

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ПОЛІВ ІОНІЗУЮЧИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ
НА ГРАНІТНИХ КАР'ЄРАХ ІЗ РОЗВИТКОМ ГІРНИЧИХ РОБІТ**

(Представлено д.геол.н. Підвисоцьким В.Т.)

Наведено узагальнення джерел формування іонізуючих полів і радіоактивного забруднення на кар'єрах з видобування гранітів на щєбінь.

Вступ. Значну частину територій України займає Український кристалічний щит, до якого приурочені великі поклади гранітів та інших інтрузивних порід, що широко використовуються в народному господарстві як сировина для виробництва щєбеневої продукції, та як облицювальний камінь.

Тільки в Житомирській області працює близько 50 кар'єрів з видобування гранітів, лабрадоритів, габро, гранодіоритів та інших глибинних кристалічних високоміцних гірських порід, із яких майже половина перероблює видобуту сировину на щєбєневу продукцію та інші заповнювачі бетонів та асфальтобетонів, а на другу половину припадає сировина для виготовлення облицювальної, архітектурно-будівельної та інших видів кам'яної продукції.

Аналіз останніх досліджень. Видобування кристалічних порід та їх переробка на різні види будівельної продукції супроводжується значним негативним впливом на стан довкілля, а саме: витрачаються земельні ресурси для будівництва кар'єрів, розміщення відвалів, переробних заводів та цехів, складів продукції, відходів виробництва тощо; відбувається інтенсивне забруднення атмосфери продуктами вибуху при підготовці гірської маси до виймання, екскавації гірничої маси, переробці сировини на продукцію тощо; забруднюється гідросфера кар'єрним водовідливом; здійснюється у великих обсягах радіоактивне забруднення прилеглого до кар'єрів навколишнього середовища. Питанню дослідження радіоактивного впливу відкритої розробки присвячені праці таких вчених: В.Ф. Козлова, А.А. Якубовича, Г.Н. Флєрова, Г.Ф. Новикова та Ю.Н. Калкова [1, 5, 6, 8].

Відомо, що всі кристалічні породи Українського кристалічного щита характеризуються радіоактивністю, що для різних родовищ різна і яка обумовлена наявністю в сировині акцесорних мінералів, що містять в найбільшій кількості такі радіонукліди: радій-226, торій-232, уран-238 та калій-40, що характеризуються великими періодами напіврозпаду та високою активністю.

Постановка завдання. Мета. Зрозуміло, що дослідження зміни полів іонізуючого випромінювання на гранітних кар'єрах із розвитком гірничих робіт і розробка заходів зі зменшення впливу на людей і оточуюче навколишнє середовище є актуальною науковою та практичною проблемою, вирішення якої вбачається у вирішенні таких наукових завдань: удосконалення способів визначення радіоактивності будівельних гірських порід; розробка ефективних способів визначення радіаційно-гігієнічної оцінки кар'єрного середовища та прилеглих територій і об'єктів; розробка методики визначення вмісту радіонуклідів у будівельній мінеральній сировині на стадії розвідки і розробки родовищ; дослідження акцесорних мінералів та їх впливу на радіоактивність сировини; дослідження основних закономірностей поширення радіонуклідів на родовища та в кар'єрах з видобування гранітної сировини; узагальнення окремих особливостей поширення радіонуклідів в породах, що приурочені до Українського кристалічного щита; дослідження найбільш характерних взаємозв'язків радіоактивних елементів в каменях Українського щита.

Важливим слід вважати дослідження закономірностей формування та розвиток полів іонізації та радіоактивного забруднення на кар'єрах безпосередньо при здійсненні технологічних процесів у розрізі операцій на основі вивчення всіх фізико-хімічних та технологічних процесів у кар'єрах і на переробних заводах. Особливу увагу слід приділити розробці структурних схем формування іонізаційних полів та радіоактивного забруднення, вивченню закономірностей та їх зміни, можливостей управління їх впливом.

