

## РОЗРОБКА КОРИСНИХ КОПАЛИН

О.М. Барабаш

### ХАРАКТЕРНІ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКИ РАДІОНУКЛІДІВ У ПОРОДАХ УКРАЇНСЬКОГО КРИСТАЛІЧНОГО ЩИТА

(Представлено доктором технічних наук, професором Бакка М.Т.)

*Встановлені характерні взаємозв'язки радіоактивних елементів в інтрузивних гірських породах, приурочених до Українського кристалічного щита, і наведені кореляційні залежності між вмістом радіонуклідів. Доведено, що радіоактивність порід Житомирсько-Кіровоградського інтрузивного комплексу залежить, в основному, від концентрації в них мінералів, що містять торій, а міцність експозиційної дози гамма-випромінювання має тісний кореляційний зв'язок з еквівалентною концентрацією радіонуклідів. Результати досліджень дають змогу визначити клас радіоактивності підготовлених до виїмки гірських порід.*

При виконанні радіаційно-гігієнічної оцінки гірських порід, які використовуються в народному господарстві, і, перш за все, будівельних гірських порід, та при оцінці радіаційного фону навколишнього середовища велике значення має встановлення та детальне вивчення закономірностей поширення радіоактивних елементів у масивах порід, а тому для аналізу одновимірної статистичної сукупності доцільно будувати гістограми розподілу випадкових величин окремо для таких параметрів, як вміст торію, урану, калію та еквівалентної концентрації (питомої активності) радіонуклідів за результатами лабораторних робіт літохімічних проб.

Дослідженнями встановлено, що розподіл розглянутих випадкових величин підпорядковується нормальному закону. Через це дуже важко визначити взаємозв'язки:

- між вмістом торію ( $Tn$ ) і загальним еквівалентним вмістом радіонуклідів ( $C_{екв}$ );
- між вмістом торію і вмістом урану ( $U$ ) по свердловинах;
- між загальним еквівалентним вмістом радіонуклідів ( $C_{екв}$ ) і потужністю експозиційної дози  $\gamma$ -випромінювання за  $\gamma$ -каротажем і  $\gamma$ -зйомкою кар'єру ( $A_m$ );
- між вмістом біотиту ( $B$ , %) і загальним еквівалентним вмістом радіонуклідів ( $C_{екв}$ ) по свердловинах для порфіробластового граніту.

Оскільки дослідження виконувалися з метою виявлення кореляційної залежності між двома з розглянутих параметрів, то у цьому разі правомірним є використання методів кореляційного аналізу.

Кореляційний аналіз експериментальних даних передбачає такі практичні прийоми:

- побудова кореляційного поля і складання кореляційних таблиць;
- обчислення коефіцієнтів кореляції.

В результаті побудови залежностей між окремими параметрами, наведеними на рис. 1, рис. 2, рис. 3 і рис. 4, визначені поля кореляції випадкових величин статистичних сукупностей для гранітів Коростишівського родовища.

Особливістю цих сукупностей є те, що між двома випадковими величинами існує кореляційна залежність, яка носить прямолінійний характер, і якщо кожному значенню з них відповідає невизначена кількість значень другої, то середнє з цих значень залежить від значень першої величини.

Коефіцієнт кореляції  $r$  дає точнішу кількісну інформацію про характер і силу зв'язку, ніж картина кореляційного поля. Щоб визначити джерело радіоактивності гірських порід, треба знати коефіцієнт кореляції

$$r = \pm \frac{\sum x \cdot y}{\sqrt{\sum x^2 \cdot \sum y^2}}, \quad (1)$$

де  $x$  і  $y$  – відхилення частинних вмістів двох компонентів від їх середніх арифметичних значень.

Відомо, що кореляційний зв'язок вважається дуже слабким, коли  $r = 0 \dots 0,5$ ; слабким, коли  $r = 0,5 \dots 0,7$ ; тісним, коли  $r = 0,7 \dots 0,9$  і дуже тісним, коли  $r = 0,9 \dots 1,0$ .

