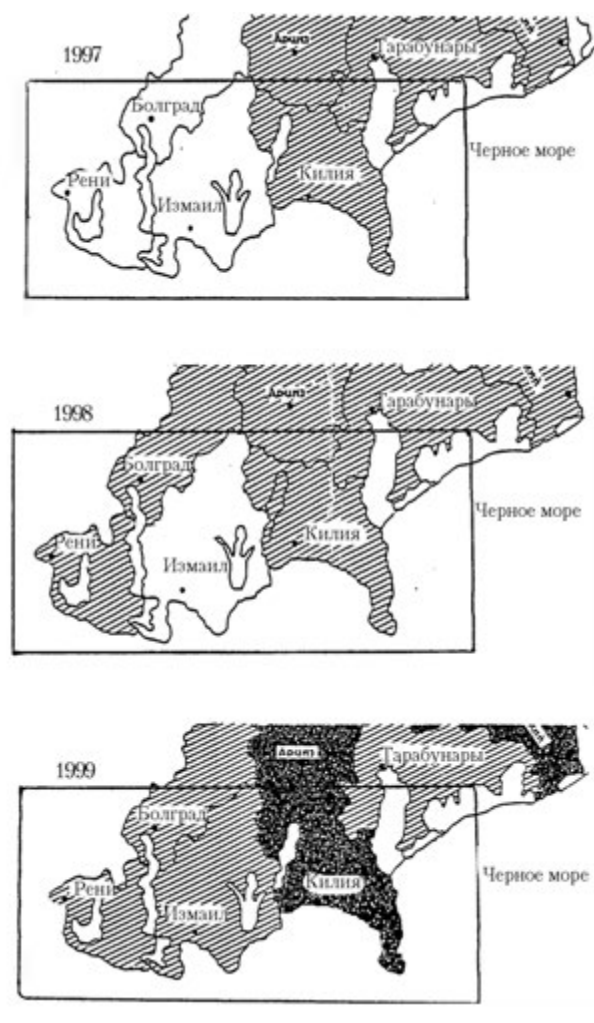


Рис. 15. Динаміка соціально-економічного стану придунайських районів

оценка социального состояния которых находится в верхней части диапазона оценок (выше 65 баллов, т. е. в которых это социальное состояние лучше, чем в других районах). Серым отмечены районы, находящиеся в средней части шкалы оценок (55–65 баллов). Черным показаны те районы, которые в данном году оказались в нижней части всего диапазона оценок — ниже 55 баллов. В частности, в 1997 г. среди обследованных районов не было ни одного «черного», а Измаильский, Ренийский и Болградский районы получили более или менее приличную оценку. К концу же 1999 г. на этой территории не осталось ни одного «белого» района.

### 5. Заключение

Основными вопросами, рассмотренными в настоящей работе, было, во-первых, исследование основных закономерностей и пространственно-временных особенностей развития и протекания эпидемии туберкулеза (например, на материалах Одесской области и не только) и, во-вто-

рых, наглядное представление в возможно более обобщенном виде о наличии корреляционных связей между социально-экономическими параметрами данной территории и распространенностью туберкулеза на ней.

Такая постановка требовала решения непростых задач. В частности, необходимо было построить такую модель, которая давала бы возможность представить и социальную ситуацию, и эпидемическое состояние (которые в норме описываются определенными перечнями локальных показателей) в интегральном, агрегированном виде. Кроме того, сделать это сопоставление как можно более валидным и наглядным, используя широкие статистические данные за достаточный период и для разных территориальных единиц.

С этой целью в рамках исследования в разное время были выполнены несколько серий вычислений и сравнений:

- временная динамика социально-экономического положения и уровня жизни населения в трех областях юга Украины — Одесской, Николаевской и Херсонской — на протяжении 1991–2002 гг., оцененных на базе нескольких десятков показателей, была сопоставлена с заболеваемостью туберкулезом, контингентом и смертностью от туберкулеза;
- обобщенная оценка социально-экономического состояния 43 городов Украины (данные по демографии, рынку труда, доходам населения, окружающей среде...) за 2002–2008 гг. была сравнена с интегральной оценкой эпидемии туберкулеза в этих городах в те же годы;
- временная динамика социально-экономического положения и уровня жизни населения в административных районах Одесской области (14 показателей, включая детскую анемию, лейкозы, безработицу, правонарушения, за 1996–2003 гг.) и агрегированная оценка туберкулеза в тех же районах за те же годы;
- для районов Одесской области была оценена связь интегральной характеристики туберкулеза с обобщенной характеристикой социально-медицинской ситуации в этих районах (включая ряд параметров обеспеченности — количество медперсонала, коечный фонд и т. д.) за 2003–2008 гг.
- и некоторые другие.

