



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 76203

(13) U

(51) МПК

G01N 33/02 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2012 07360**

(22) Дата подання заявки: **18.06.2012**

(24) Дата, з якої є чинними
права на корисну
модель: **25.12.2012**

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: **25.12.2012, Бюл.№ 24**

(72) Винахідник(и):

**Висоцька Олена Володимирівна (UA),
Порван Андрій Павлович (UA),
Некос Алла Наумівна (UA)**

(73) Власник(и):

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ,
пр. Леніна, 14, м. Харків, 61166 (UA)**

(54) СПОСІБ ПРОГНОЗУВАННЯ ПІДВИЩЕНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У РОСЛИННИХ ПРОДУКТАХ ХАРЧУВАННЯ

(57) Реферат:

Спосіб прогнозування підвищеної концентрації важких металів у рослинних продуктах харчування включає в себе визначення вмісту рухомих форм свинцю з урахуванням вмісту важких металів у ґрунті, після чого проводять математичну обробку експериментальних даних. Додатково визначається вміст у рослинних продуктах харчування інших важких металів, наприклад, заліза, марганцю, цинку, нікелю, міді, свинцю, кобальту, всі дослідження проводяться з урахуванням показників концентрацій важких металів у ґрунтах, типів ландшафту, рН ґрунтів, середньої температури та кількості опадів за вегетаційний період, визначенню різноманітності природно-антропогенних геосистем та комплексів, а також з урахуванням відстані досліджуваної ділянки до основного джерела забруднення, наприклад, автомобільної дороги. Розраховують значення класифікаційних дискримінантних функцій F^{M1} і F^{M2} , що характеризують концентрацію металу в рослинному продукті харчування, які мають вигляд:

$$F^{M1}=a_1+X_1+a_2X_2+....+a_iX_i+C,$$

$$F^{M2}=b_1+X_1+b_2X_2+....+b_iX_i+C.$$

Значення порівнюють між собою й при $F^{M1}>F^{M2}$ - концентрація є допустимою, а при $F^{M2}>F^{M1}$ - вища за допустиму.

UA 76203 U

Корисна модель належить до екологічних досліджень у сільському господарстві і призначена для прогнозування накопичення важких металів у рослинних продуктах харчування.

Якість харчової продукції рослинного походження турбує фахівців різних напрямів досліджень від ґрунтознавців до дієтологів. Рослинну продукцію людина вивчає дуже давно, ставлячи перед собою вирішення різних питань. Це роботи відомих учених біологів, ботаніків, селекціонерів, генетиків М. І. Вавілова, П. М. Жуковського, В. Б. Ільїна, Ю. В. Алексеева та ін. Відомі дослідження В. В. Докучаєва щодо природних зон зараз є, на наш погляд, визначальними у формуванні хімічного складу компонентів природи. Дослідження геохіміків (В. І. Вернадський, А. Є. Ферсман) визначили геохімічну зональність і питання міграції хімічних елементів. Великий перелік сучасних науковців (Б. Б. Полинов, Л. Г. Раменський, А. Г. Ісаченко, Г. М. Мільков, О. І. Перельман, А. П. Виноградов, В. В. Добровольський, В. Б. Ільїн, С. А. Балюк, А. І. Фатєєв, В. В. Медведев, Л. П. Малишева, О. Ю. Дмитрук, І. М. Волошин, В. М. Гуцуляк, Г. І. Денисик та ін.), які вивчали різноманітні аспекти рухомості, накопичення, транслокації хімічних елементів у різних середовищах географічної оболонки.

На теперішній час виникають нові наукові напрями, які займаються, наприклад, вивченням сукупності харчових зв'язків в біоценозі - трофоекологія (Дедю І. І. Экологический Энциклопедический словарь / [авт. и состав. И. И. Дедю]. - Кишинев: Молдавск. Сов. Энцикл., 1990-408 с.), основами екологічного харчування екотрофологія (Димань Т. М. Екотрофологія. Основи екологічного харчування: навч. посіб./ Т. М. Димань, М. М. Барановський, Г. О. Білявський та ін.); за наук. ред. Т. М. Димань. - К.: Лібра, 2006.-304 с.), питаннями безпечного харчування людини (Димань Т. М. Харчування людини / (Т. М. Димань, М. М. Барановський, М. С. Ківа та ін.); під ред. Т. М. Димань. - Біла Церква: БДАУ, 2005.-300 с.), проблемами екології людини (Гончаренко М. С. Екологія людини: навч. посіб./ М. С. Гончаренко, Ю. Д. Бойчук; за ред. Н. В. Кочубей. - Суми: ВТД "Університетська книга"; К.: Вид. дім "Княгиня Ольга", 2005.-394 с.; Залеський І. І. Екологія людини: підруч. /І. І. Залеський, М. О. Клименко: - К.: Вид. центр "Академія", 2005.-228 с.; Некос А. Н. Екологія людини: підруч. [для студ. еколог, спец. вищ. навч. закл.] / А. Н. Некос, Л. О. Багрова, М. О. Клименко - Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2007.-336 с - (Навчально-наукова серія "Бібліотека еколога")). Однак, вони не вирішують та ніяким чином не розглядають питань безпосередньо пов'язаних з екологічною безпекою продуктів харчування рослинного походження та визначенням регіонів небезпечних для їх вирощування, що обумовило виникнення нового наукового напрямку - трофогеографії. Таким чином, трофогеографічні дослідження щодо визначення хімічного складу і екологічної безпеки продуктів харчування широкого вжитку є вкрай необхідними і, у першу чергу, пошук шляхів управління процесом надходження до рослинної продукції хімічних елементів, небезпечних для здоров'я людини та для створення системи оптимально безпечного харчування населення країни. Для цього необхідно проведення широкомасштабних географічних досліджень, бо загальний стан навколишнього природного середовища визначає особливості хімічного складу тієї чи іншої рослини. Географічні ж умови впливають на пріоритетність у харчуванні різних груп населення різноманітної рослинної їжі, яка може визначити кількісні і якісні показники захворюваності, впливати на опірність організму, підвищувати імунітет тощо.

Відомий спосіб прогнозування накопичення свинцю в озимій пшениці (патент РФ № 2321247 МПК А01G7/00, G01N33/24, опубл. 20.07.2009), який полягає в тому, що прогнозування здійснюють шляхом визначення вмісту рухомого свинцю в ґрунті, що витягується ацетатно-амонійним буферним розчином з рН 4,8, з подальшим розрахунком накопичення свинцю в зерні та соломі озимої пшениці за формулами: $R_z = 0,416 + 0,0052 R_p$, $R = 0,99$; $R_s = 0,824 + 0,0277 R_p$, $R = 0,98$; де R_z - вміст свинцю в зерні озимої пшениці при вологості 14 %, мг / кг; R_s - вміст свинцю в соломі озимої пшениці при вологості 16 %, мг / кг; R_p - утримання рухомого свинцю в ґрунті від 0,7 до 75 мг / кг; R - коефіцієнт кореляції. Винахід дозволяє прогнозувати накопичення свинцю в озимій пшениці на основі даних про зміст рухомого свинцю в орному шарі ґрунту.

Недоліком аналогу є те, що у ньому досліджується вміст у рослинній продукції лише одного важкого металу - свинцю, а також не враховується комплекс природних та соціально-економічних (антропогенних) факторів; не враховуються види (антагонізм важких металів, синергізм важких металів, можливий антагонізм, антагонізм та/або синергізм важких металів) взаємодії важких металів в самих рослинах та в середовищі, що оточує корені рослин; дослідники не використовують опубліковані тематичні картографічні матеріали, які є у деяких випадках чи майже не єдиним джерелом інформації, а також результати власних досліджень екологічного стану компонентів довкілля.

