

УДК 504.05

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ НА ЕКОЛОГІЮ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

М. В. Крихівський, Д. Ф. Тимків, Д. Д. Матієшин

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул.Карпатська,15, public@nung.edu.ua

Розглянуто дванадцять основних хімічних елементів – забруднювачів ґрунтів. Формалізовано задачу оцінювання впливу їх концентрацій на здоров'я людей. Пропонується встановлювати тісну статистичного зв'язку та функціональну залежність, що йому відповідає.

Ключові слова: хімічний склад ґрунтів, типи хвороб, статистична залежність.

Рассмотрено двенадцать основных химических элементов в почвах. Формализована задача оценки влияния их концентраций на здоровье людей. Предлагается устанавливать статистическую взаимосвязь и соответствующую ей функциональную зависимость.

Ключевые слова: химический состав почв, типы болезней, статистическая зависимость

In the article 12 is considered basic chemical element in soils. The task of evaluation of influence of their concentrations on a health of people is formalized. It is suggested to set the crowd conditions of statistical connection and proper it functional dependence.

Keywords: chemical composition of soils, types of illnesses, statistical dependence

У Всесвітній Декларації охорони здоров'я, яка була ухвалена на асамблеї країн, які входять у Всесвітню Організацію Охорони Здоров'я, закріплено покращення здоров'я населення як кінцеву ціль соціального і економічного розвитку. Здоров'я людини в значній мірі залежить від середовища, в якому він проживає, й ґрунт відіграє в цьому основну роль. Багато хвороб виникають через порушення співвідношення мікроелементів.

Академік Н.Н.Моїсєєв [1] призначав ґрунтовому покриттю ключове місце в біоті, вважаючи його основою біосфери. Нормування кількості різних мікроелементів в ґрунтах на даний час є ще не вирішеною проблемою. Існує кілька підходів до її вирішення. Оптимальним на думку Ю.А.Ізраєля [2] є нормування екологічного навантаження в результаті всебічного аналізу природного середовища, але він є надто складним. З поміж інших можна виділити концепцію гранично допустимих викидів, основу якої складають наперед визначені гранично допустимі концентрації токсичних речовин в природних об'єктах, та нормування накопичення забруднювачів в природних об'єктах.

Вчення про біохімічні ендемії (захворювання рослин, тварин і людей, які пов'язані з недостатністю або надлишковістю хімічних елементів в оточуючому середовищі певного регіону в порівнянні з його кларком) розроблено А.П.Виноградовим і В.В.Ковальським як подальший розвиток ідей В.І.Вернадського. Критичні концентрації мікроелементів не однакові в різних географічних умовах. Вони залежать від ритму обміну речовин, який формується в результаті пристосування організмів до певного рівня хімічних елементів в оточуючому середовищі. Проживання на територіях з критичними концентраціями певних елементів може призводити до зниження імунних властивостей організму людини та захворювань.

Медицино-екологічні дослідження вказують, що не тільки ендемічні захворювання є територіально розповсюджені. Атеросклероз, шлунково-кишкові, серцево-судинні, ендокринні, цукровий діабет, кістково-суглобні також обмежені територіально. Ці хвороби в певній мірі обумовлені співвідношенням хімічних елементів в навколишньому середовищі.

Працями багатьох дослідників доведена залежність між хімічним складом ґрунтів і захворюваністю населення. Вміст мікроелементів через воду та продукти харчування відображається на балансі мікроелементів в організмі. На розвиток серцево-судинних захворювань впливає хром, кобальт, мідь, йод, марганець, молібден, нікель, ванадій, цинк. На території США смертність від серцево-судинних хвороб корелює з типами ґрунтів, які суттєво відрізняються місткістю хімічних елементів.

Дослідження Н.А.Протасової та І.М.Голубєва показали зв'язок мікроелементного складу ґрунтів та захворюваності населення Тамбовської області Росії. Ними встановлена позитивна кореляція між вмістом в ґрунті стронцію і розповсюдженням гіпертонії; стронцію, титану, хрому, нікелю і ішемічною хворобою серця. Окремо вони виділяють стронцій, хром і берилій як дефіцитні в усіх ґрунтах області, встановлена пряма залежність вмісту стронцію в ґрунті та хворобами крові та кровотворних органів. Також вміст стронцію, берилію та нікелю впливає на розповсюдження шлунково-кишкових хвороб.