В результате продемонстрирована целостная картина развития эпидемии туберкулеза в областях и городах Украины и в районах Одесской области, что наглядно подтверждает взаимосвязь этого процесса с социально-экономическим состоянием и организационно-медицинским обеспечением территорий. Издан атлас, иллюстрирующий указанные параметры, и на его базе уста-

новлена зв'язь со спеціалістами в різних регіонах, займаючимися боротьбою з епідемією туберкулеза і готовими надавати актуальну інформацію о стані справ в своїх регіонах.

Важке методологічне зауваження — о самій моделі. Описана оціночна модель (векторна система для агрегування даних) не являється суцільно вичислювальною, а також просто експертною або справочною системою. Це достатньо універсальне засіб для підтримки, обґрунтування і прийняття рішень (decision making) в широкому множині управлінських і проектних завдань, завдань оцінювання, класифікації, формування суджень.

Різні методи і прийоми візуалізації суттєво обогачають ці можливості.

Додаємо, що описана модель не тільки виконує завдання узагальнення (в певному сенсі — аналогічну операції абстрагування), але і імітує деякі функції мислення — постановку завдання або цілі, описання процесу, оцінку ознак і т. д., і може стати методологічним інструментом, придатним для рішення не тільки прикладних, але і ґносеологічних завдань.

## Висновки

1. Представлений метод отримання інтегральної оцінки епідемії туберкулеза дозволяє бачити картину в цілому, оцінювати загальну динаміку, отримувати кількісну оцінку для складних якісних об'єктів, процесів і ситуацій. Зрозуміло, що туберкульоз переважніше в якості робочого предметного поля, в частині тому, що серед так званих повільних інфекцій він займає одне з провідних місць і є значущою соціальною загрозою, зокрема для дітей, молоді, а також спроможного населення.

2. Описана модель може мати дуже широке застосування. Очевидно, що з її допомогою дуже ефективно можуть бути побудовані інтегральні оцінки інших епідемічних процесів і в цілому різних складних об'єктів.

Важко вказати одне з можливих реальних напрямків продовження поточної роботи. Це реалізація інтерактивного постійно діючого і динамічного використання застосованої моделі побудови узагальнених оцінок.

3. Сопоставлення і пошук кореляційних зв'язей, які дозволили б отримати реальну картину епідемії, в тому числі з усіма її наслідками, і більш переконливо показали вплив соціально-економічного стану територій на поширеність туберкулеза, а також зворотного впливу, значущо усклад-

нюються неспроможністю, а часом і недостовірністю звітної статистики і відсутністю формалізованого набору стандартів, характеризують рівень і якість життя населення. Суттєво впливають на оцінку цих зв'язей (і відповідно на необхідні соціально-медичні заходи на національному і регіональному рівнях) такі помилкові стратегічні дії, як відмова від загальної профілактичних флюорографічних обстежень (ПФО), що призводить до невиявлення, в першу чергу, обмежених початкових форм туберкулеза, а також значущої штучної (регулятивної) зменшення контингенту хворих активними формами туберкулеза на рубежі 2003–2004 рр. (на 30 %!), що стало наслідком «всього лиш» зміни системи обліку (групування) хворих.

4. Вичерпуюча повнота і достовірність інформації об епідемії туберкулеза і адекватності заходів по протидії їй можуть бути досягнуті лише при періодичній реалізації (по крайній мірі раз в три роки) дозорного епідеміологічного контролю в повній пілотній формі — хоча б в одному-двох адміністративних районах області, з включенням загальної ПФО населення і загальної дитячої туберкулінодіагностики, з ретельним особистим обліком, а також при кваліфікованому і добросовісному встановленні справжніх реальних причин смерті жителів району незалежно від місця реєстрації її.

5. Розроблені підходи дозволяють здійснювати об'єктивний порівняльний аналіз ступеня напруженості епідемії на різних територіях (країна, регіони, області, райони), ранжирование з наступним вивченням причин «відставання» і прийняттям заходів по покращенню ситуації в них. Можливо йти про проведення спеціальних організаційних і профілактичних заходів, посиленні фінансово-ресурсного забезпечення і т. п. Їх використання також створює можливість для достовірної оцінки динамічних тенденцій епідеміологічної ситуації за досліджувані періоди спостережень.

6. Наряду з спеціальними медичними заходами державні, господарські і громадські структури повинні послідовно і неперервно реалізовувати всю сукупність дій по реальному підвищенню рівня і якості життя населення. Це — основне, визначальне умовою стабілізації і реального зниження характеристик поширеності туберкулеза, який на сьогодні залишається серйозною загрозою національній безпеці, з вираженою соціальною складовою.