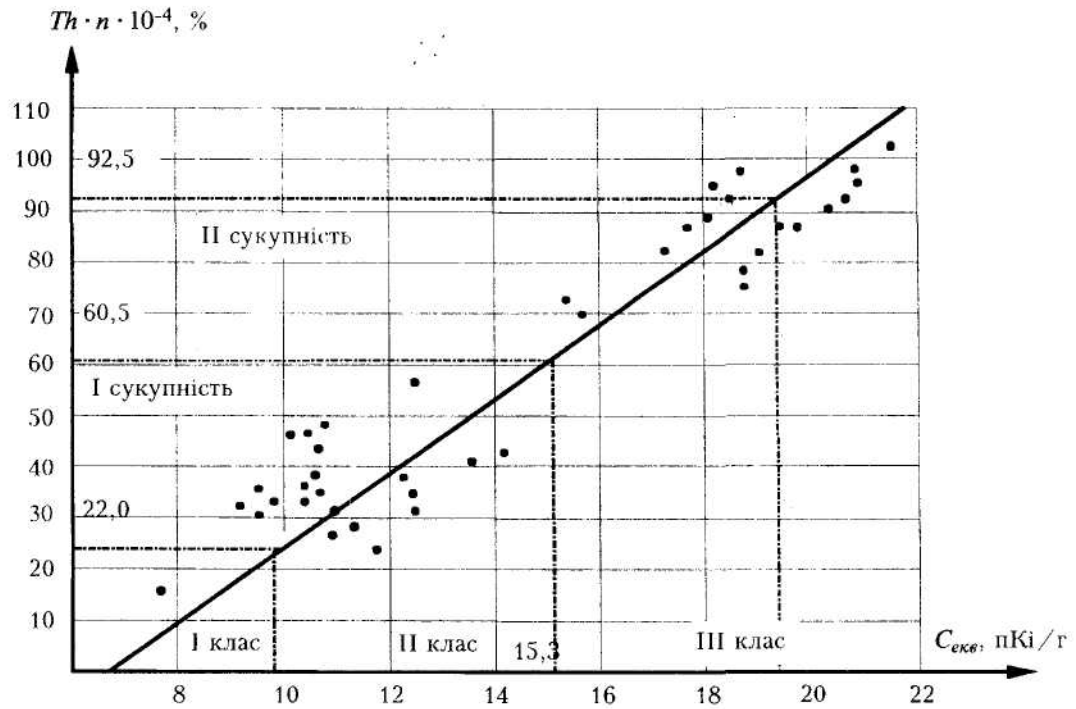


Рис. 1. Графік кореляційного зв'язку між еквівалентною концентрацією радіонуклідів і концентрацією торію для гранітів Коростишівського родовища