Багато дослідників вказують на вплив металів на розвиток хвороб органів травлення людини. Кобальт, мідь, марганець, цинк є основними факторами патології органів травлення та печінки. А.А.Омеляшко встановив, що рак шлунка та легенів виникає в жителів територій зі слабкокислими ґрунтами, у яких міститься мало заліза, кобальта і цинку. Дослідження, які були проведені Ю.Г.Покатіловим на території Сибіру, виявили, що забруднення ґрунтів сприяють зростанню серцево-судинних захворювань. Г.П.Дубіковський встановив позитивний кореляційний зв'язок вмісту в ґрунтах валових форм бора, молібдену, марганцю, титану, хрому, нікелю, стронцію, барію і цинку з розповсюдженням раку шлунку в Білорусії.

Основний природний спосіб розповсюдження полютантів навколишнім середовищем – це вітрянання гірських порід та вулканічна діяльність, а також вимивання та міграція з поверхневими і ґрунтовими водами. Крім того, попадання в атмосферу і міграція територіями відбувається через викиди промисловими підприємствами, відходи людської життєдіяльності. Попадання їх в організм людини, як правило, відбувається диханням повітрям з пилом або вживанням забруднених води й їжі та ковтанням з пилом.

Hg (ртуть) — сріблясто-білий важкий метал, який є малорозповсюдженим у ґрунтах. Ртуть використовують у виробництві хлору, під час якого можливі значні викиди її в атмосферу. Не варто забувати і про побутові відходи, в які попадають ртутні термометри та лампи денного світла. Також ртуть міститься в вугіллі та нафті й при їх спалюванні попадає в атмосферу.

Пара ртуті та її сполук дуже отруйні. З попаданням до організму людини ртуть акумулюється та залишається там на все життя. Контакт невеликої концентрації пари ртуті протягом кількох років з людиною викликає у людини мікромеркуріалізм, який може перейти у хронічне отруєння. Іони ртуті блокують ферменти, що призводить до порушень обміну речовин. У першу чергу страждає центральна нервова система. Хронічне отруєння парами ртуті часто викликає схильність до туберкульозу, уражень жовчного міхура і печінки, атеросклеротичних проявів, гіпертонії. Гранично допустима концентрація ртуті в ґрунті становить 2.1 мг/кг (валова форма), кларк - 0.0083 мг/кг.

Be (берилій) — легкий, твердий, крихкий метал світло-сірого кольору. Застосовується у виробництві рентгенівських трубок, неонових світильників, ядерній техніці, ракетобудуванні, приладобудуванні та космічній техніці. Використовується для зварювання та паяння. Попадання в атмосферу берилію відбувається під час спалювання різних типів палива та за рахунок викидів автотранспорту.

Берилій має високу біологічну активність, викликає загальнотоксичні, алергічні, канцерогенні та ембріотоксичні реакції в теплокровних організмах. Він взаємодіє з ДНК, створюючи генні мутації, хромосомні аберації та іншу дію на клітинному рівні. В організмі від його впливу змінюється імунологічний стан, активність ферментів, що каталізують енергетичні процеси в легенях, печінці, нирках, м'язовій та кістковій тканинах. Гранично допустима концентрація берилію в ґрунті становить 1.0 мг/кг (валова форма), кларк - 3.8 мг/кг.

Cd (кадмій) — сріблясто-білий м'який метал з синюватим відливом. Цей хімічний елемент використовується у виробництві акумуляторів, фарб, пластику, мінеральних добрив. Попадає в організм з тютюновим димом, має властивість накопичуватись в організмах і екосистемах.

У людському організмі акумулюється найбільше в нирках та печінці. Надмірна кількість цього елемента в організмі може проявлятися у вигляді простопатії, кардіопатії, гіпертонії, емфіземи легенів, остеопорозу, деформації скелета, нефропатії, анемії, розвитку дефіциту цинку, селену, міді, заліза, кальцію. Гранично допустима концентрація кадмію в ґрунті становить 0.6 мг/кг (валова форма), кларк - 0.13 мг/кг.