**Конфликт интересов отсутствует. Участие авторов:** концепция и дизайн исследования — А.Д. Крисилов, В.А. Крисилов, В.В. Чумаченко; сбор материала — Л.Г. Авербух, Т.В. Герасименко, С.В. Поздняков; обработка материала — В.В. Чумаченко, А.Д. Крисилов; написание текста — А.Д. Крисилов, Л.Г. Авербух; статистическая обработка данных — А.Д. Крисилов, В.В. Чумаченко; редактирование текста — А.Д. Крисилов, Л.Г. Авербух.

## Список литературы

1. Авербух Л., Есипенко С., Крисілов А. та ін. Медично-соціальні аспекти епідемії туберкульозу: порівняльні дослідження // Епідеміологія, гігієна, інфекційні хвороби.— 2012.— № 2 (7).— С. 36–42.
2. Авербух Л.Г. Туберкулез: этапы борьбы, обретения и потери. Одесса: Оптимум, 2005.— 350 с.
3. Берлянт А.М. Образ пространства: карта и информация. — М.: Мысль, 1986.— 286 с.
4. Борткевич С. Що має бути змінено у державній політиці протидії захворюванню на туберкульоз в Україні? (Європейський інформаційно-дослідницький центр).— К., 2016.— 31 с.
5. Дзюба І.В. Соціально-економічне становище населення: ранжування регіонів // Статистика України.— 2004.— С. 72–90.
6. Закон України «Щодо протидії захворюваності на туберкульоз» № 2586 від 05.07.2001 р.
7. Крисілов А.Д. Интегральная оценка социально-экономического развития приморских областей Украины: ресурсы, ситуация, приоритеты // Національні і регіональні особливості реформування соціально-економічних відносин і регулювання екологічних процесів в Україні та Польщі.— Киев—Одесса—Варшава, 1997.— С. 145–158.
8. Крисілов А.Д. О выводе обобщенного коэффициента качества / Методические рекомендации Министерства связи УССР по проблеме комплексной системы управления качеством.— К., 1978.— С. 1–8.
9. Крисілов А.Д., Крисілов В.А. Формирование целеориентированной векторной модели для построения агрегированных оценок сложных объектов // Методы решения экологических проблем / Под ред. проф. Л. Мельника.— Сумы: Козацький вал, 2005.— С. 138–155.
10. Огляд соціально-економічного стану регіонів України // Скорочений звіт Інституту стратегічних досліджень РНБО України.— К., 2011.— С. 2–4.
11. Петренко В.І. Фтизіатрія.— К.: Здоров'я, 2008.— 486 с.
12. Порівняльні дані про розповсюдженість туберкульозу та ефективність роботи протитуберкульозної служби Одеської області (щорічні, за 1998–2010 рр.).
13. Привалов Ю.О., Чепурко Г.І., Трофименко О.В. та інші. Звіт за результатами епідеміологічного дослідження з моделювання розвитку епідемії, зумовленої поєднаною ко-інфекцією туберкульоз/ВІЛ, в Україні.— К., 2014.— 27 с.
14. Сборники «Статистичний щорічник України» и «Народное хозяйство Украины» за 1991–2012 гг.— К.
15. Свідоцтво № 47988 про реєстрацію авторського права на твір «Интегральная оценка эпидемического процесса туберкулеза на основе использования векторной модели».— 2013.
16. Степанов В., Крисілов А., Голяева И., Блохер Б. Применение квалиметрических моделей в социально-экономических задачах // Proc. of intern. conf. Knowledge—Dialogue—Solution.— София—Варна, 2005.— С. 48–57.
17. Туберкульоз в Україні (Аналітично-статистичний довідник за 1998–2008 роки).— К., 2009.— 88 с.
18. Туберкульоз в Україні (Аналітично-статистичний довідник за 2000–2010 роки).— К., 2011.— 102 с.
19. Туберкульоз в Україні (Аналітично-статистичний довідник за 2001–2012 роки).— К., 2013.— 128 с.
20. Туберкульоз, ко-інфекція ТБ/ВІЛ, соціально-економічний стан територій та організаційно-медичне забезпечення населення в Україні і в Одеській області в 1998–2012 рр. (картографування, інтегральне оцінювання, моделювання, аналіз) // ДУ «УНДПЧІ ім. І.І. Мечнікова» МОЗ України: Атлас аналітичних карт-матеріалів. — Одеса: Освіта України, 2014.— 118 с.
21. Уніфікований протокол первинної, вторинної (спеціалізованої) та третинної медичної допомоги. Туберкульоз.— К., 2012.— 171 с.
22. Фещенко Ю.І., Мельник В.М. Фтизіоепідеміологія.— К.: Здоров'я, 2005.— 623 с.
23. Черкасский Б.Г. Риск в эпидемиологии. — М.: АИСТ, 2007.— 480 с.
24. Электронный ресурс [URL <ftp://ftp1.ifp.kiev.ua/original/2015/feschenko 2015.pdf>].