Звичайно ж одним із важливих напрямків досліджень зміни полів іонізуючого випромінювання є ретельне вивчення радіоактивності будівельних гірських порід, з яких виготовляють будівельну продукцію і потім цю продукцію широко розповсюджують у різні регіони. Відповідно, якщо буде допущено використання радіоактивної сировини для виготовлення будівельної продукції, то і збудовані об'єкти будуть мати підвищений радіаційний фон, що негативно буде пливати на людей, які в них знаходяться. На превеликий жаль, у світовій і вітчизняній практиці будівництва мають місце випадки, коли радіаційний фон у приміщенні значно більший ніж за його межами. Це зумовлює необхідність ретельного виконання радіаційно-гігієнічної оцінки сировини і порівняння результатів оцінки з вимогами діючих національних «Норм радіаційної безпеки – НРБ-98», тобто визначити клас

мінерального матеріалу, а відповідно до цього визначити всі можливі види використання. Це обов'язково потрібно здійснювати з метою запобігання збільшенню радіаційного фону в регіонах масштабного та інтенсивного спорудження об'єктів будівництва.

Викладення основного матеріалу дослідження. Значна частина природних мінеральних ресурсів знаходиться в надрах Українського кристалічного щита. Найбільш поширеними з них є граніти, лабрадорити, габро, гранодіорити та інші високоміцні гірські породи, що використовуються для виготовлення різноманітної будівельної продукції. Український кристалічний щит є одним із найбільших геоструктурних регіонів мінерально-сировинної бази природного декоративно-облицювального та будівельного каменю.

Вивержені кристалічні будівельні породи Українського кристалічного щита, особливо його північно-східної частини, характеризуються, як правило, підвищеною радіоактивністю. Найзначнішу частину родовищ будівельного та облицювального каменю в Україні відносять до Житомирсько-Кіровоградського інтрузивного комплексу. Будівельні породи в основному представлені гранітами. За зовнішнім виглядом це масивні, рідше гнейсоподібні породи сірого чи світло-сірого кольору, що складаються з польового шпату (мікрокліну, ортоклазу і плагіоклазу від альбіт-олігоклазу до олігоклазу), кварцу, біотиту і незначної кількості мусковіту. З другорядних мінералів присутні апатит, магнетит, турмалін, рідко епідот, титаніт, гранат.

Характерно, що з гранітами Житомирсько-Кіровоградського інтрузивного комплексу пов'язані утворення пегматитових жил незначної потужності, які рідко досягають 0,5...1,0 м. Найчастіше їх потужність не перевищує кількох сантиметрів. Пегматитові жильні утворення перетинають вмисні породи під різними кутами. Пегматит складається з кристалів польових шпатів, що досягають 3...4 см в поперечному перерізі, між якими спостерігаються листки біотиту, які досягають 2...3 см. Структура пегматиту крупнозерниста, пегматоїдна, а текстура – масивна.

Родовища облицювальних гранітів Корнинського, Коростишівського, Осиково-Копецького й інших родовищ характеризуються порфіробластовими середньозернистими гранітами і плагіогранітами. Ділянки залягання середньозернистих порід характеризуються густішим розвитком тріщин окремоостей, площини яких покриті тонким шаром каоліну і забарвлені в бурувато-жовтий колір гідроксидами заліза.

Радіаційно-гігієнічну характеристику цих родовищ вивчали за даними γ -вимірювання керн (за 15–25 свердловинами на кожному з них) і досліджень 10–14 літохімічних проб.

Граніти цих родовищ мають такі особливості геологічної радіаційно-гігієнічної будови:

- наявність радіоактивних мінералів (ортиту, моноциту, циркону, апатиту тощо), що асоціюються в плеохроїчних зонах навколо біотиту;
- наявність пегматитових жил, в яких нерідко спостерігається високий вміст радіоактивних елементів, звичайно урану і торію;
- різноманітний і частіше мінливий мінерально-петрографічний склад гірських порід родовищ (порфіробластовий граніт, плагіограніт, гнейс тощо) [63, 66, 72].

Згідно з вимогами норм радіаційної безпеки, будівельні матеріали, як уже відомо, поділяються на п'ять класів за можливими видами їх використання залежно від концентрації в них природних радіонуклідів (пКі/кг), тобто від питомої активності A . Оскільки питома активність, яку ще часто називають еквівалентним вмістом природних радіонуклідів ($C_{екв}$) – нормальний показник, що визначає клас і галузь застосування будівельних мінералів, то вивчення радіаційно-гігієнічних властивостей сировини для виробництва щебеню і облицювальних матеріалів має бути спрямоване на визначення $C_{екв}$ його вимірювання і кореляцію як за площею, так і за глибиною родовища.