Co (кобальт) — твердий, сріблясто-білий метал з червонуватим відтінком [7]. Його використовують у металургії, хімічній промисловості, виготовленні кераміки, міститься в вітаміні В₁₂. В живих організмах він задіяний у ферментативних процесах, утворенні гормонів щитовидної залози, пригнічує обмін йоду, сприяє виділенню води нирками, сприяє кровоутворенню.

Недостатня кількість кобальту в організмі людини проявляється у загальній слабкості, стомлюваності, порушенні роботи пам'яті, аритмії, повільному одужанню після захворювань. Надлишковість же призводить до пневмосклерозу, ураження серцевого м'яза, алергодерматиту, гіперплазії щитовидної залози, ураження слухового нерва, підвищення артеріального тиску, рівня ліпідів, вмісту еритроцитів у крові. Гранично допустима концентрація кобальту в ґрунті становить 5.0 мг/кг (валова форма), кларк - 18.0 мг/кг.

Pb (свинець) — м'який, ковкий, сірий метал. Він використовується у виробництві акумуляторів, кабелів, фарб, скла, мастил, шліфувальних паст, етильованого бензину. Свинець задіяний в обмінних процесах кісткової тканини. Може бути отруйним, накопичується в організмі. Для організму людини він є канцерогеном і тератогеном.

Нагромадження свинцю в організмі людини може викликати як свинцеву енцефалопатію, виродження периферичних нервів, венозний стаз, псевдомосклероз, серцева гіпертонія, цироз печінки, так і підвищену збудливість, слабкість, стомлюваність, погіршення роботи пам'яті, головні болі, болі в кінцівках, карієс зубів, артропатію, захворювання кісткової системи, болі в животі виснаження, схуднення, зниження вмісту в організмі кальцію, цинку, селену. Гранично допустима концентрація свинцю в ґрунті становить 32.0 мг/кг (валова форма), кларк - 16.0 мг/кг.

As (арсен, миш'як) — речовина (не метал), яка існує у кількох алотропних формах. Сіра форма нагадує крихкий напівметал сталевого кольору. У виробництві використовується для сплавів, напівпровідників, фарбників, акумуляторів, пестицидів. Застосовується у шкіряній, текстильній і скляній промисловості. Миш'як в організмі людини взаємодіє з білками, впливає на окислювальні процеси та бере участь в багатьох біохімічних процесах.

Накопиченість в організмі людини викликає дратівливість, головну біль, порушення роботи печінки, шкірні алергічні реакції, дерматит, екзему, депігментацію шкіри, кон'юнктивіт, ураження системи дихання, судин, нефропатії, збільшення ризику розвитку новоутворень. Гранично допустима концентрація миш'яку в ґрунті становить 1.0 мг/кг (валова форма), кларк - 1.7 мг/кг.

Se (селен) — м'яка речовина (не метал), схожа на сірку. Його отримують як побічний продукт очищення міді. Використовується у фотоелектричних елементах, сонячних батареях, фотокопіюючих пристроях, напівпровідниках. Він стимулює в організмі людини процеси обміну речовин, приймає участь в побудові та функціонуванні антиоксидантних сполук.

Недостатня кількість селену в організмі проявляється у дерматиті, екземі, слабкому рості та випаданні волосся, дистрофічній зміні нігтів, зниженні імунного захисту, порушеннях роботи печінки. Надлишковість же відображається в нестабільних емоційних станах, нудоті і блюванні, порушеннях роботи печінки, нежиті, бронхопневмонії, набряку легень, випаданні волосся, ламкості нігтів. Гранично допустима концентрація селену в ґрунті становить 0.2 мг/кг (валова форма), кларк - 0.05 мг/кг.

Cu (купрум, мідь) — ковкий, пластичний червонувато-коричневий метал. Мідь є важливим елементом для рослин та організмів. Відомо понад 50 білків та ферментів, у яких знайдено мідь. Вона також входить до складу багатьох вітамінів, гормонів, дихальних пігментів, задіяна у процесах обміну речовин, клітинному диханні. Важливе значення міді у підтримці нормальної структури кісток, сухожилів, хрящів, еластичності судин, легеневих альвеол, шкіри.

Недостатність міді в організмі людини викликає порушення гемоглобіноутворення, пригнічення кровотворення, погіршення діяльності серцево-судинної системи, збільшення можливості переломів кісток, посилення схильності до бронхіальної астми, розвитку розсіяного склерозу, порушення пігментації волосся, прискорення старіння організму.