Найбільш близьким за технічною суттю до запропонованого винаходу є спосіб прогнозування накопичення свинцю в бульбах картоплі сорту "Невський" (патент РФ № 2346271, МПК G01N33/02, опубл.: 10.02.2009). Спосіб включає визначення вмісту рухомого (що

витагується ацетатно-амонійним буферним розчином) свинцю у ґрунті. Прогнозований вміст свинцю у бульбах картоплі сорту "Невський" визначають за формулою: $R_k = 0,24 + 0,004 R_p$, де R_k - вміст свинцю в бульбах картоплі, мг/кг (за вологості 75 %); R_p - вміст рухомого свинцю у ґрунті від 0,7 до 75 мг/кг. Винахід дозволяє з високою точністю прогнозувати накопичення свинцю в картоплі, знаючи вміст рухомого свинцю у ґрунті.

Недоліком прототипу є те, що досліджується один конкретний сорт картоплі і не визначено рН ґрунту, ландшафтні умови, температурний режим та кількість опадів і т. ін. Не досліджується перехід важких металів з одного трофічного рівня на інший. В трофічних ланцюгах, тобто ланцюгах живлення, кількість важких металів, що надійшли, зберігається, нагромаджується і концентрація їх збільшується.

Технічною задачею корисної моделі є розширення функціональних можливостей способу для визначення підвищеної концентрації важких металів за рахунок використання комплексу природних та соціально-економічних (антропогенних) показників, що досягається отриманням найбільш інформативних, прогностично значущих показників за допомогою дискримінантного аналізу.

Ця задача вирішена таким чином. У способі прогнозування підвищеної концентрації важких металів у рослинних продуктах харчування, який полягає в тому, що визначають вміст рухомих форм важких металів, враховуючи їх вміст у ґрунті, потім проводять математичну обробку експериментальних даних, згідно корисної моделі, додатково визначається вміст у рослинних продуктах харчування інших важких металів, наприклад, заліза, марганцю, цинку, нікелю, міді, свинцю, кобальту, всі дослідження проводяться з урахуванням показників концентрацій важких металів у ґрунтах, типів ландшафту, рН ґрунтів, середньої температури та кількості опадів за вегетаційний період, визначенню різноманітності природно-антропогенних геосистем та комплексів, а також з урахуванням відстані досліджуваної ділянки до основного джерела забруднення, наприклад, автомобільної дороги, після чого розраховують значення класифікаційних дискримінантних функцій F_1 і F_2 , що характеризують концентрацію металу в рослинному продукті харчування, які мають вигляд:

$$F_1^M = a_1 X_1 + a_2 X_2 + \dots + a_i X_i + C,$$

$$F_2^M = b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_i X_i + C,$$

де M - метал,

$a_1, a_2 \dots a_i, b_1, b_2 \dots b_i$ - нестандартизовані коефіцієнти дискримінантних функцій, що обчислюються для кожного металу,

C - константа дискримінантної функції, що розрахована;

X_1, X_2, \dots, X_i - фактори, що впливають на вміст важких металів у рослинних продуктах харчування (X_1 - середня температура за вегетаційний період, X_2 - середня кількість опадів за вегетаційний період, X_3 - концентрація марганцю у ґрунті, X_4 - концентрація нікелю у ґрунті, X_5 - концентрація кобальту у ґрунті, X_6 - тип ландшафту, X_7 - природно-антропогенні комплекси, X_8 - рН ґрунту, X_9 - концентрація свинцю у ґрунті, X_{10} - концентрація хрому у ґрунті, X_{11} - рівень ерозійної небезпеки, X_{12} - концентрація кадмію у ґрунті, X_{13} - відстань до автомобільної дороги, X_{14} - природно-антропогенні геосистеми, X_{15} - концентрація міді у ґрунті),

значення яких порівнюють між собою й при $F_1^M > F_2^M$ - результати означають високу ймовірність того, що значення концентрації є допустимим, а при $F_2^M > F_1^M$ - вище за допустиме.

У випадку прогнозування надлишкової концентрації заліза (Fe) у продуктах рослинного походження дискримінантні функції F_1^M і F_2^M мають вид:

$$F_1^{Fe} = 133.830 \cdot X_1 - 8.827 \cdot X_2 + 0.674 \cdot X_3 - 3.543 \cdot X_4 + 13.095 \cdot X_5 - 1.129 \cdot X_6 + 4.718 \cdot X_7 + 206.901 \cdot X_8 - 1474.085,$$

$$F_2^{Fe} = 138559 \cdot X_1 - 9.397 \cdot X_2 + 0.738 \cdot X_3 - 5.691 \cdot X_4 + 14.759 \cdot X_5 - 1.510 \cdot X_6 + 5.975 \cdot X_7 + 210.760 \cdot X_8 - 1549.056.$$

де:

X_1 - середня температура за вегетаційний період;

X_2 - середня кількість опадів за вегетаційний період;

X_3 - концентрація марганцю у ґрунті;

X_4 - концентрація нікелю у ґрунті;

X_5 - концентрація кобальту у ґрунті;

X_6 - тип ландшафту;

X_7 - природно-антропогенні комплекси;

X_8 - рН ґрунту.

Для заліза див. таблицю 1 - класифікаційні коефіцієнти функції приналежності (за Фішером), таблицю 2 - результати класифікації, таблицю 3 - λ -Уїлкса.

У випадку прогнозування надлишкової концентрації марганцю (Mn) у продуктах рослинного походження дискримінантні функції F^M_1 і F^M_2 мають вид:

$$F^{Mn}_1 = 147.358 \cdot X_1 - 9.942 \cdot X_2 + 0.570 \cdot X_3 - 11.506 \cdot X_4 - 2.843 \cdot X_6 + 10.407 \cdot X_7 + 225.393 \cdot X_8 + 18.758 \cdot X_9 - 1612.632,$$

$$F^{Mn}_2 = 153.050 \cdot X_1 - 10.577 \cdot X_2 + 0.628 \cdot X_3 - 13.818 \cdot X_4 - 3.357 \cdot X_6 + 12.168 \cdot X_7 + 230.821 \cdot X_8 + 20.016 \cdot X_9 - 1710.234.$$

де:

X_1 - середня температура за вегетаційний період;

X_2 - середня кількість опадів за вегетаційний період;

X_3 - концентрація марганцю у ґрунті;

X_4 - концентрація нікелю у ґрунті;

X_6 - тип ландшафту;

X_7 - природно-антропогенні комплекси;

X_8 - pH ґрунту;

X_9 - концентрація свинцю у ґрунті.

Для марганцю див. таблицю 4 - класифікаційні коефіцієнти функції приналежності (за Фішером), таблицю 5 - результати класифікації, таблицю 6 - λ -Уїлкса.

У випадку прогнозування надлишкової концентрації цинку (Zn) у продуктах рослинного походження дискримінантні функції F^M_1 і F^M_2 мають вид:

$$F^{Zn}_1 = 106.265 \cdot X_1 - 5.361 \cdot X_2 + 15.273 \cdot X_5 + 0.633 \cdot X_6 - 3.292 \cdot X_7 + 165.826 \cdot X_8 - 3.475 \cdot X_{10} - 2.418 \cdot X_{11} - 1214.569,$$

$$F^{Zn}_2 = 102.217 \cdot X_1 - 5.092 \cdot X_2 + 13.345 \cdot X_5 + 1.297 \cdot X_6 - 2.115 \cdot X_7 + 171.091 \cdot X_8 - 2.261 \cdot X_{10} - 0.785 \cdot X_{11} - 12066558.$$

де:

X_1 - середня температура за вегетаційний період;

X_2 - середня кількість опадів за вегетаційний період;

X_5 - концентрація кобальту у ґрунті;

X_6 - тип ландшафту;

X_7 - природно-антропогенні комплекси;

X_8 - pH ґрунту;

X_{10} - концентрація хрому у ґрунті;

X_{11} - рівень ерозійної небезпеки.

Для цинку див. таблицю 7 - класифікаційні коефіцієнти функції приналежності (за Фішером), таблицю 8 - результати класифікації, таблицю 9 - λ -Уїлкса.

