УДК303.72:551.521

# РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ВИЗНАЧЕННЯ РАДІОНУКЛІДНОЇ НЕБЕЗПЕЧНОСТІ ТЕРИТОРІЙ

Пещанська Я. В., магістр, e-mail:platinum.infiniti8@gmail.com
Порван А. П., к.т.н., доц., e-mail:a.porvan@khai.edu
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

**Актуальність дослідження.** На сьогоднішній день накопичено величезний запас знань і даних моніторингу про вміст і поведінку радіонуклідів у різних екосистемах. Існує чимало математичних моделей, які відображають формування дози опромінення як при радіаційних аваріях на ядерних підприємствах, так і при їх безаварійній роботі [1, 2]. Вони дають можливість прогнозувати рівні радіаційного забруднення, підвищуючи ефективність управління екологічною безпекою. Та оцінювання ризику від забруднення навколишнього середовища радіонуклідами не має широкого застосування. Актуальність проблеми пов'язана не тільки з несприятливим впливом радіоактивного опромінювання та зараження місцевості, а й з вивченням наслідків впливу природних радіонуклідів на організм та здоров'я людини [3].

**Метою роботи** є розробка математичної моделі визначення радіонуклідної небезпечності територій для оцінки наслідків впливу природних радіонуклідів на організм людини.

**Основні матеріали досліджень.** Уявлення про сучасні системи екологічного моніторингу з їх можливостями оцінювання різних залежностей та побудови математичних моделей необхідні для вирішення завдань у галузі медичної екології, демографічних процесів, стану здоров'я. До найпопулярніших у сфері медичної екології методів багатофакторного аналізу даних можна віднести різні типи регресійного аналізу.

Для побудови математичної моделі визначення радіонуклідної небезпечності територій були проаналізований результати 40 вимірювань природних, техногенних та антропогенних факторів радіонуклідної небезпечності територій криворіжського басейну. Аналіз даних проводився із застосуванням програмного забезпечення IBMSPSS. В якості математичного забезпечення було обрано метод бінарної логістичної регресії. При вивченні логістичної регресії досліджується взаємозв'язок між дихотомічною змінною відгука та будь-якими незалежними змінними (кількісні, номінальні, ранговіпредиктори). Під час побудови моделі в якості діхотомічної змінної було обрано рівень екологічної безпечності території: 1 – «Безпечно для людини та довкілля», 2 – «Небезпечно для людини та довкілля». Як метод використання змінних у обчисленнях попередньо був встановлений метод покрокового вставлення. Для прогнозування радіонуклідної небезпечності територій було синтезовано математичну модель виду

$$P(Y) = 1/(1 + e^{-z}),$$

де $z = -9{,}293 + 34{,}498 \cdot X_1 + 0{,}085 \cdot X_2 + 68{,}099 \cdot X_3 - 53{,}516 \cdot X_4$;

$X_1$–вміст урану в ґрунтах, % $10^{-4}$;

$X_2$ – вміст урану в підземних та/ або поверхневих водах, г/л $10^{-6}$;

$X_3$ – вміст торію у пилуватій фракції відвалах, г/т;

$X_4$ – відстань від СЗЗ (поза зони спостереження ГВП), км.

Перевірка значущості відмінності коефіцієнтів від нуля проводиться за допомогою статистики Вальда, яка показала значимість ($p<0{,}001$) усіх отриманих коефіцієнтів та предикторів, що увійшли до моделі. Отримане значення критерію Нейджелкерка ($H_N=0{,}984$) вказує на адекватність отриманої моделі до прогнозованого процесу.

Розрахована $P(Y)$ дозволяє віднести стан до одного з двух класів з визначеною імовірністю і завжди вказує на виконання передбачення, яке відповідає більшому з двох

кодувань (рис.1). Отже, використовуючи отриману модель, можна розраховувати, за іншими значеннями екологічну безпечність території, а значить, використовуючи формули перерахунків можна розрахувати вплив природних радіонуклідів на здоров'я людини.

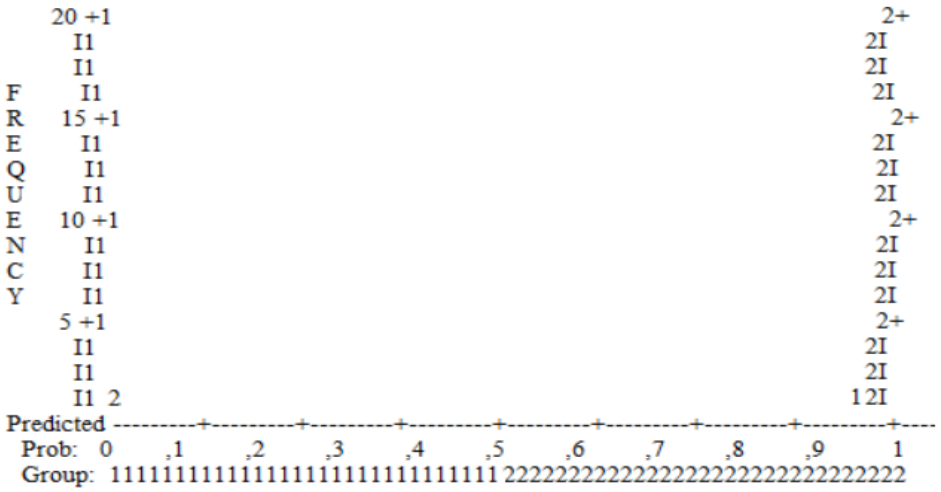


Рис. 1 – Діаграма класифікації стану

Результат визначення приналежності територій, що досліджуються до одного з двух станів небезпечності наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Таблиця класифікації

| Рівень екологічної безпечності території | Передбачені | | Відсоток вірних |
|---|---|---|---|
| | Безпечно для людини та довкілля | Небезпечно для людини та довкілля | |
| Безпечно для людини та довкілля | 19 | 1 | 95,0 |
| Небезпечно для людини та довкілля | 2 | 18 | 90,0 |
| Загальна відсоткова частка | | | **92,5** |

З таблиці можна дійти висновку, що із загальної кількості спостережень, рівного 40, тестом були визнані безпомилково 19 – «Безпечно для людини та довкілля» та 18 – «Небезпечно для людини та довкілля». Загалом, правильно було розпізнано 37 випадків із 40, що становить 92,5 %.

**Висновок.** Таким чином розроблена математична модель дозволяє за антропогенними та природними факторами розраховувати імовірність екологічної безпечності території, що в подальшому може бути використано під час визначення впливу природних радіонуклідів на здоров'я людини.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Радіоекологія: підручник. В.П. Шапорєв, Ю.Г. Масікевич, В.Ф. Моїсєєв, та ін. – Чернівці: «Місто» АНТ, 2018. – 440 с.

2. Основи радіаційної медицини: Навч. посібник / О. П. Овчаренко, А. П. Лазар, Р. П. Матюшко. – Одеса: Одес. держ. мед. ун-т, 2002. – 208 с.

3. Основи біобезпеки (екологічний складник) : навч. посіб. / Л. П. Новосельська, Т. Г. Іващенко, В. П. Гандзюра, О. П. Куліних ; за заг. наук. ред. д.б.н. О. І. Бондаря. – К. : Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. – 180 с.