

УДК 519.9

## МОДЕЛІ ТА АЛГОРИТМИ ОЦІНКИ ВПЛИВУ ЕКОЛОГО-ГІГІЄНИЧНОЇ СИТУАЦІЇ ПРОМИСЛОВОГО РЕГІОНУ НА ЗАХВОРЮВАНІСТЬ НАСЕЛЕННЯ НА ХВОРОБИ ШКІРИ

**І.А. Алпатова**

*Лікарня № 17, м. Дніпропетровськ*

Розглянуто моделі та алгоритми для гігієнічної оцінки й вивчення характеру впливу різноманітних груп екологічних факторів на стан шкіри й підшкірної клітковини населення території промислового регіону.

**Ключові слова:** модель, алгоритм, захворюваність, шкіра, діагностика, прогнозування, екологія.

## МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ЭКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА НА ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ БОЛЕЗНЯМИ КОЖИ

**И.А. Алпатова**

*Больница № 17, г. Днепропетровск*

Рассмотрены модели и алгоритмы для гигиеничной оценки и изучения характера влияния разнообразных групп экологических факторов на состояние кожи и подкожной клетчатки населения территории промышленного региона.

**Ключевые слова:** модель, алгоритм, заболеваемость, кожа, диагностика, прогнозирование, экология.

## MODELS AND ALGORITHMS FOR ESTIMATION OF INFLUENCE OF ECOLOGICAL-HYGIENE SITUATION ON A STATE OF SKIN MORBIDITY OF THE INDUSTRIAL REGIONS POPULATION

**I.A. Alpatova**

*Hospital № 17, Dnipropetrovsk*

The article is dedicated to computer simulations problem of the influence of various groups of environmental impacts on the skins state. The problems of skins morbidity of the population of environmentally vulnerable terrain are considered.

**Key words:** model, algorithm, morbidity, skin, diagnostics, prediction, ecology.

**Вступ.** Технологічна сторона організації масових обстежень для виявлення захворюваності населення на хвороби шкіри має принциповий характер. Актуальним є застосування комп'ютерних технологій при одержанні й обробці інформації [1, 2]. Потрібні надійні способи оперативної діагностики й кількісної оцінки стану шкіри й підшкірної клітковини мешканців забруднених територій для масових обстежень, що відповідає інформаційному забезпеченню на основі сучасних комп'ютерних технологій, створення спеціалізованих баз даних для медико-гігієнічної оцінки впливу факторів середовища на розвиток шкірних захворювань; розробка відповідних баз знань для професійної обробки інформації з метою одержання оп-

тимальних рішень при розробці профілактичних заходів.

**Основна частина.** Для комп'ютерного моделювання стану навколишнього середовища м. Дніпропетровська і його впливу на захворюваність населення на хвороби шкіри використовуються статистичні дані про викиди шкідливих речовин в атмосферу, а також модель електромагнітного забруднення. Комплексна характеристика якості атмосферного повітря визначається "сумарним показником забруднення атмосфери":

$$K_m = \sum_{i=1}^m C_{pg} K^{H_2} \cdot ПДК),$$

© I.A. Алпатова

де  $C_{pi}$  - розрахункова концентрація  $i$ -ої забруднюючої речовини в атмосферному повітрі,  $mg/m^3$ ; ПДК - середньодобова гранично допустима концентрація, встановлена для  $i$ -ої забруднюючої речовини,  $mg/m^3$ ;  $N$  - коефіцієнт, що залежить від класу небезпеки  $i$ -ої забруднюючої речовини. Розмір коефіцієнта для забруднювачів 1-го класу небезпеки становить 1,0; II-го класу - 1,5; III-го класу - 2,0; IV-го класу - 4,0;  $m$  - число аналізованих інгредієнтів. Крім того, у моделі використано індекс забруднення атмосфери (ІЗА), визначений відповідно до методики оцінки забруднення повітря гідрометеослужби України. Згідно із даною методикою, ІЗА визначається як сума п'яти пріоритетних забруднювачів.

Модель впливу забруднення на захворюваність населення на хвороби шкіри включає дані про захворюваність для відповідних груп населення, виділених за віком і статевими ознаками. Модель містить дані районів спостереження й району контролю та для первинного аналізу використовує підхід, який ґрунтується на методі рангового аналізу. Розрахунки й статистична обробка даних проведені за методом Стюдента-Фішера. У модель також включені дані біотестування територій міста Дніпропетровська (Горова А.І) [2, 3]. Їх використано для порівняльних оцінок.