У випадку прогнозування надлишкової концентрації міді (Cu) у продуктах рослинного походження дискримінантні функції F^M_1 і F^M_2 мають вид:

$$F^{Cu}_1 = -0.028 \cdot X_3 + 1.000 \cdot X_4 - 0.029 \cdot X_{10} - 0.675,$$

$$F^{Cu}_2 = 0.383 \cdot X_3 - 3.296 \cdot X_4 + 4.871 \cdot X_{10} - 43.249.$$

де:

X_3 - концентрація марганцю у ґрунті;

X_4 - концентрація нікелю у ґрунті;

X_{10} - концентрація хрому у ґрунті.

Для міді див. таблицю 10 - класифікаційні коефіцієнти функції приналежності (за Фішером), таблицю 11 - результати класифікації, таблицю 12 - λ -Уїлкса.

У випадку прогнозування надлишкової концентрації нікелю (Ni) у продуктах рослинного походження дискримінантні функції F^M_1 і F^M_2 мають вид:

$$F^{Ni}_1 = 60.566 \cdot X_1 + 5.822 \cdot X_4 - 1.037 \cdot X_7 + 198.411 \cdot X_8 + 29.118 \cdot X_{12} + 0.005 \cdot X_{13} - 3.425 \cdot X_{14} - 1067.190,$$

$$F^{Ni}_2 = 59.105 \cdot X_1 + 4.008 \cdot X_4 - 0.364 \cdot X_7 + 205.991 \cdot X_8 + 36.072 \cdot X_{12} + 0.001 \cdot X_{13} - 2.293 \cdot X_{14} - 1087.399.$$

X_1 - середня температура за вегетаційний період;

X_4 - концентрація нікелю у ґрунті;

X_7 - природно-антропогенні комплекси;

X_8 - pH ґрунту;

X_{12} - концентрація кадмію у ґрунті;

X_{13} - відстань до автомобільної дороги;

X_{14} - природно-антропогенні геосистеми.

Для нікелю див. таблицю 13 - класифікаційні коефіцієнти функції приналежності (за Фішером), таблицю 14 - результати класифікації, таблицю 15 - λ -Уїлкса.

У випадку прогнозування надлишкової концентрації свинцю (Pb) у продуктах рослинного походження дискримінантні функції F^M_1 і F^M_2 мають вид:

$$F^{Pb}_1 = 165.889 \cdot X_1 - 10.024 \cdot X_2 - 3.376 \cdot X_6 - 16.174 \cdot X_7 + 146.365 \cdot X_8 - 7.869 \cdot X_{11} + 0.074 \cdot X_{13} + 3.479 \cdot X_{15} - 1534.662,$$

$$F^{Pb}_2 = 156273 \cdot X_1 - 9.278 \cdot X_2 - 2.695 \cdot X_6 - 14.076 \cdot X_7 + 151.141 \cdot X_8 - 6.759 \cdot X_{11} + 0.063 \cdot X_{13} + 4.271 \cdot X_{15} - 1449.686.$$

- 5 де:
 X1 - середня температура за вегетаційний період;
 X2 - середня кількість опадів за вегетаційний період;
 X6 - тип ландшафту;
 X7 - природно-антропогенні комплекси;
 10 X8 - pH ґрунту;
 X11 - рівень ерозійної небезпеки;
 X13 - відстань до автомобільної дороги;
 X15 - концентрація міді у ґрунті.

Для свинцю див. таблицю 16 - класифікаційні коефіцієнти функції приналежності (за Фішером), таблицю 17 - результати класифікації, таблицю 18 - λ -Уїлкса.

У випадку прогнозування надлишкової концентрації кобальту (Co) у продуктах рослинного походження дискримінантні функції F^{M}_1 і F^{M}_2 мають вид:

$$F^{Co}_1 = 115.008 \cdot X_1 - 6.741 \cdot X_2 + 0.508 \cdot X_3 + 4.574 \cdot X_4 + 0.134 \cdot X_6 + 2.430 \cdot X_7 + 216.195 \cdot X_8 - 1398.611,$$

$$F^{Co}_2 = 117.037 \cdot X_1 - 7.012 \cdot X_2 + 0.548 \cdot X_3 + 3.466 \cdot X_4 - 0.073 \cdot X_6 + 3.376 \cdot X_7 + 221.530 \cdot X_8 - 1451.30.$$

- 20 де:
 X1 - середня температура за вегетаційний період;
 X2 - середня кількість опадів за вегетаційний період;
 X3 - концентрація марганцю у ґрунті;
 X4 - концентрація нікелю у ґрунті;
 25 X6 - тип ландшафту;
 X7 - природно-антропогенні комплекси;
 X8 - pH ґрунту.

Для кобальту див. таблицю 19 - класифікаційні коефіцієнти функції приналежності (за Фішером), таблицю 20 - результати класифікації, таблицю 21 - λ -Уїлкса.

- 30 Розглянемо детальніше запропонований спосіб.

Винахід призначений для прогнозування показників концентрації важких металів в рослинних продуктах, яке населення використовує щоденно як майже основні продукти харчування на основі встановлених природних та соціально-економічних (антропогенних) факторів впливу, а саме: типу ландшафту, pH ґрунту, середньої температури та середніх показників кількості опадів за вегетаційний період, рівня ерозійної небезпеки території, типу природно-антропогенних геосистем, типу природно-антропогенних комплексів, відстані від автомобільної дороги, а також від взаємодії хімічних елементів в середовищі, що оточує корені рослин (антагонізм, синергізм).

- У новому способі досліджується вміст у рослинній продукції заліза, марганцю, цинку, міді, нікелю, свинцю, кобальту. Створені моделі дозволяють визначити сумарне забруднення важкими металами продукції, якщо будуть визначені показники концентрації кожного хімічного елементу. А це у свою чергу надасть можливість визначити кількісні показники надходження важких металів в організм людини. Метали, що надійшли в організм людини, виводяться дуже повільно, вони здатні накопичуватися в різних органах, переважно в печінці та нирках, що з часом позначається на стані здоров'я людини.

- До числа природних факторів, які враховуються у запропонованому способі входять: pH ґрунту; ландшафти, які впливають на концентрацію важких металів в продуктах рослинного походження; середня температура та середня кількість опадів за вегетаційний період. До соціально-економічних (антропогенних) факторів, що впливають на хімічний склад овочевої продукції і які враховуються в новій моделі входять: природно-антропогенні комплекси (промислові, селитебні, дорожні, сільськогосподарські); природно-антропогенні геосистеми (урбосистеми: малі міста, агломерації, села); рівень ерозійної небезпеки на території Харківської області; відстань від автомобільної дороги до ділянки, на якій вирощувалася рослинна продукція.

- 55 З наукових публікацій відомо, що антагонізм виникає у випадку, коли спільна фізіологічна дія одного або декількох елементів менша за суму дії елементів, що беруться окремо, а синергізм виникає у випадку, коли спільна дія хімічних елементів більша. Таку взаємодію можна пов'язати із властивістю одного елементу інгібувати або стимулювати поглинання інших елементів рослинами. У запропонованій моделі при розрахунку концентрації заліза в рослинній продукції

враховується концентрація марганцю і міді, а також кобальту у ґрунті. Марганець та мідь в даному випадку будуть для заліза антагоністами.

Враховуючи те, що надходження важких металів відбувається як кореневим шляхом, так і аерогенним, тобто через повітря, необхідно розглядати транслокаційні особливості цих металів. Відомо, що багато (у наших дослідженнях виділено більше 77) природних та соціально-економічних (антропогенних) факторів впливають на показники концентрації важких металів у харчовій рослинній продукції. Істотно, що у першу чергу впливають природні фактори та найважливішими серед них є ґрунти з багатьма їхніми характеристиками. Особливості концентрації, рухомості та транслокації рухомих форм важких металів саме у ґрунтах визначають і суттєво впливають на показники концентрації їх у рослинній продукції, причому у різних видів овочевої, фруктової та іншої ці показники можуть бути суттєво різними. Наприклад, цинк (Zn), який в умовах різної кислотності ґрунту змінює свою рухомість. Так, при pH ґрунту до 6,0 його рухомість висока, від 6,0 до 7,5 стає значно слабкішою, а при pH 7,5-8,0 утворює цинкати, що обумовлює підвищену його рухомість, а відповідно і накопичення у різних рослинах різних показників концентрацій.