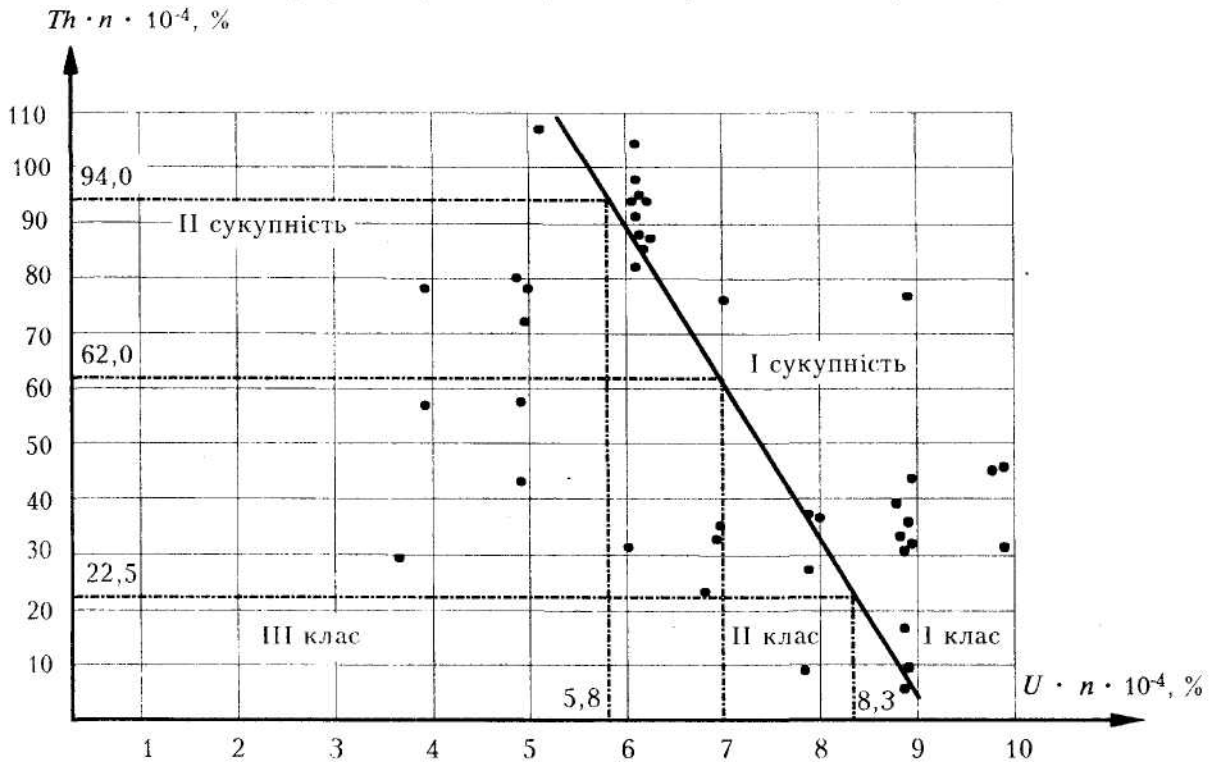


Рис. 2. Графік кореляційного зв'язку між концентраціями урану і торію для гранітів Коростишівського родовища

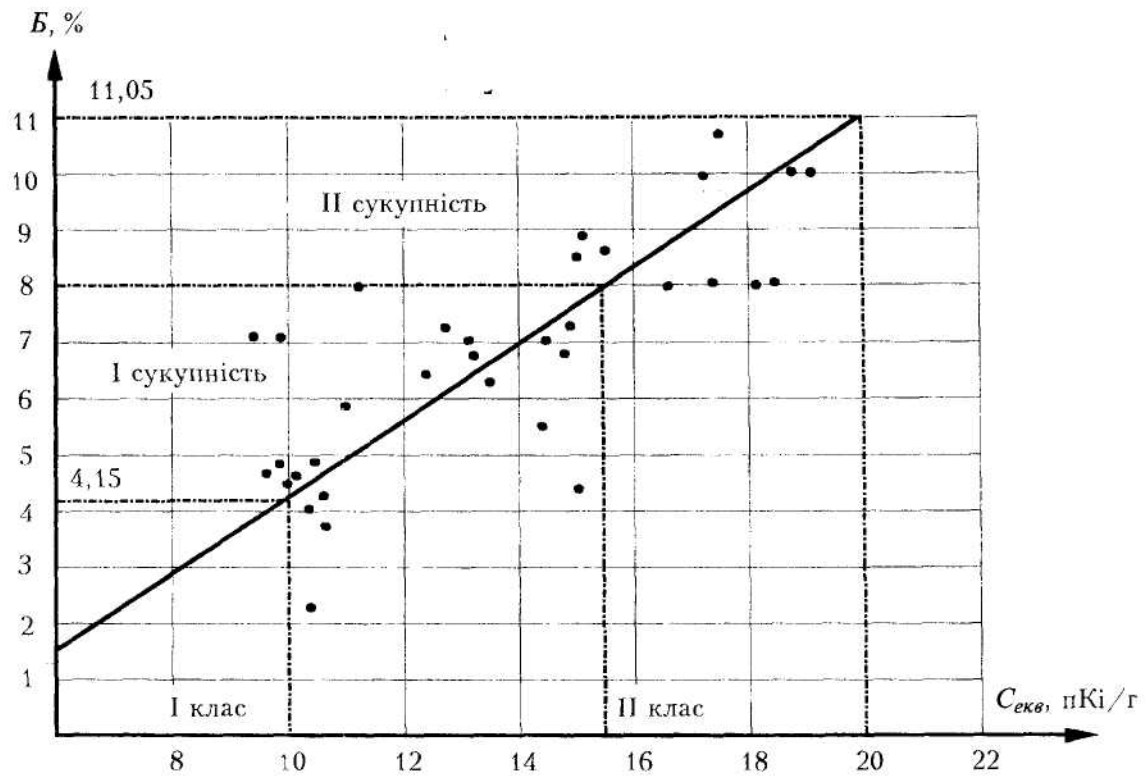


Рис. 3. Графік кореляційного зв'язку між еквівалентною концентрацією радіонуклідів і вмістом біотиту для гранітів Коростишівського родовища