При надходженні в організм людини надлишкової кількості міді можуть виникнути розлади нервової системи, порушення функцій печінки та нирок, а також просто інтоксикація організму. Гранично допустима концентрація міді в ґрунті становить 3.0 мг/кг (рухома форма), кларк - 47.0 мг/кг.

Cr (хром) — дуже твердий метал сірого кольору. Використовується у виробництві кераміки, скла, гуми, шкіряних виробів, сталі, фарбуванні тканин. Хром відіграє важливу біологічну роль в організмі людини. Він впливає на взаємодію з глюкозою, гомеостаз сироваткового холестеролу, позитивно впливає на процеси кровотворення, а також на ферментативні системи. У складі ферменту трипсину хром бере участь у процесі травлення.

Перевищення поступлення в організм людини необхідної кількості хрому проявляється у запальних захворюваннях та виразках слизових оболонок, алергічних реакціях, дерматитах, екземах,

астматичних бронхітах, бронхіальних астмах, астено-невротичних розладах, збільшенні ризику онкологічних захворювань. Гранично допустима концентрація хрому в ґрунті становить 0.05 мг/кг (рухома форма), кларк - 83.0 мг/кг.

Zn (цинк) — в'язкий, блакитно-сірий метал. Застосовується у гальванізації заліза, лужних акуляторів, антикорозійної обробки. Цинк необхідний для багатьох біохімічних процесів в організмі. Він потрібний для синтезу білків, формуванні кісток, входить до складу багатьох ферментів, впливає на реалізацію біологічних функцій інсуліну, нормалізуючи жировий обмін. Цинк бере участь у кровотворенні, а також необхідний для нормального функціонування гіпофіза, підшлункової залози, сім'яних міхурів.

Недостатність цинку викликає накопичення в організмі свинцю, кадмію, міді, заліза. Проявляється вона в дратівливості, стомлюваності, втраті пам'яті, порушенні сну, гіперактивності, зниженні гостроти зору, втраті смакових відчуттів, діареї, розладах нюху, шкірних захворюваннях, частих і тривалих простудних захворюваннях, алергії, анемії.

Надлишковість поступлення в організм людини створює порушення функцій імунної системи, підшлункової залози, печінки, передміхурової залози. Вона також викликає нудоту, порушення стану шкіри, волосся, нігтів, зниження вмісту в організмі заліза, міді, кадмію. Гранично допустима концентрація цинку в ґрунті становить 23.0 мг/кг (валова форма), кларк - 83.0 мг/кг.

Fe (ферум, залізо) — ковкий, м'який сріблясто-білий метал. Ферум життєво важливий хімічний елемент для всіх організмів. Його основною функцією є окислювальні процеси та перенесення кисню. Входить в структуру гемоглобіну та інших ферментів. У клітинах залізо неспецифічно зв'язується із численними хімічними елементами і може каталізувати утворення токсичних вільних радикалів.

Нестача заліза в організмі призводить до головної болі, запаморочення, слабкості, стомлюваності, непереносимості холоду, зниження концентрації уваги та пам'яті, прискореного серцебиття, ламкості нігтів, підвищення загальної захворюваності. Надлишковість поступлення в організм викликає такі ж самі реакції організму людини, як і нестача. Крім цього, з'являється пігментація шкіри, печія, нудота, болі в шлунку, діарея, виразка кишечника, розлади роботи печінки, підвищення ризику розвитку атеросклерозу, хвороб серця, артритів, інфекційних і пухлинних захворювань. Гранично допустима концентрація заліза в ґрунті не встановлена, кларк - 46500 мг/кг.

Al (алюміній) — м'який, легкий, сріблясто-білий метал. Він є найрозповсюдженішим металом у земній корі. Використовується алюміній в металургії, електротехніці, харчовій та авіаційній промисловості. Алюміній входить до складу багатьох типів молекул тканин людей, тварин і рослин. Приймає участь в утворенні фосфатних та білкових структур, регенерації кісткової, епітеліальної та сполучної тканин, впливає на дію травних ферментів, функцію щитоподібних залоз.