Новий спосіб враховує значно більший перелік рухомих форм важких металів у ґрунтах (Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Pb, Co), що в разі використання отриманих моделей надасть можливість визначити концентрації цих металів у рослинній продукції. Автори прототипу не враховують факт того, що важкі метали мають властивість накопичуватися в різних складових біосфери і впливати на їх функціонування.

Запропонований спосіб прогнозування накопичення важких металів в рослинній продукції необхідний для того, щоб спростити дослідження якості рослинної продукції і зменшення витрат на проведення відбору проб та здійснення хімічних лабораторних аналізів продукції. Завдяки аналізу існуючих ландшафтних карт різних регіонів, карт pH ґрунтів, карт ерозійних процесів, показників середніх температур та кількості опадів за вегетаційний період (визначені завдяки проведеним експериментальним дослідженням), також підрахунку віддаленості досліджуваної ділянки, на якій вирощується рослинна продукція, від автомобільної дороги, визначенню різноманітності природно-антропогенних геосистем та комплексів, визначенню антагоністичної (синергітичної) взаємодії хімічних елементів можемо спрогнозувати її якість за допомогою формул математичної моделі.

Поставлена вище задача реалізується проведенням розрахунку стандартизованої формули, що дозволяє визначити значення змінних F^{M1} і F^{M2} , що характеризують допустиме або недопустиме значення концентрації важкого металу в продукті харчування, які потім порівнюють між собою.

Для побудови математичної моделі була досліджена сукупність об'єктів (131 проба концентрації), що поділена на дві групи для кожного з металів.

Для заліза (Fe): 1 група - проби з допустимою концентрацією (94 значення); 2 група - проби з концентрацією, що перевищує допустиме значення (37 значень).

Для марганцю (Mn): 1 група - проби з допустимою концентрацією (94 значення); 2 група - проби з концентрацією, що перевищує допустиме значення (37 значень).

Для цинку (Zn): 1 група - проби з допустимою концентрацією (118 значень); 2 група - проби з концентрацією, що перевищує допустиме значення (13 значень).

Для міді (Cu): 1 група - проби з допустимою концентрацією (127 значень); 2 група - проби з концентрацією, що перевищує допустиме значення (4 значення).

Для нікелю (Ni): 1 група - проби з допустимою концентрацією (47 значень); 2 група - проби з концентрацією, що перевищує допустиме значення (84 значення).

Для свинцю (Pb): 1 група - проби з допустимою концентрацією (68 значення); 2 група - проби з концентрацією, що перевищує допустиме значення (63 значень).

Для кобальту (Co): 1 група - проби з допустимою концентрацією (86 значень); 2 група - проби з концентрацією, що перевищує допустиме значення (45 значень).

Всі проби відбиралися із врахуванням природних та соціально-економічних (антропогенних) показників (загалом 97 ознак), на підставі яких необхідно визначити найбільш значущі для виявлення приналежності об'єктів (концентрації) до однієї з передбачуваних груп. Усі фактичні дані, структуровані у відповідях стандартизованих карт, були внесені в електронну базу даних.

Для вибору значущої підмножини ознак для визначення концентрації важкого металу в продукті використовували метод дискримінантних функцій.

Вибраний дискримінантний метод має низку переваг, а саме враховується варіабельність ознак та розглядається їх сукупність, визначаючи коефіцієнти, які відображають питому вагу ознак у формуванні високої концентрації, тобто фактично встановлюється інформативність тієї чи іншої ознаки.

З математичної точки зору всі проби розглядалися як сукупність об'єктів зі змінними кількісними та якісними показниками.

Надалі було вироблено вирішальні правила визначення підвищеної концентрації важкого металу у рослинних продуктах харчування з обліком і участю всіх відібраних інформативних ознак. За допомогою процедури покрокового відбору змінних вдалося знизити розмірність вирішального правила при збереженні максимальної правильності розпізнавання образів.

У результаті дискримінантного аналізу виявлено статистично достовірні, і що не корелюють між собою, ознаки. Дані ознаки надалі були використані як основні при побудові "вирішального правила" математичної моделі визначення концентрації.

Нестандартизовані класифікаційні коефіцієнти і константи дискримінантних рівнянь (дивись табл. 1, 4, 7, 10, 13, 16, 19) відображають лінійну регресійну множину відповідних показників, що мають найбільший вплив на тип відгуку. Зазначені рівняння дозволяють за відомими значеннями предикторів (відстань до автомобільної дороги, тип ландшафту, рівень ерозійної небезпеки, рівень забруднення атмосферного повітря тощо) визначити невідомий заздалегідь відгук (підвищення концентрації свинцю).

Точність визначення представлена в табл. 2, 5, 8, 11, 14, 17, 20, де в колонці "Усього" наведена загальна кількість випадків, що фактично відносяться до відповідної групи. В колонці "Прогнозована приналежність" вказана фактична кількість випадків, що відноситься до кожної групи.

Для перевірки, чи значимо розрізняються між собою середні значення функцій дискримінантів у всіх групах, було проведено тест " λ -Уїлкса" (табл. 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21), який показав дуже значущий результат (значення $p < 0,0001$). При цьому чим ближче значення λ до 0, тим краща відмінність класів, а чим ближче до 1, тим відмінність гірша (класи співпадають). Перевірка значущості отриманих результатів була проведена за критерієм χ^2 . Для цього розраховується критерійне значення χ^2 , яке порівнювалося з критичним із заданим числом ступенів вільності. Число ступенів вільності k -ї дискримінантної функції залежить від кількості дискримінантних змінних p і кількості класів g :

$$DF_k = (p - (k - 1)) * (g - (k - 1) - 1).$$

Якщо значення χ^2 більше критичного, то значущість підтверджується. У нашому випадку, рівень значущості у всіх випадках дорівнював 0,001 ($P < 0,001$), тобто відмінність між групами значуща.

Аналіз результатів класифікації показав, що прогноз для:

- заліза групи 1 (проби з допустимою концентрацією) та 2 (проби з концентрацією металу, що перевищує допустиме значення) зроблений вірно і коректно класифіковано, в цілому, 91,6 % всіх проб;

- марганцю групи 1 (проби з допустимою концентрацією) та 2 (проби з концентрацією металу, що перевищує допустиме значення) зроблений вірно і коректно класифіковано, в цілому, 93,1 % всіх проб;

- цинку групи 1 (проби з допустимою концентрацією) та 2 (проби з концентрацією металу, що перевищує допустиме значення) зроблений вірно і коректно класифіковано, в цілому, 97,7 % всіх проб;

- міді групи 1 (проби з допустимою концентрацією) та 2 (проби з концентрацією металу, що перевищує допустиме значення) зроблений вірно і коректно класифіковано, в цілому, 99,1 % всіх проб;

- нікелю групи 1 (проби з допустимою концентрацією) та 2 (проби з концентрацією металу, що перевищує допустиме значення) зроблений вірно і коректно класифіковано, в цілому, 90,8 % всіх проб;

- свинцю групи 1 (проби з допустимою концентрацією) та 2 (проби з концентрацією металу, що перевищує допустиме значення) зроблений вірно і коректно класифіковано, в цілому, 96,9 % всіх проб;

- кобальту групи 1 (проби з допустимою концентрацією) та 2 (проби з концентрацією металу, що перевищує допустиме значення) зроблений вірно і коректно класифіковано, в цілому, 90,1 % всіх проб.

Таким чином, отримані функції дискримінантів дозволяють провести коректну верифікацію між допустимою та підвищеною концентраціями важких металів за визначеними інформативними ознаками, що підтверджується наступними прикладами.