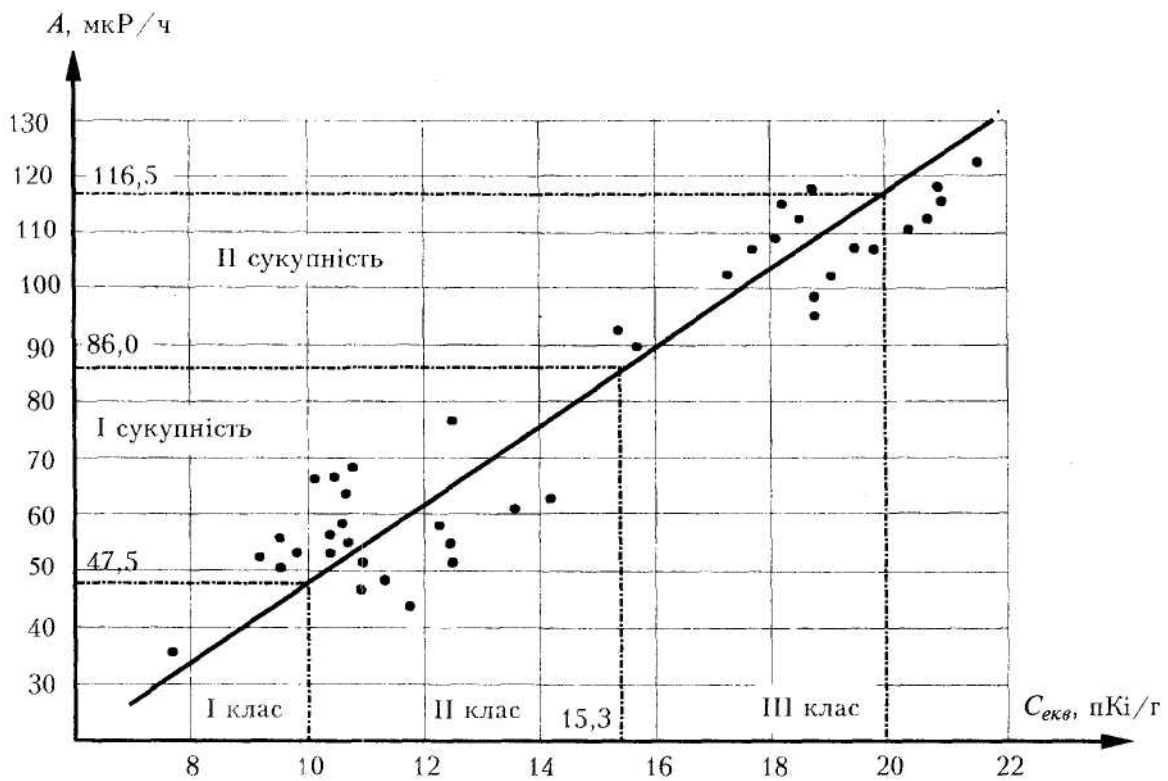


Рис. 4. Графік кореляційного зв'язку між еквівалентною концентрацією радіонуклідів і потужністю експозиційної дози  $\gamma$ -випромінювання для гранітів Коростишівського родовища

Кореляційний зв'язок вважається реальним, коли

$$r \geq 3 \cdot m_r,$$

де  $m_r$  – похибка обчислень  $r$ :

$$m_r = \frac{1 - r^2}{\sqrt{n}}, \quad (2)$$

де  $n$  – число визначень.

Повне значення коефіцієнта кореляції  $r \pm m_r$ .

За тісного і дуже тісного кореляційного зв'язку між аналізованими параметрами радіаційно-гігієнічної оцінки гірських порід доцільний регресивний аналіз з визначенням конкретного виду залежності, тобто треба визначити рівняння регресії.

Аналіз результатів радіометричних і лабораторних досліджень гірських порід Північно-Західної частини Українського кристалічного щита (здебільшого це породи Житомирсько-Кіровоградського інтрузивного комплексу) та їх зв'язки з геологічною будовою родовищ дають змогу зробити висновок, що 10–20 % високоміцних інтрузивних порід містять природних нуклідів менш як 10 пКі/г, тобто належать до I класу згідно з національною класифікацією будівельних матеріалів за сумарною питомою активністю природних радіонуклідів, 60–70 % порід мають питомий вміст радіонуклідів 10–20 пКі/г, тобто належать до II класу, 10–20 % містять радіонуклідів більш як 20 пКі/г і належать до III класу. Гірських порід, які мають питомий вміст радіонуклідів більш ніж 30 пКі/г є небагато (5–10 %) і вони не можуть використовуватись будівельними організаціями.

Розподіл таких випадкових величин, як торій  $Th$ , уран  $U$  та еквівалентний вміст радіонуклідів  $C_{екв}$ , поділяється на дві сукупності, в кожній з яких цей розподіл близький до нормального закону з максимумами за еквівалентним вмістом радіонуклідів  $C_{екв}$  11 і 19,5 пКі/г, за торієм  $Th$   $32 \cdot n \cdot 10^{-4}$  і  $85 \cdot n \cdot 10^{-4}$  %.