Методика прогнозу захворюваності на хвороби шкіри й підшкірної клітковини населення екологічно забруднених територій [3] ґрунтується на регресійних моделях залежності захворюваності населення від часу впливу й рівня забруднення в районі його проживання й застосування їх для прогнозування захворюваності. Модель для прогнозних розрахунків включає кілька груп інформації. Статистичні дані щодо захворюваності населення збираються по двох групах - для дітей і дорослих. У структурі даних виділений кожний район промислового центру. Переліки нозологічних форм для дітей і дорослих задаються відповідними списками згідно МКХ-10. При побудові регресійних моделей захворюваності загальної структура регресійних моделей для прогнозу захворюваності має вигляд:

$$y_i = a_1 t_i + a_2 z_i,$$

де  $y_i$  - розрахункові значення захворюваності;  $i$  - номер спостереження;  $a_1$ ,  $a_2$  - оцінки коефіцієнтів регресійної моделі, одержані за методом найменших квадратів (МНК);  $t$  - змінна, котра має сенс лінійного тренда;  $Z$  - оцінка екологічного стану району проживання. Для побудованих регресійних моделей всіх видів захворювань дітей і дорослих по районах міста розраховується ряд числових характеристик, які зво-

дяться в таблиці. За їх сукупністю аналізується якість побудованих регресійних моделей і оцінюються їхні прогнозні здатності.

Модель містить дані про дві когорти населення, що проживає на територіях з істотно різними санітарно-гігієнічними умовами: перша когорта (основна) - населення району спостереження, Ленінського (усього 162451, у тому числі 79254 - чоловіки, 19372 - діти). Друга когорта - населення району контролю, Самарського, (усього 79850, у тому числі 38523 - чоловіки, 10446 - діти).

Модель впливу факторів навколишнього середовища на захворюваність шкіри й підшкірної клітковини населення містить три рівні, які, по суті, відображають етапи комп'ютерного аналізу. На першому етапі на основі даних про захворюваність шкіри населення й вміст шкідливих домішок в атмосфері проводився попередній аналіз парціального впливу кожного з розглянутих факторів. Для досліджуваного району спостереження й розглянутих нозологічних форм захворювань шкіри й підшкірної клітковини були розраховані коефіцієнти парної кореляції. Для кожного виду захворювань із аналізу кореляційної матриці виділяються фактори, у яких спостерігається високий коефіцієнт парної кореляції з відповідною нозологічною формою ( $r > 0,5$ ). На другому етапі для виділених факторів будуються моделі на основі множинних регресійних рівнянь і обчислюються коефіцієнти множинної кореляції. На третьому етапі здійснюється перехід до нормованих змінних для обчислення коефіцієнтів парціального впливу забруднюючих речовин на різні види захворювань шкіри, які й характеризують рівень впливу відповідних факторів на хвороби шкіри досліджуваних нозологічних форм. У загальному випадку модель у формі рівняння множинної регресії в нормованому вигляді представлена в такий спосіб.

$$W_j = \beta_1 U_1 + \beta_2 U_2 + \beta_3 U_3 + \dots$$

Модель дозволяє визначити, який відносний внесок у нормований показник захворюваності Зробить відповідний фактор зовнішнього середовища  $U_i$ . Кількісною характеристикою цього внеску є коефіцієнти при  $i$ -их факторах середовища  $\beta_i$ .

Для побудови комп'ютерної картографічної моделі електромагнітного забруднення території м. Дніпропетровська були виконані 843 виміри електромагнітних полів і випромінювань (ЕМП і ЕМВ) Побудована комп'ютерна модель дозволяє виконати гігієнічний аналіз впливу ЕМП і ЕМВ на захворюваність населення відповідних територій на хвороби шкіри.

Для автоматизації масових обстежень стану шкіри й створення відповідних баз даних був розроблений

метод виміру відбивної здатності шкіри при впливі електромагнітного випромінювання. Комп'ютерна модель містить модуль бази знань із відносними (безрозмірними) характеристиками здорової й патологічно зміненої шкіри. Порівняння цих характеристик дозволяє судити про ступінь патологічних змін шкіри. Абсолютні значення сильно відрізняються залежно від типу шкіри, віку, стану пацієнта, тому для загального аналізу непридатні. Розроблено моделі у відносних показниках відбиття шкіри - відношення вимірюваних значень коефіцієнта відбиття патологічно змінених ділянок до коефіцієнта відбиття сусідніх ділянок здорової шкіри. Значення відносного коефіцієнта відбиття (ВКВ) здорової шкіри дорівнює одиниці, значення ВКВ патологічно змінених ділянок змінюються із збільшенням порушення морфологічних структур.