Приклад 1

Для визначення підвищеної або ж допустимої концентрації важких металів в харчовій рослинній продукції проводяться розрахунки за математичною моделлю, в якій враховані природні і соціально-економічні (антропогенні) фактори. Якщо розрахований показник $F^{M1} > F^{M2}$,

то концентрація важкого металу знаходиться в межах допустимої, а якщо $F^{M2} > F^{M1}$, то концентрація вища за допустиму.

За допомогою запропонованого способу проведено розрахунок вмісту важких металів в картоплі (ґрунтовий овоч) та яблуках (фрукт) на території малого міста Чугуїв, одного з видів природно-антропогенних геосистем і визначено підвищені і в межах допустимих концентрації важких металів у рослинній продукції.

Для перевірки даної моделі був проведений відбір зразків картоплі (ґрунтовий овоч) та яблук (фрукт) (ГОСТ 27262-87).

Зразки картоплі та яблук відібрані на визначеній ділянці в м. Чугуїв. Кожен зразок рослинної продукції утворює об'єднану пробу. Кожний зразок продуктів рослинного походження масою 1 кг. Зразки відбирають інструментом, що не містить у своєму складі металів. В процесі транспортування і зберігання треба прийняти міри для запобігання вторинного забруднення. Зразки рослинної продукції реєструються в журналі з зазначенням місця відбору, часу відбору і відстані до джерела можливого забруднення.

Для визначення вмісту важких металів в картоплі і яблуках проводимо лабораторний аналіз методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії, за допомогою спектрофотометра ААС-115 і порівнюємо отримані дані з встановленими ГДК (СанПин 42-123-4089-86 Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов и мышьяка в продовольственном сырье и пищевых продуктах; Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов. - М., 1990).

Вміст важких металів у картоплі: Fe - 18,4 мг/кг; Mn - 6,04 мг/кг; Zn - 9,27 мг/кг; Cu - 1,7 мг/кг; Ni - 0,5 мг/кг; Pb - 1,02 мг/кг; Co - 3,48 мг/кг. Перевищення ГДК (граничнодопустимих концентрацій) за Pb у 2 рази, за Co у 3,5 рази.

Відстань до автотраси становить 150 м, тип ландшафту - мікрічкові: рівнини лесові, піднесені і відносно вирівняні, рівень ерозійної небезпеки - відносно незначний (1 бал), природно-антропогенні геосистеми - малі міста, природно-антропогенні комплекси - сільськогосподарські, pH ґрунту - 6,4, середня температура за вегетаційний період - 15,87, середня кількість опадів за вегетаційний період - 49,53, концентрація марганцю у ґрунті - 4,8 мг/кг, концентрація нікелю у ґрунті - (0,40 мг/кг), концентрація кобальту у ґрунті - (2,40 мг/кг), концентрація свинцю у ґрунті - (0,51 мг/кг), концентрація хрому у ґрунті - (0,22 мг/кг), концентрація міді у ґрунті - (0,90 мг/кг).

Розрахував дискримінантні функції F^{M1} та F^{M2} для кожного з важких металів встановили, що концентрація Fe в картоплі не перевищує допустиму норму ($F^{Fe1} > F^{Fe2}$), концентрація Mn - не перевищує допустиму норму ($F^{Mn1} > F^{Mn2}$), концентрація Zn - не перевищує допустиму норму ($F^{Zn1} > F^{Zn2}$), концентрація Cu - не перевищує допустиму норму ($F^{Cu1} > F^{Cu2}$), концентрація Ni - не перевищує допустиму норму ($F^{Ni1} > F^{Ni2}$), концентрація Pb в картоплі вища за допустиму норму ($F^{Pb1} < F^{Pb2}$), концентрація Co - вища за допустиму норму ($F^{Co1} < F^{Co2}$).

Вміст важких металів у яблуках: Fe - 9,12 мг/кг; Mn - 2,1 мг/кг; Zn - 1,85 мг/кг; Cu - 1,1 мг/кг; Ni - 0,2 мг/кг; Pb - 0,26 мг/кг; Co - 0,33 мг/кг.

Відстань до автотраси становить 250 м, тип ландшафту - мікрічкові: рівнини лесові, піднесені і відносно вирівняні, рівень ерозійної небезпеки - відносно значний (2 бали), природно-антропогенні геосистеми - малі міста, природно-антропогенні комплекси - сільськогосподарські, pH ґрунту - 6,4, середня температура за вегетаційний період - 15,87, середня кількість опадів за вегетаційний період - 49,53, концентрація марганцю у ґрунті - 4,8 мг/кг, концентрація нікелю у ґрунті - (0,40 мг/кг), концентрація кобальту у ґрунті - (2,40 мг/кг), концентрація свинцю у ґрунті - (0,51 мг/кг), концентрація хрому у ґрунті - (0,22 мг/кг), концентрація міді у ґрунті - (0,90 мг/кг).

Провівши розрахунок функцій F^{M1} та F^{M2} встановили, що концентрація Fe в яблуках не перевищує допустиму норму ($F^{Fe1} > F^{Fe2}$), концентрація Mn - не перевищує допустиму норму ($F^{Mn1} > F^{Mn2}$), концентрація Zn - не перевищує допустиму норму ($F^{Zn1} > F^{Zn2}$), концентрація Cu - не перевищує допустиму норму ($F^{Cu1} > F^{Cu2}$), концентрація Ni - не перевищує допустиму норму ($F^{Ni1} > F^{Ni2}$), концентрація Pb - не перевищує допустиму норму ($F^{Pb1} > F^{Pb2}$), концентрація Co - не перевищує допустиму норму ($F^{Co1} > F^{Co2}$).

Приклад 2

За допомогою запропонованого способу проведено розрахунок вмісту важких металів в помідорах (надґрунтовий овоч) і чорній смородині (ягода) на території урбогеосистеми (агломерації) м. Харкова (Фрунзенський район), одного з видів природно-антропогенних геосистем і визначено підвищені і в межах допустимих концентрацій важких металів у рослинній продукції.

Для перевірки даного способу був проведений відбір зразків помідорів (надґрунтовий овоч) і чорної смородини (ягода) (ГОСТ 27262-87).

Зразки томатів і чорної смородини відібрані на визначеній ділянці в м. Харкова (Фрунзенський район). Кожен зразок рослинної продукції утворює об'єднану пробу. Кожний зразок продуктів рослинного походження масою 1 кг. Проби відбирають інструментом, що не містить у своєму складі металів. В процесі транспортування і зберігання треба прийняти міри

для запобігання вторинного забруднення. Зразки рослинної продукції реєструються в журналі з зазначенням місця відбору, часу відбору і відстані до джерела можливого забруднення.

Для визначення вмісту важких металів в помідорах і чорній смородині проводимо лабораторний аналіз методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії, за допомогою спектрофотометра ААС-115 і порівнюємо отримані дані з встановленими ГДК (СанПин 42-123-4089-86 Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов и мышьяка в продовольственном сырье и пищевых продуктах; Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов. - М., 1990).

Вміст важких металів у помідорах наступний: Fe - 24,64 мг/кг; Mn - 8,8 мг/кг; Zn - 7,4 мг/кг; Cu - 2,1 мг/кг; Ni - 0,83 мг/кг; Pb - 1,2 мг/кг; Co - 0,46 мг/кг. Перевищення ГДК визначено за Ni у 1,5 рази та за Pb у 2 рази. Відстань до автотраси становить 270 м, тип ландшафту - долинні: рівнини лесові, природно-антропогенні геосистеми - агломерації, природно-антропогенні комплекси - селитебні малоповерхові, pH - ґрунту - 6,5, середня температура за вегетаційний період - 15,87, середня кількість опадів за вегетаційний період - 49,53, рівень ерозійної небезпеки не визначений, концентрація марганцю у ґрунті - 9,0 мг/кг, концентрація нікелю у ґрунті - (2,10мг/кг), концентрація кобальту у ґрунті - (1,10 мг/кг), концентрація свинцю у ґрунті - (1,8 мг/кг), концентрація хрому у ґрунті - (1,0 мг/кг), концентрація міді у ґрунті - (3,20 мг/кг).