Враховуючи все викладене і особливості геологічної будови родовищ Житомирсько-Кіровоградського інтрузивного комплексу, радіаційно-гігієнічні властивості корисних копалин досліджували в діючих кар'єрах із застосуванням комплексу методів геологорозвідувальних і геофізичних робіт:

- проектування, що обґрунтовує методику і обсяги робіт стосовно до родовищ досліджуваного інтрузивного комплексу;
- буріння свердловин, необхідного для вивчення літологічних розрізів і керн, виконання геофізичних робіт у свердловинах;
- геофізичних робіт, що полягають у виділенні інтервалів випробування для визначення $C_{екв}$ за графіками γ -каротажу свердловин, кореляції меж класів між літохімічними пробами ($C_{екв}$) за площею кар'єру і глибиною;

– випробування і лабораторних робіт, що полягають у визначенні концентрації радіонуклідів урану, торію та оксиду калію, а також $C_{екв}$;

– топографічних робіт з планово-висотної прив'язки свердловин і точок геофізичних спостережень;

– камеральних робіт, що полягають в обробці матеріалів попередніх робіт і виділенні класів корисної копалини.

У процесі камеральної обробки польових і лабораторних матеріалів визначали такі параметри, які характеризують радіоактивність гірських порід Житомирсько-Кіровоградського інтрузивного комплексу:

$C_{екв}$ – еквівалентну концентрацію радіонуклідів, пКі/кг (тобто питому активність A) – за результатами лабораторних робіт літологічних проб;

U, Th, K – поелементну концентрацію природних радіонуклідів $n \cdot 10^{-4}$ – за результатами лабораторних робіт літохімічних проб;

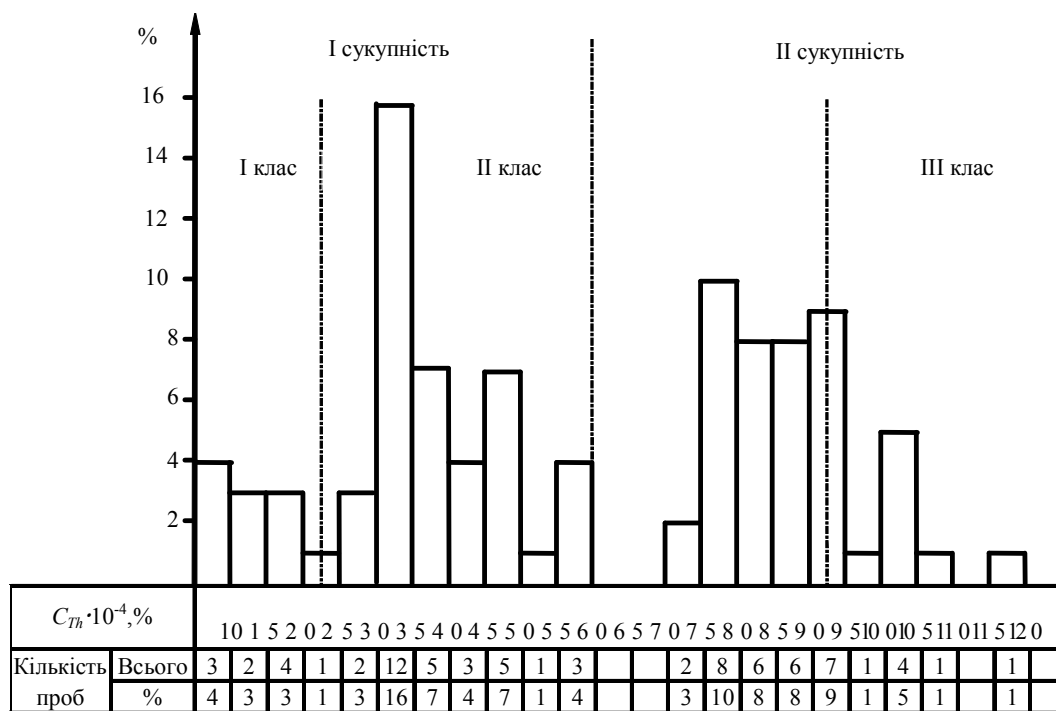
A_m – потужність експозиційної дози γ -випромінювання за γ -каротажем і γ -зйомкою, що визначається як середня потужність в інтервалі випробування.