А.Д. Крісілов, Л.Г. Авербух, С.В. Поздняков, В.А. Крісілов, В.В. Чумаченко, Т.В. Герасименко  
ДУ «Український науково-дослідний протичумний інститут імені І.І. Мечнікова» МОЗ України, Одеса

## Характеристики епідемії туберкульозу: інтегральна оцінка, моделювання, візуалізація, соціально-економічні залежності

**Мета роботи** — отримання цілісної системної характеристики епідемії туберкульозу, в країні в цілому і на окремих адміністративних територіях, шляхом побудови інтегральних показників, їх візуалізація і уточнення просторово-часових особливостей поширення захворювання, що дає змогу створити комплексне уявлення про «образ епідемії» і прогнозувати її динаміку.

**Матеріали та методи.** Використано дані статистичних щорічників (Україна і Одеська обл.) і довідників «Туберкульоз в Україні».

Методологічною базою цієї роботи є системний підхід до опису складних об'єктів і процесів і порівняльний аналіз агрегованих оцінок епідемії туберкульозу по областях і низки міст України — в зв'язку з соціально-економічним станом цих територій і, частково, з їх ресурсно-медичним забезпеченням, а також картографування та інші прийоми візуалізації, — на базі спеціально розробленої цілісноорієнтованої багатовимірної векторної моделі.

**Результати та обговорення.** Побудовано узагальнені характеристики епідемії туберкульозу для різних адміністративно-територіальних об'єктів України та виконано порівняльний аналіз її динамі-

ки і соціально-економічного стану зазначених територій. Здійснено візуалізацію результатів і видано відповідний атлас.

**Висновки.** Описана модель дає змогу отримати більш достовірне уявлення про «образ» епідемії. З її допомогою можуть бути побудовані інтегральні оцінки інших епідемічних процесів, низки інших складних об'єктів. Розроблені підходи дозволяють здійснити об'єктивний порівняльний аналіз напруженості епідемії на різних територіях (країни, регіони, області, райони), їх ранжування, з подальшим вивченням причин «відставання» низки територій і вживанням заходів щодо поліпшення ситуації в них. Їх використання також створює можливість достовірної оцінки динамічних тенденцій епідситуації за досліджувані періоди спостережень.

**Ключові слова:** туберкульоз, інтегральна оцінка, моделювання, кореляційні залежності, візуалізація.

A. D. Krissilov, L. G. Averbukh, S. V. Pozdnyakov, V. A. Krissilov, V. V. Chumachenko, T. V. Gerasimenko  
SI «I. I. Mechnikov Ukrainian Anti-Plague Research Institute», Ministry of Healthcare of Ukraine, Odessa, Ukraine

## Characteristics of the TB epidemic: integral assessment, simulation, visualization, social and economic dependence

**Objective** – to provide a holistic system of characteristics of the epidemics of tuberculosis – in a country as a whole and in individual administrative areas by the construction of integral indicators, their visualization and refinement of the space-time characteristics of the spread of the disease, which allows you to create a comprehensive picture of the «image of the epidemic» and predict its dynamics.

**Materials and methods.** The data of statistical yearbooks (Ukraine and Odessa region) and reference «Tuberculosis in Ukraine». The methodological basis of this work is a systematic approach to the description of complex objects and processes, and a comparative analysis of aggregated estimates of TB epidemic in areas and a number of cities in Ukraine – in connection with the socio-economic status of these territories, and, partly, with their resource of medical support, as well as mapping and other visualization techniques – based on a specially developed goal-oriented multidimensional vector model.

**Results and discussion.** A generalized characteristics of TB epidemics for various administrative territorial objects of Ukraine were made as well as a comparative analysis of its dynamics and social and economic status of these territories. Implemented visualization of results and issued the appropriate atlas.

**Conclusions.** The above model provides a more reliable picture of the «image» of the epidemic. With its help an integrated evaluation of other epidemic processes can be created, a number of other complex objects can be built. The developed approaches allow an objective comparative analysis of the intensity of the epidemic in different areas (countries, regions, provinces, districts), their ranking, followed by the study of the causes of «gap» areas and the adoption of a number of measures to improve the situation there. Their use also creates the possibility of reliable estimation of dynamic trends in the epidemiological situation of the studied observation periods.

**Key words:** tuberculosis, integrated assessment modeling, correlations, visualization.

---

### Контактна інформація:

Авербух Леонід Григорович, к. мед. н., заслужений лікар України, ст. наук. співр.  
65003, м. Одеса, вул. Церковна, 2/4. Тел. (0482) 32-29-76.  
E-mail: laverbukh@ukr.net

Стаття надійшла до редакції 11 листопада 2016 р.