Розрахувавши функції F^{M1} та F^{M2} встановили, що концентрація Fe в помідорах не перевищує допустиму норму ($F^{Fe1} > F^{Fe2}$), концентрація Mn - не перевищує допустиму норму ($F^{Mn1} > F^{Mn2}$), концентрація Zn - не перевищує допустиму норму ($F^{Zn1} > F^{Zn2}$), концентрація Cu - не перевищує допустиму норму ($F^{Cu1} > F^{Cu2}$), концентрація Ni - перевищує допустиму норму ($F^{Ni1} < F^{Ni2}$), концентрація Pb - вища за допустиму норму ($F^{Pb1} < F^{Pb2}$), концентрація Co - не вища за допустиму норму ($F^{Co1} > F^{Co2}$).

Вміст важких металів у чорній смородині наступний: Fe - 14,4 мг/кг; Mn - 2,0 мг/кг; Zn - 1,33 мг/кг; Cu - 2,6 мг/кг; Ni - 0,09 мг/кг; Pb - 0,3 мг/кг; Co - 0,46 мг/кг. Відстань до автотраси становить 270 м, тип ландшафту - долинні: рівнини лесові плоскі, природно-антропогенні геосистеми - агломерації, природно-антропогенні комплекси - селитебні малоповерхові, pH - ґрунту - 6,4, середня температура за вегетаційний період - 15,87, середня кількість опадів за вегетаційний період - 49,53, концентрація марганцю у ґрунті - 3,0 мг/кг, концентрація нікелю у ґрунті - (0,40мг/кг), концентрація кобальту у ґрунті - (0,90 мг/кг), концентрація свинцю у ґрунті - (0,90 мг/кг), концентрація хрому у ґрунті - (1,20 мг/кг), концентрація міді у ґрунті - (2,0 мг/кг).

Провівши розрахунок функцій F^{M1} та F^{M2} встановили, що концентрація важких металів Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Pb та Co в чорній смородині не перевищує допустиму норму ($F^{M1} > F^{M2}$).

Приклад 3

За допомогою запропонованого способу проведено розрахунок вмісту важких металів у буряку (ґрунтовий овоч) і горіхах на території урбогеосистеми с. Токарівна Дергачівського району, одного з видів природно-антропогенних геосистем і визначено підвищені і в межах допустимих концентрацій важких металів у рослинній продукції.

Для перевірки даного способу був проведений відбір зразків буряку (ґрунтовий овоч) і горіхів (ГОСТ 27262-87).

Зразки буряку і горіхів відібрані на визначеній ділянці в с. Токарівна Дергачівського району. Кожен зразок рослинної продукції утворює об'єднану пробу. Кожний зразок продуктів рослинного походження масою 1 кг. Проби відбирають інструментом, що не містить у своєму складі металів. В процесі транспортування і зберігання треба прийняти міри для запобігання вторинного забруднення. Зразки рослинної продукції реєструються в журналі з зазначенням місця відбору, часу відбору і відстані до джерела можливого забруднення.

Для визначення вмісту важких металів в буряку, горіхах проводимо лабораторний аналіз методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії, за допомогою спектрофотометра ААС-115 і порівнюємо отримані дані з встановленими ГДК (СанПин 42-123-4089-86 Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов и мышьяка в продовольственном сырье и пищевых продуктах; Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов. - М., 1990).

Вміст важких металів у буряку наступний: Fe - 17,4 мг/кг; Mn - 11,8 мг/кг; Zn - 9,6 мг/кг; Cu - 5,0 мг/кг; Ni - 1,4 мг/кг; Pb - 0,89 мг/кг; Co - 1,2 мг/кг. Перевищення ГДК визначено за Ni 2,5 рази, за Pb у 2 рази та за Co на 0,2 мг/кг. Відстань до автотраси становить 150 м, тип ландшафту - міжрічкові: рівнини лесові, піднесені і відносно вирівняні, природно-антропогенні геосистеми -

села, природно-антропогенні комплекси - сільськогосподарські, рН - ґрунту - 6,5, середня температура за вегетаційний період - 15,87, середня кількість опадів за вегетаційний період - 49,53, рівень ерозійної небезпеки - відносно незначний (1 бал), концентрація марганцю у ґрунті - 6,4 мг/кг, концентрація нікелю у ґрунті - (0,84мг/кг), концентрація кобальту у ґрунті - (0,82мг/кг), концентрація свинцю у ґрунті - (0,76 мг/кг), концентрація хрому у ґрунті - (0,70 мг/кг), концентрація міді у ґрунті - (0,83 мг/кг)

Провівши розрахунок функцій F^{M1} та F^{M2} встановили, що концентрація Fe у буряках не перевищує допустиму норму ($F^{Fe1} > F^{Fe2}$), концентрація Mn - не перевищує допустиму норму ($F^{Mn1} > F^{Mn2}$), концентрація Zn - не перевищує допустиму норму ($F^{Zn1} > F^{Zn2}$), концентрація Cu - не перевищує допустиму норму ($F^{Cu1} > F^{Cu2}$), концентрація Ni - перевищує допустиму норму ($F^{Ni1} < F^{Ni2}$), концентрація Pb - вища за допустиму норму ($F^{Pb1} < F^{Pb2}$), концентрація Co - вища за допустиму норму ($F^{Co1} < F^{Co2}$).

Вміст важких металів у горіхах наступний: Fe - 4,2 мг/кг; Mn - 6,9 мг/кг; Zn - 4,21 мг/кг; Cu - 2,11 мг/кг; Ni - 1,0 мг/кг; Pb - 0,31 мг/кг; Co - 0,15 мг/кг. Перевищення ГДК визначено за Ni у 2 рази. Відстань до автотраси становить 500 м, тип ландшафту - міжрічкові: рівнини лесові, піднесені і відносно вирівняні, природно-антропогенні геосистеми - села, природно-антропогенні комплекси - сільськогосподарські, рН - ґрунту - 6,5, середня температура за вегетаційний період - 16,09, середня кількість опадів за вегетаційний період - 42,06, рівень ерозійної небезпеки - значний (3 бали), концентрація марганцю у ґрунті - 6,7 мг/кг, концентрація нікелю у ґрунті - (0,32мг/кг), концентрація кобальту у ґрунті - (0,83мг/кг), концентрація свинцю у ґрунті - (1,11 мг/кг), концентрація хрому у ґрунті - (0,64 мг/кг), концентрація міді у ґрунті - (0,90 мг/кг)

Провівши розрахунок функцій F^{M1} та F^{M2} встановили, що концентрація Fe в горіхах не перевищує допустиму норму ($F^{Fe1} > F^{Fe2}$), концентрація Mn - не перевищує допустиму норму ($F^{Mn1} > F^{Mn2}$), концентрація Zn - не перевищує допустиму норму ($F^{Zn1} > F^{Zn2}$), концентрація Cu - не перевищує допустиму норму ($F^{Cu1} > F^{Cu2}$), концентрація Ni - вища за допустиму норму ($F^{Ni1} < F^{Ni2}$), концентрація Pb - не перевищує допустиму норму ($F^{Pb1} > F^{Pb2}$), концентрація Co - не перевищує допустиму норму ($F^{Co1} > F^{Co2}$).

Усі результати були підтверджені за допомогою атомно-абсорбційної спектрофотометрії.