Дослідження виконувалися за широкою програмою, що охоплює методики радіаційно-гігієнічної оцінки корисних копалин при виконанні геолого-розвідувальних робіт на родовищах будівельних матеріалів і оцінки сировини в діючих кар'єрах на основі комплексних досліджень та математичною обробкою отриманих даних.

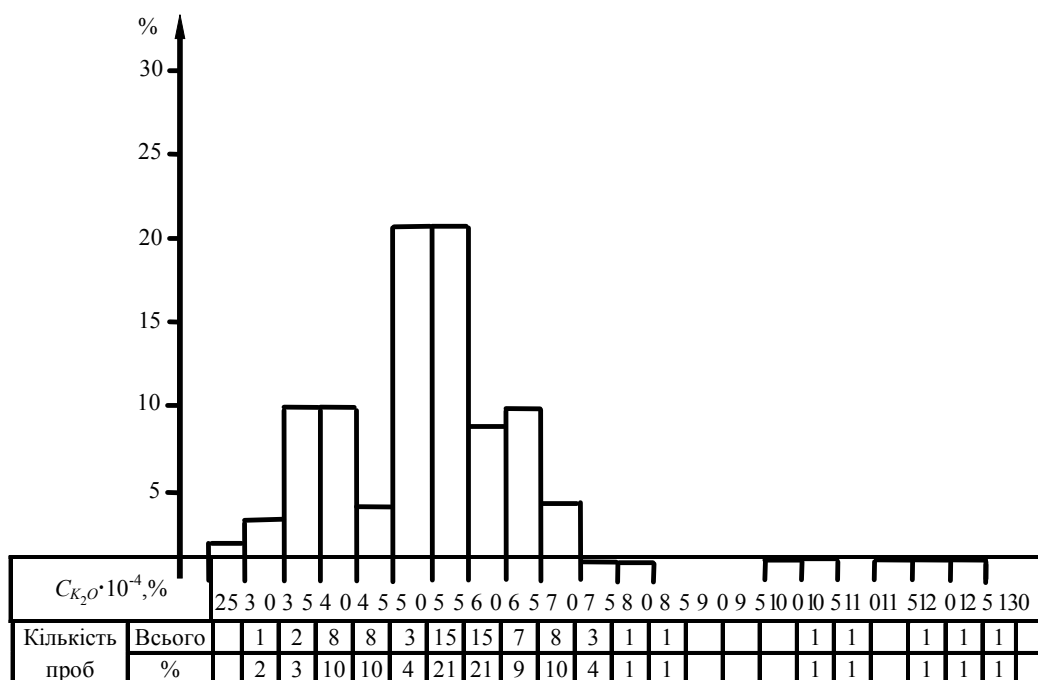
Отримані в результаті досліджень експериментальні дані – випадкові величини статистичних сукупностей, аналізуючи які, доцільно використовувати апарат математичної статистики.

Велику роль в радіаційно-гігієнічній оцінці відіграє аналіз одновимірної статистичної сукупності, для виконання якого доцільно складати гістограми для розподілу випадкових величин окремо для кожного параметра ($C_{екв}$, Th, U, K).

На рисунку 1 зображено гістограму розподілу вмісту відповідно торію, ізотопного калію і урану, а на рисунку 2 – гістограму розподілу еквівалентної концентрації радіонуклідів $C_{екв}$, тобто питомої активності A , в граніті Коростишівського родовища.