Діагностика стану імунної системи (ІС) класичними біохімічними методами - процес тривалий, складний і дорогий. У зв'язку із цим була розроблена методика й відповідні комп'ютерні алгоритми для оцінки імунного статусу за допомогою технологій електропунктурної діагностики (ЕПД). Становить інтерес оцінка ІС неінвазивними методами, до яких належить метод ЕПД. Для оцінки можливості використання такої технології імунологічного обстеження нами були виконані наступні дослідження.

Обстежено групу хворих двома методами: аналіз імунограми крові (НДІГ АМН України) і модифікованим методом Фоля (на змінному струмі, апарат "РАМЕД ЕКСПЕРТ") у Жовтневому поліклінічному відділенні лікарні № 17 р. Дніпропетровська (міського шкірно-венерологічного диспансеру). Ця група хворих проходила курс лікування в НДІГ АМН України методом автоцитокінотерапії, спрямований на підвищення імунного статусу. Результати лікування контролювалися за допомогою аналізу імунограм крові, які були отримані в результаті обстежень як до, так і після лікування. Матеріалом для досліджень була венозна кров донорів. Статистичну обробку отриманих даних проводили з використанням комп'ютерних технологій. Одночасно із цим проводили виміри активних і реактивної складових показників біологічно активних точок (БАТ), відповідальних за стан органів імуногенезу (комп'ютерна діагностична система "РАМЕД ЕКСПЕРТ") [2].

Виміри проводилися на симетричних (лівих і правих) точках. Пряме порівняння показників імунограми й вимірюваних показників БАТ, відповідальних за імунний комплекс, неможливе. Тому був проведений порівняльний аналіз ступеня зміни показників, отриманих за першою і другою методиками оцінки імунного

статусу. Оцінювався ступінь зміни імунного статусу за ступенем відповідності коефіцієнта кореляції між значеннями показників, отриманих до лікування й після лікування, за кожним методом. У першому випадку порівнюються 18 показників імунограми крові пацієнта, вимірювані до й після лікування. У другому - порівнюються чотири показники, вимірювані в 27 БАТ тіла пацієнта до й після лікування. Необхідно для цих двох методик установити міру розходження значень показників, отриманих до й після лікування.

Для показників імунограми коефіцієнт кореляції виявився рівним  $r=0,81$ ,  $p=0,05$ . Для показників БАТ  $r=0,72$ ,  $p=0,05$  (для лівих БАТ) і  $r=0,76$ ,  $p=0,05$  (для правих БАТ). У такий спосіб ступінь розходження показників до й після лікування, щодо коефіцієнтів кореляції, близький для обох методів. Крім того, був розрахований ступінь зміни середніх показників для кожного з методів. Для того, щоб установити значимість розходження значень окремих показників, отриманих до й після лікування, логічно застосувати техніку перевірки статистичної гіпотези про розходження математичних очікувань двох вибірок спостережень. Для першої методики (імунограма) одна з вибірок представлена спостереженнями 18 показників до лікування, інша - спостереженнями 18 показників після лікування. Для одержання однорідності вибірок кожна пара спостережень за всіма 18 показниками наведена до загального діапазону зміни (0,0-50,0). У результаті порівняння встановлене значиме розходження показників до й після лікування з рівнем значимості 0,01.

У випадку другої методики (ЕПД) перевірка гіпотези проводилася незалежно за кожним із чотирьох показників (активна й реактивна складові до й після лікування). Для кожного з показників перша вибірка представлена 27 спостереженнями показника до лікування, друга вибірка - 27 спостереженнями показника після лікування. Для зручності проведення аналізу спостереження вибірок центровані щодо значення, рівного 50 %, що відповідає "нормі". Установлено розходження значень до й після лікування для всіх чотирьох показників з рівнями значимості 0,05, 0,05, 0,05 і 0,01 відповідно. На цій основі розроблені комп'ютерні алгоритми неінвазивної оцінки імунного статусу людини, що можуть бути використані для виявлення груп ризику загострення шкірних патологій зі зниженим імунним статусом і створення відповідних баз даних в автоматичному режимі.