Таблиця 1

Класифікаційні коефіцієнти дискримінантних функцій приналежності (за Фішером) для заліза

Показник	Змінна	Стандартизована дискримінантна функція	
		1	2
середня температура за вегетаційний період	X1	133,830	138,559
середня кількість опадів за вегетаційний період	X2	-8,827	-9,397
Концентрація Mn у ґрунті	X3	0,674	0,738
Концентрація Ni у ґрунті	X4	-3,543	-5,691
Концентрація Co у ґрунті	X5	13,095	14,759
Тип ландшафту	X6	-1,129	-1,510
Природно-антропогенні комплекси	X7	4,718	5,975
рН	X8	206,901	210,760
Константа		-1474,085	-1549,056

Таблиця 2

Класифікаційні результати для заліза

		Концентрація доз Pb	Прогнозована відносність до групи		Усього
			Група 1	Група 2	
Початкова відносність до групи	Кількість	Група 1	90	4	94
		Група 2	7	30	37
	%	Група 1	95,7	4,3	100,0
		Група 2	18,9	81,1	100,0

Таблиця 3

Результати тест λ -Уїлкса для заліза

Тест функцій	λ -Уїлкса	χ^2	df	Значимість
1 до 2	0,458	96,745	8	0,0001

Таблиця 4

Класифікаційні коефіцієнти дискримінантних функцій приналежності (за Фішером) для марганцю

Показник	Змінна	Стандартизована дискримінантна функція	
		1	9
середня температура за вегетаційний період	X1	147,358	153,050
середня кількість опадів за вегетаційний період	X2	-9,942	-10,577
Концентрація Mn у ґрунті	X3	0,570	0,628
Концентрація Ni у ґрунті	X4	-11,506	-13,818
Концентрація Pb у ґрунті	X9	18,785	20,016
Тип ландшафту	X6	-2,843	-3,357
Природно-антропогенні комплекси	X7	10,407	12,168
pH	X8	225,393	230,821
Константа		-1612,632	-1710,234

Таблиця 5

Класифікаційні результати для марганцю

		Концентрація доз Pb	Прогнозована відносність до групи		Усього
			Група 1	Група 2	
Початкова відносність до групи	Кількість	Група 1	90	4	94
		Група 2	5	32	37
	%	Група 1	95,7	4,3	100,0
		Група 2	13,5	86,5	100,0

Таблиця 6

Результати тест λ -Уїлкса для марганцю

Тест функцій	λ -Уїлкса	χ^2	df	Значимість
1 до 2	0,401	113,304	8	0,0001

Таблиця 7

Класифікаційні коефіцієнти дискримінантних функцій приналежності (за Фішером) для цинку

Показник	Змінна	Стандартизована дискримінантна функція	
		1	2
середня температура за вегетаційний період	X1	106,265	102,217
середня кількість опадів за вегетаційний період	X2	-5,361	-5,092
Концентрація Со у ґрунті	X5	15,273	13,345
Концентрація Сг у ґрунті	X10	-3,475	-2,261
Тип ландшафту	X6	0,633	1,297
Рівень ерозійної небезпеки	X11	-2,418	-0,785
Природно-антропогенні комплекси	X7	-3,292	-2,115
pH	X8	165,826	171,091
Константа		-1214,569	-1206,658

Таблиця 8

Класифікаційні результати для цинку

		Концентрація доз Pb	Прогнозована відносність до групи		Усього
			Група 1	Група 2	
Початкова відносність до групи	Кількість	Група 1	118	0	118
		Група 2	3	10	13
	%	Група 1	100,0	0,0	100,0
		Група 2	23,1	76,9	100,0

Таблиця 9

Результати тест λ -Уїлкса для цинку

Тест функцій	λ -Уїлкса	χ^2	df	Значимість
1 до 2	0,522	80,573	8	0,0001

Таблиця 10

Класифікаційні коефіцієнти дискримінантних функцій приналежності (за Фішером) для міді

Показник	Змінна	Стандартизована дискримінантна функція	
		1	2
Концентрація Мп у ґрунті	X3	0,028	0,383
Концентрація Ні у ґрунті	X4	1,000	-3,296
Концентрація Сг у ґрунті	X10	-0,029	4,871
Константа		-0,675	-43,249

Таблиця 11

Класифікаційні результати для міді

		Концентрація доз Pb	Прогнозована відносність до групи		Усього
			Група 1	Група 2	
Початкова відносність до групи	Кількість	Група 1	127	0	127
		Група 2	1	3	4
	%	Група 1	100,0	0,0	100,0
		Група 2	25,0	75,0	100,0

Таблиця 12

Результати тест λ -Уїлкса для міді

Тест функцій	λ -Уїлкса	χ^2	df	Значимість
1 до 2	0,309	148,687	3	0,0001

Таблиця 13

Класифікаційні коефіцієнти дискримінантних функцій приналежності (за Фішером) для нікелю

Показник	Змінна	Стандартизована дискримінанта функція	
		1	2
середня температура за вегетаційний період	X1	60,566	59,105
Концентрація Ni у ґрунті	X4	5,822	4,008
Концентрація Cd у ґрунті	X12	29,118	36,072
Відстань до дороги, м	X13	0,005	0,001
Природно-антропогенні геосистеми	X14	-3,425	-2,293
Природно-антропогенні комплекси	X7	-1,037	-0,364
pH	X8	198,411	205,991
Константа		-1067,190	-1087,399

Таблиця 14

Класифікаційні результати для нікелю

		Концентрація доз Pb	Прогнозована відносність до групи		Усього
			Група 1	Група 2	
Початкова відносність до групи	Кількість	Група 1	38	9	47
		Група 2	3	81	84
	%	Група 1	80,9	19,1	100,0
		Група 2	3.6	96.4	100.0

5

Таблиця 15

Результати тест λ -Уїлкса для нікелю

Тест функцій	λ -Уїлкса	χ^2	df	Значимість
1 до 2	0,425	106,428	7	0,0001

Таблиця 16

Класифікаційні коефіцієнти дискримінантних функцій приналежності (за Фішером) для свинцю

Показник	Змінна	Стандартизована дискримінантна функція	
		1	2
середня температура за вегетаційний період	X1	165.889	156,273
середня кількість опадів за вегетаційний період	X2	-10,024	-9,278
Концентрація Си у ґрунті	X15	3,479	4,271
Відстань до дороги, м	X13	0,074	0,063
Тип ландшафту	X6	-3,376	-2,695
Рівень ерозійної небезпеки	X11	-7,869	-6,759
Природно-антропогенні комплекси	X7	-16.174	-14,076
pH	X8	146,365	151,141
Константа		-1534,662	-1449,686

Таблиця 17

Класифікаційні результати для свинцю

		Концентрація доз Pb	Прогнозована відносність до групи		Усього
			Група 1	Група 2	
Початкова відносність до групи	Кількість	Група 1	68	0	68
		Група 2	4	59	63
	%	Група 1	100,0	0,0	100,0
		Група 2	6,3	93,7	100,0

Таблиця 18

Результати тест λ -Уїлкса для свинцю

Тест функцій	λ -Уїлкса	χ^2	df	Значимість
1 до 2	0,485	157,083	8	0,0001

Таблиця 19

Класифікаційні коефіцієнти дискримінантних функцій приналежності (за Фішером) для кобальту

Показник	Змінна	Стандартизована дискримінантна функція	
		1	2
середня температура за вегетаційний період	X1	115.008	117,037
середня кількість опадів за вегетаційний період	X2	-6,741	-7,012
Концентрація Mn у ґрунті	X3	0,508	0,548
Концентрація Ni у ґрунті	X4	4,574	3,466
Тип ландшафту	X6	0,134	-0,073
Природно-антропогенні комплекси	X7	2,430	3,376
pH	X8	216,195	221,530
Константа		-1398,611	-1451,330

Таблиця 20

Класифікаційні результати

		Концентрація доз Pb	Прогнозована відносність до групи		Усього
			Група 1	Група 2	
Початкова відносність до групи	Кількість	Група 1	81	5	86
		Група 2	8	37	45
	%	Група 1	94,2	5,8	100,0
		Група 2	17,8	82,2	100,0