У результаті виконання кореляційного та регресивного аналізу визначено:

- еквівалентна концентрація природних нуклідів  $C_{екв}$  має дуже тісний кореляційний зв'язок з концентрацією природного нукліда торію  $r = 0,96 \pm 0,003$ ;
- еквівалентна концентрація природних радіонуклідів  $C_{екв}$  не залежить від концентрації нуклідів урану і калію, оскільки кореляційні зв'язки дуже слабкі, і нереальні:  $r_{C_U} = 0,28 \pm 0,11$  і  $r_{C_K} = 0,08 \pm 0,11$ ;
- концентрації нуклідів урану, торію і калію у корисній копалині не залежать одна від одної, оскільки кореляційні зв'язки дуже слабкі і нереальні:  $r_{UTh} = -0,41 \pm 0,10$ ;  $r_{UK} = -0,11 \pm 0,11$ ;  $r_{ThK} = -0,11 \pm 0,11$ .

Це дало змогу отримати наступні висновки:

- радіоактивність вивержених гірських порід Житомирсько-Кіровоградського інтрузивного комплексу в основному залежить від концентрації в них мінералів, які містять торій (циркон, апатит тощо);
- розподіл спостережуваних значень еквівалентної концентрації  $C_{екв}$  на дві сукупності (з межею  $C_{екв} = 15,5$  пКі/г) також залежить від вмісту в породі торію ( $Th = 33 \cdot 10^{-4}$  % – I сукупність,  $Th = 86,9 \cdot 10^{-4}$  % – II сукупність). Як бачимо з графіка рівняння регресії, зображеного на рис. 1, граничні значення торію (межі між класами і сукупностями) відповідають еквівалентним концентраціям:  $C_{екв} = 10$ ; 15,5; 20 пКі/г. Ці межі нанесені на графіки пунктирними і переривчастими лініями;
- потужність експозиційної дози  $\gamma$ -випромінювання  $A$  має тісний кореляційний зв'язок з еквівалентною концентрацією  $C_{екв}$ . За  $\gamma$ -каротажем свердловин вона становила  $r_{AC_{екв}} = 0,94 \pm 0,02$ , а за  $\gamma$ -зйомкою дна кар'єрів  $r_{AC_{екв}} = 0,82 \pm 0,06$ , що дає змогу визначити граничну потужність  $\gamma$ -випромінювання (межі між класами і сукупностями), що відповідає еквівалентним концентраціям 10; 15,5; 20 пКі/г.

Граничні потужності дози  $\gamma$ -випромінювання можуть використовуватися також з такою практичною метою:

- щоб прослідкувати межі між класами (I–III) і сукупностями (I і II) за свердловинами і кар'єрами;
- для попереднього віднесення підготовленої до виїмки корисної копалини до того чи іншого класу (таблиця 1).

Таблиця 1

Розподіл підготовлених запасів на класи за середньою потужністю дози  $\gamma$  випромінювання

Прогнозований клас	Середня потужність дози $\gamma$ -випромінювання, мкР/год		Необхідність контролю продукції
	за $\gamma$ -каротажем свердловин	за $\gamma$ -зйомкою дна кар'єру	
I	< 47,5	< 36	Не обов'язково
II	47,5...116,5	36...105	Не обов'язково
III	> 116,5	> 105	Обов'язково

Характерно, що розглянуті методи узгоджуються у разі порівняння результатів радіаційно-гігієнічної оцінки різних родовищ, що належать до Житомирсько-Кіровоградського інтрузивного комплексу.

Вивчаючи взаємозв'язки радіоактивних елементів у гірських породах, вдалося установити окремі рівняння регресії для визначення  $C_{екв}$ , частина з яких з коефіцієнтом кореляції  $r > 0,7$  може бути корисною у розв'язанні практичних задач, пКі/г:

$$C_{екв} = 0,144Th + 6,70, \quad (3)$$

$$C_{екв} = 0,145A + 4,73, \quad (4)$$

$$C_{екв} = 1,46B + 3,86. \quad (5)$$

Отримані висновки і характеристики взаємозв'язків радіоактивних елементів у гірських породах Житомирсько-Кіровоградського інтрузивного комплексу Українського кристалічного щита мають теоретичну цінність і практичну корисність, оскільки дають змогу визначати клас підготовленої до виїмки корисної копалини з використанням інформації про будову породи, викладених залежностей і результатів вимірювань потужності дози  $\gamma$ -випромінювання.

БАРАБАШ Оксана Миколаївна – інженер кафедри геотехнології та обробки каменю Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

- гірництво;
- екологія.