Перспективи електропунктури пов'язані з розробкою єдиних інформаційних підходів, що передбачають можливість проведення диспансеризації населення за

результатами профілактичних оглядів стану шкіри дорослих і дітей на основі комп'ютеризованих діагностичних систем. Оскільки зміни властивостей БАТ проявляються раніше, ніж явні клінічні ознаки захворювання, то можливе виявлення самих ранніх стадій захворювання методом ЕПД і створення відповідних баз даних. Крім того, комп'ютерна електропунктурна діагностика може служити додатковим критерієм точної оцінки ефективності лікувальних заходів, тобто використовуватися як зворотний зв'язок у процесі терапії. Метод ЕПД дозволяє визначати ефективність дії медикаменту або процедури на людину, здійснювати індивідуальний підбір препарату, підбирати параметри лікувальної процедури (фізіотерапевтичного впливу), здійснювати постійний комп'ютерний контроль для того, щоб вчасно вносити відповідні зміни в тактику лікування [4, 5].

Для комп'ютерної діагностики був вибраний модифікований метод ЕПД на основі змінного тестуючого сигналу. Використання змінного сигналу спеціальної форми має певні переваги перед вимірами на постійному струмі. На відміну від постійного струму, що протікає по позаклітинному середовищу (мембрана клітин являє собою ізолятор) змінний сигнал проходить і через мембрани клітин і впливає на загальну провідність БАТ, що дозволяє підвищити точність і відтворюваність результатів вимірів, уникнути артефактів.

Відповідно до існуючих подань, еквівалентну схему БАТ можна представити у вигляді паралельно з'єднаних активного опору, величина якого може бути виміряна при постійному струмі, і реактивного, обумовленого клітинною провідністю, який вимірюється лише при змінному сигналі. Такий метод виміру електрофізичних параметрів БАТ істотно відрізняється від методик діагностики, заснованих на вимірі електрошкірного опору при постійному струмі (методи Фоля, Накатани та їх модифікації) і заснований на вимірі комплексної провідності БАТ при змінному сигналі.

Комп'ютерні алгоритми лікувально-профілактичних процедур, пов'язані із застосуванням електромагнітної фізіотерапії, розроблені для апаратів електромагнітної терапії "ЗМИТЕР-ОНС" (патент України № 19645А, Дозвіл на використання КНМТ МОЗУ Ін. № 3 від 29.03.95) і "РАМЕД ЕКСПЕРТ" (реєстраційне посвідчення №783/99 від 14.07.99) [4]. В апараті "ЗМИТЕР-ОНС" генерується висококогерентний монохроматичний сигнал, забезпечена можливість амплітудної модуляції випромінювання на частоті основних біоритмів людини і їхніх гармонік, у тому числі синхронізованих по фазі з біоритмами, що

збільшує число біотропних параметрів і підвищує лікувальну ефективність.

Розробка комп'ютерних моделей і алгоритмів дозволила створити комплекс комп'ютерних технологій, націлених на гігієнічну оцінку впливу різних факторів навколишнього середовища на захворюваність шкіри й підшкірної клітковини населення екологічно напруженого промислового мегаполіса. Моделі розроблено на підставі статистичних даних про характер забруднюючого впливу антропогенного походження й даних про захворюваність шкіри й підшкірної клітковини різних нозологій населення території.

Моделі й алгоритми реалізовані у вигляді інформаційно-діагностичної системи. У рамках дослідження побудовано АРМ лікаря-гігієніста. У складі АРМ може використовуватися широкий спектр діагностичного, лікувального й комунікаційного устаткування, сполученого з ЕОМ, тому надзвичайно актуальним було завдання забезпечення інформаційної сумісності програмного забезпечення різних модулів. Це модулі бази даних, бази знань, прогностичні модулі, модулі автоматизації масових обстежень населення, інтерфейс, що дозволяє інтегрувати АРМ у відповідний єдиний інформаційний простір. Як інформаційні ресурси виступають мультимедійні дані про пацієнтів, довідкові дані, результати наукових досліджень, профільна база знань, алгоритми діагностики, лікування тощо.

Використання АРМ гігієніста дозволяє істотно підвищити ефективність роботи відповідних фахівців. Це досягається зменшенням затрат на аналіз при одночасному підвищенні його якості, створенням людино-машинного інтерфейсу, що максимально враховує образне мислення лікаря (спілкування природною мовою, візуалізація й озвучування образів і т.д.) а також створенням машинного інтелекту в рамках інформаційної системи, структури знань, які максимально відповідають образній моделі знань людини. Технологічною базою для розв'язання таких завдань є наступні модулі [6]: конструктора предметної області, що дозволяє створювати шаблони, які описують різні об'єкти й процеси предметної області; лексичного процесора для створення текстових описів характеристик об'єктів і процесів; семантичного процесора для формування висновку на основі семантичних правил відображення реальних значень факторів; процесора біосигналів, для уведення в систему, візуалізації (моніторингу), зберігання й попередньої обробки біосигналів; процесора зображень для уведення в систему, візуалізації, зберігання й попередньої обробки медичних зображень; дослідницького модуля для проведення адекватного сис-

темного аналізу даних і витягу з них знань для розробки алгоритмів інформаційної підтримки лікарських рішень; інтелектуального процесора для розв'язання завдань діагностики, прогнозування й вибору такого рівня допомоги, при якому мінімізується ймовірність реалізації загрози для населення а також розробки профілактичних заходів.