Алюміній накопичується в печінці, підшлунковій і щитовидній залозах. Перевищення доз надходження в організм людини викликає порушення роботи центральної нервової системи, розвитку нейродегенеративних захворювань, захворювань опорно-рухового апарату, запорів, розладів роботи нирок, порушення обміну фосфору, магнію, цинку, міді. Гранично допустима концентрація заліза в ґрунті не встановлена, кларк - 80500 мг/кг.

Людський організм реагує на забруднення довкілля хворобами, які вважають його маркерами. До таких можна віднести: 1_x – хвороби крові та кровотворних органів; 2_x – хвороби органів дихання, серед яких 3_x – хронічний бронхіт і 4_x – бронхіальна астма; 5_x – хвороби органів травлення; 6_x – онкологічні захворювання. Така класифікація відповідає міжнародній статистичній класифікації хвороб, травм і причин смерті.

Для формулювання задачі дослідження позначимо середні вмісти елементів на екологічних дільницях як $x_{i,j}$, де i – номер екологічної дільниці, що змінюється від 1 до 12, j – номер хімічного елемента: 1- Hg, 2- Be, 3 - Cd, 4 - Co, 5 - Pb, 6 - As, 7 - Se, 8 - Cu, 9 - Cr, 10 - Zn, 11 - Fe, 12 – Al. Ці змінні описують екологічні умови і є вхідними змінними. В математичних моделях їх називають незалежними, факторами-аргументами, екзогенними, предикаторними або пояснюючими.

Вихідні змінні, що характеризують стан захворюваності та смертності населення, позначимо як $pz_{i,j}$ – поширеність захворювань, де i – номер екологічної дільниці, що змінюється від 1 до 12, j – номер типу захворюваності: 1- всього, 2- 1_x , 3 – 2_x , 4 – 3_x , 5 – 4_x , 6 – 5_x , 7 – 6_x ; $ppz_{i,j}$ – первинна захворюваність, де i – номер екологічної дільниці, що змінюється від 1 до 12, j – номер типу захворюваності: 1- всього, 2- 1_x , 3 – 2_x , 4 – 3_x , 5 – 4_x , 6 – 5_x , 7 – 6_x ; $s_{i,j}$ – смертність, де i – номер екологічної дільниці, що змінюється від 1 до 12, j – номер типу смертей від хвороб: 1- всього, 2- 1_x , 3 –

$2_x, 4 - 3_x, 5 - 4_x, 6 - 5_x, 7 - 6_x$. В математичних моделях їх називають залежними, відгукками, ендогенними, результуючими або пояснюваними.

Ще один тип змінних, які безпосередньо не вимірюються, позначимо як y_i , де i – номер екологічної ділянки, що змінюється від 1 до 12. Ці латентні змінні відображають вплив рівня доходів населення, рівень медичного обслуговування, спадковість та похибки вимірювання.

Загальна задача статистичного дослідження залежностей полягає в побудові такої векторної

функції $f(x_{i,j}) = \begin{pmatrix} f_1(x_{i,j}) \\ f_2(x_{i,j}) \\ \dots \\ f_m(x_{i,j}) \end{pmatrix}$ за результатами вимірювань вхідних змінних $x_{i,j}$, яка б дозволила

визначати (прогнозувати) значення вихідних змінних $pz_{i,j}$, $ppz_{i,j}$, $s_{i,j}$ найкращим чином в певному розумінні, наприклад, в розумінні методу найменших квадратів [3]. Для розв'язання цієї задачі необхідно встановити сам факт існування або відсутності статистично значущого зв'язку між $x_{i,j}$ та $pz_{i,j}$, $ppz_{i,j}$ або $s_{i,j}$. У випадку існування такого статистичного зв'язку потрібно знайти векторну функцію $f(x_{i,j})$.

Література

1. Моисеев Н. Н. Экология человечества глазами математика / Н.Н.Моисеев. – М.: Молодая гвардия, 1988. – 104 с. – ISBN 5-235-00061-7.
2. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды / Ю.А.Израэль. – М.: Гидрометеоздат, 1984.- 560 с.– ISBN 5-286-00572-1.
3. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников / А.И.Кобзарь. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с. – ISBN 5-9221-0707-0.

*Стаття надійшла до редакційної колегії
10.06.12*

*Рекомендована до друку оргкомітетом
міжнародної науково-технічної конференції
“Проблеми і перспективи транспортування нафти і газу”,
яка відбулася 15-18 травня 2012 р.*