Таблиця 21

Результати тест λ -Уїлкса

Тест функцій	λ -Уїлкса	χ^2	df	Значимість
1 до 2	0,940	70,424	7	0,0001

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

5

1. Спосіб прогнозування підвищеної концентрації важких металів у рослинних продуктах харчування, що включає в себе визначення вмісту рухомих форм свинцю з урахуванням вмісту важких металів у ґрунті, після чого проводять математичну обробку експериментальних даних, який **відрізняється** тим, що додатково визначається вміст у рослинних продуктах харчування інших важких металів, наприклад, заліза, марганцю, цинку, нікелю, міді, свинцю, кобальту, всі дослідження проводяться з урахуванням показників концентрацій важких металів у ґрунтах, типів ландшафту, рН ґрунтів, середньої температури та кількості опадів за вегетаційний період, визначенню різноманітності природно-антропогенних геосистем та комплексів, а також з урахуванням відстані досліджуваної ділянки до основного джерела забруднення, наприклад, автомобільної дороги, після чого розраховують значення класифікаційних дискримінантних функцій F^{M1} і F^{M2} , що характеризують концентрацію металу в рослинному продукті харчування, які мають вигляд:

$$F^{M1} = a_1 + a_2 X_1 + \dots + a_i X_i + C,$$

$$F^{M2} = b_1 + b_2 X_1 + \dots + b_i X_i + C,$$

20

де M - метал,

$a_1, a_2 \dots a_i, b_1, b_2 \dots b_i$ - нестандартизовані коефіцієнти дискримінантних функцій, що обчислюються для кожного металу;

C - константа дискримінантної функції, що розрахована;

25

X_1, X_2, \dots, X_i - фактори, що впливають на вміст важких металів у рослинних продуктах харчування (X_1 - середня температура за вегетаційний період, X_2 - середня кількість опадів за вегетаційний період, X_3 - концентрація марганцю у ґрунті, X_4 - концентрація нікелю у ґрунті, X_5 - концентрація кобальту у ґрунті, X_6 - тип ландшафту, X_7 - природно-антропогенні комплекси, X_8 - рН ґрунту, X_9 - концентрація свинцю у ґрунті, X_{10} - концентрація хрому у ґрунті, X_{11} - рівень ерозійної небезпеки, X_{12} - концентрація кадмію у ґрунті, X_{13} - відстань до автомобільної дороги, X_{14} - природно-антропогенні геосистеми, X_{15} - концентрація міді у ґрунті), значення яких порівнюють між собою й при $F^{M1} > F^{M2}$ - концентрація є допустимою, а при $F^{M2} > F^{M1}$ - вища за допустиму.

30

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що у випадку прогнозування надлишкової концентрації заліза (Fe) у продуктах рослинного походження дискримінантні функції F^{M1} і F^{M2} мають вид:

35

$$F^{Fe1} = 133.830 \cdot X_1 - 8.827 \cdot X_2 + 0.674 \cdot X_3 - 3.543 \cdot X_4 + 13.095 \cdot X_5 - 1.129 \cdot X_6 + 4.718 \cdot X_7 + 206901 \cdot X_8 - 1474085,$$

$$F^{Fe2} = 138559 \cdot X_1 - 9.397 \cdot X_2 + 0.738 \cdot X_3 - 5.691 \cdot X_4 + 14.759 \cdot X_5 - 1.510 \cdot X_6 + 5.975 \cdot X_7 + 210760 \cdot X_8 - 1549056.$$

40

3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що у випадку прогнозування надлишкової концентрації марганцю (Mn) у продуктах рослинного походження дискримінантні функції F^{M1} і F^{M2} мають вид:

$$F^{Mn1} = 147.358 \cdot X_1 - 9.942 \cdot X_2 + 0.570 \cdot X_3 - 11.506 \cdot X_4 - 2.843 \cdot X_6 + 10.407 \cdot X_7 + 225.393 \cdot X_8 + 18.758 \cdot X_9 - 1612.632,$$

$$F^{Mn}_2 = 153.050 \cdot X_1 - 10.577 \cdot X_2 + 0.628 \cdot X_3 - 13.818 \cdot X_4 - 3.357 \cdot X_6 + 12.168 \cdot X_7 + 230.821 \cdot X_8 + 20.016 \cdot X_9 - 1710.234.$$

4. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що у випадку прогнозування надлишкової концентрації цинку (Zn) у продуктах рослинного походження дискримінантні функції F^{M1} і F^{M2}

5 мають вид:

$$F^{Zn}_1 = 106.265 \cdot X_1 - 5.361 \cdot X_2 + 15.273 \cdot X_5 + 0.633 \cdot X_6 - 3.292 \cdot X_7 + 165.826 \cdot X_8 -$$

$$- 3.475 \cdot X_{10} - 2.418 \cdot X_{11} - 1214.569,$$

$$F^{Zn}_2 = 102217 \cdot X_1 - 5.092 \cdot X_2 + 13.345 \cdot X_5 + 1.297 \cdot X_6 - 2.115 \cdot X_7 + 171.091 \cdot X_8 -$$

$$- 2.261 \cdot X_{10} - 0.785 \cdot X_{11} - 12066558.$$

10 5. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що у випадку прогнозування надлишкової концентрації міді (Cu) у продуктах рослинного походження дискримінантні функції F^{M1} і F^{M2} мають вид:

$$F^{Cu}_1 = -0.028 \cdot X_3 + 1.000 \cdot X_4 - 0.029 \cdot X_{10} - 0.675,$$

$$F^{Cu}_2 = 0.383 \cdot X_3 - 3.296 \cdot X_4 + 4.871 \cdot X_{10} - 43.249.$$

15 6. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що у випадку прогнозування надлишкової концентрації нікелю (Ni) у продуктах рослинного походження дискримінантні функції F^{M1} і F^{M2} мають вид:

$$F^{Ni}_1 = 60.566 \cdot X_1 + 5.822 \cdot X_4 - 1.037 \cdot X_7 + 198.411 \cdot X_8 + 29.118 \cdot X_{12} +$$

$$+ 0.005 \cdot X_{13} - 3.425 \cdot X_{14} - 1067.190,$$

20 $F^{Ni}_2 = 59.105 \cdot X_1 + 4.008 \cdot X_4 - 0.364 \cdot X_7 + 205.991 \cdot X_8 + 36.072 \cdot X_{12} +$

$$+ 0.001 \cdot X_{13} - 2.293 \cdot X_{14} - 1087.399.$$

7. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що у випадку прогнозування надлишкової концентрації свинцю (Pb) у продуктах рослинного походження дискримінантні функції F^{M1} і F^{M2} мають вид:

25 $F^{Pb}_1 = 165.889 \cdot X_1 - 10.024 \cdot X_2 - 3.376 \cdot X_6 - 16.174 \cdot X_7 + 146.365 \cdot X_8 -$

$$- 7.869 \cdot X_{11} + 0.074 \cdot X_{13} + 3.479 \cdot X_{15} - 1534.662,$$

$$F^{Pb}_2 = 156273 \cdot X_1 - 9.278 \cdot X_2 - 2.695 \cdot X_6 - 14.076 \cdot X_7 + 151.141 \cdot X_8 -$$

$$- 6.759 \cdot X_{11} + 0.063 \cdot X_{13} + 4.271 \cdot X_{15} - 1449.686.$$

30 8. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що у випадку прогнозування надлишкової концентрації кобальту (Co) у продуктах рослинного походження дискримінантні функції F^{M1} і F^{M2} мають вид:

$$F^{Co}_1 = 115.008 \cdot X_1 - 6.741 \cdot X_2 + 0.508 \cdot X_3 + 4.574 \cdot X_4 + 0.134 \cdot X_6 + 2.430 \cdot X_7 +$$

$$+ 216.195 \cdot X_8 - 1398611,$$

35 $F^{Co}_2 = 117.037 \cdot X_1 - 7.012 \cdot X_2 + 0.548 \cdot X_3 + 3.466 \cdot X_4 - 0.073 \cdot X_6 + 3.376 \cdot X_7 +$

$$+ 221.530 \cdot X_8 - 1451.30.$$

Комп'ютерна верстка М. Ломалова

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601