Основним призначенням АРМ лікаря-гігієніста є комп'ютерне забезпечення аналізу й оцінки впливу зовнішніх факторів на здоров'я населення, прогноз гігієнічної ситуації, комп'ютерний супровід моніторингу здоров'я населення, особливо у випадку використання комп'ютеризованих систем, а також спеціальних завдань, таких як індивідуалізація профілактичних заходів; об'єктивізація критеріїв оцінки ефективності проведеної профілактики; прогнозування стану здоров'я шкіри населення залежно від прогнозу розвитку екологічної ситуації.

Система припускає безпаперову технологію роботи, при якій вся доступна інформація відтворюється в зручному вигляді на екрані монітора, причому користувач може за запитом змінювати склад і форму подання відображуваної інформації.

Базу даних системи утворює комплекс табличних файлів в ББР-форматі й описів в А8СІІ-форматі. За характером використання системна інформація поділена на наступні групи: накопичувачі, які містять інформацію вихідних документів; звіти, які формуються програмно й містять зведену інформацію із

цільового напрямку або запиту; довідники й класифікатори, що задають номенклатуру значень; описувачі, що містять мета-інформацію про базу даних і систему в цілому, тобто дані про склад, структуру, способи кодування й відображення в різних елементах і складових системи - базах, вікнах, меню та ін.; а також - технологічні бази. Останні забезпечують підтримку роботи програм і використовуються для контролю достовірності інформації, підвищення ефективності функціонування системи.

**Висновок.** Математичні моделі сформовані за функціональним призначенням й реалізовані для розв'язання наступних задач: статистичне моделювання й ієрархічний аналіз забруднення повітряного середовища хімічними сполуками; статистичне моделювання й ієрархічний аналіз забруднення повітряного середовища важкими металами, моделі розподілу населення різних вікових груп по територіях мегаполіса; моделі впливу ушкоджувальних факторів зовнішнього середовища на захворюваність населення на хвороби шкіри різних нозологічних форм; моделі прогнозу захворюваності залежно від прогнозу екологічного стану середовища перебування; алгоритми для діагностики захворювань шкіри за допомогою електропунктурних приладів. Крім того, інформаційне забезпечення включає алгоритми профілактичних заходів, заснованих на використанні КВЧ-терапії донозологічних станів хронічних хвороб шкіри й підшкірної клітковини [7].

## Література

1. Алпатова И. А. Диагностика и профилактика экологически зависимых заболеваний кожи / И. А. Алпатова. - Днепропетровск: Пороги, 2003. - 133 с.
2. Алпатова И. А. АРМ врача-дерматолога: модели прогноза заболеваемости кожи населения промышленных районов на основе цитогенетических тестов / И. А. Алпатова // АРМ врача 2002 : Международная научно-практическая конференция : сб. докладов. - Днепропетровск: УГХТУ 2002. - С. 57 - 60.
3. Алпатова И. А. Особенности прогнозирования заболеваемости кожи с учетом данных биоиндикации экологического состояния территорий / И. А. Алпатова, А. И. Горювая, А. П. Сарычев // Довкілля та здоров'я. - 2001. - № (2). - С. 51-57.
4. Алпатова И. А. Особенности разработки программного комплекса эколого-генетического мониторинга кожных

заболеваний / И. А. Алпатова // Укр. журнал медичної техніки та технологій. - 1999. - № 1. - С. 81-85.

5. Алпатова И. А. Информационно-диагностическая система "АРМ врача-дерматолога" / И. А. Алпатова, В. В. Костра // Современные проблемы информации в непромышленной сфере и экономике. Информационные и высокие технологии в медицине : VII Международная открытая научная конференция: сб. трудов. - Воронеж, 2002. - С. 28-29.

6. Прокопчук Ю.А. Образно-волновая модель интеллекта // Искусственный интеллект. - № 3. - 2002. - С. 124-132.

7. Никитина Н. Г. Методические подходы к профилактике заболеваемости кожи на основе использования электромагнитных излучений крайне высокой частоты / Н. Г. Никитина, И. А. Алпатова // Гигиена населенных мест. - К., 2006. - Вып. 47. - Т. 1. - С. 275-279.