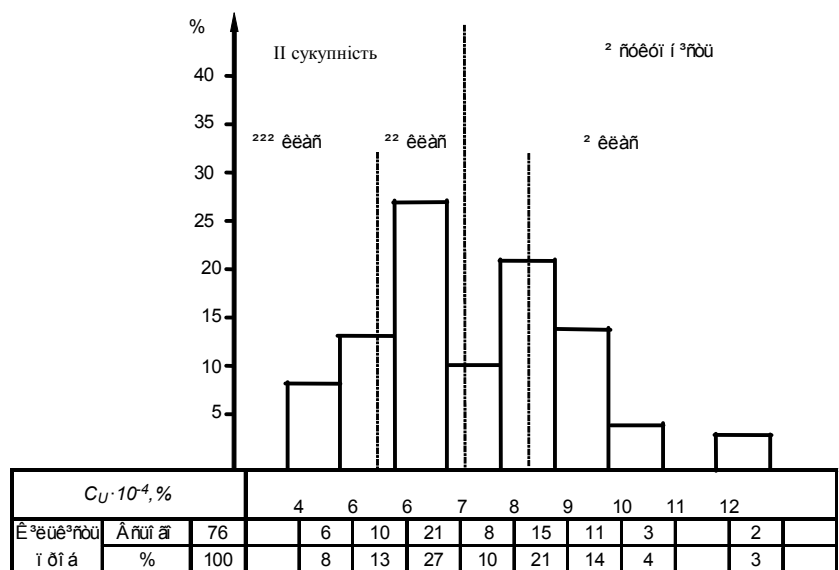


а)

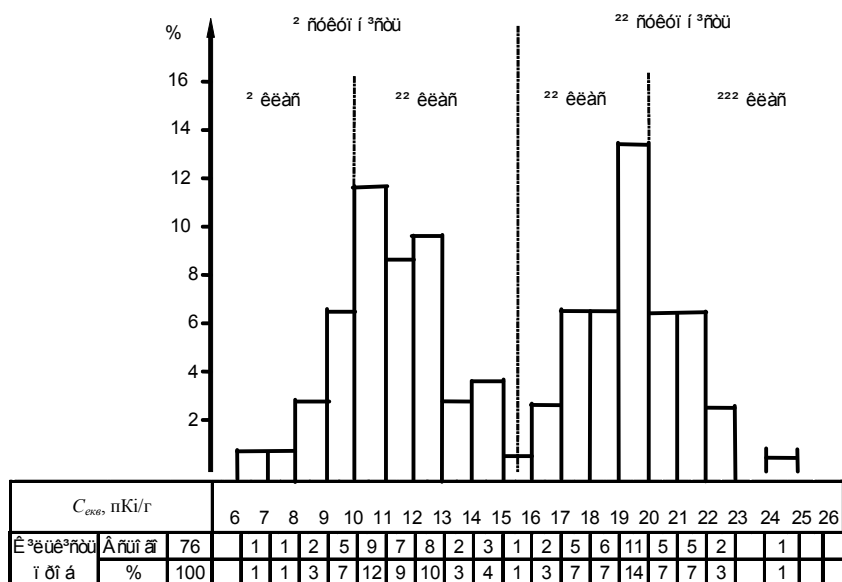


б)

Рис. 1. Гістограми розподілу вмісту: а – торію; б – ізотопного калію



a)



б)

Рис. 2. Гістограми розподілу вмісту: а – урану; б – еквівалентної концентрації радіонуклідів у гранітах Пінізевицького родовища

Аналогічні гістограми було виконано для Корнинського, Осиково-Копецького, Корнинського північно-західного та інших родовищ.

Гістограми підтверджують, що поелементний розподіл радіонуклідів і розподіл еквівалентної концентрації близькі до нормального закону розподілу, що дає змогу наближено прогнозувати радіоактивність каменю за даними геологічної будови родовища, математично описувати поширення в породі радіонуклідів і взаємозв'язки між ними, отримувати математичну модель еквівалентного вмісту радіонуклідів графоаналітичним способом, а також розв'язувати цілий ряд практичних задач на підставі нормального закону розподілу випадкових величин [64, 70, 72].

Результати дослідження. Вивчення іонізуючих полів на самих кар'єрах, прилеглих територіях в межах проммайданчиків, на збагачувально-переробних підприємствах, складах продукції є дуже важливим для здійснення заходів зі зменшення радіаційного навантаження на людей, які працюють на підприємствах із видобування і переробки гранітів.

Встановлено, що гранітним масивам характерні такі структурно-геологічні закономірності та геолого-тектонічні особливості просторового розташування радіонуклідів: вузли перетину регіональних тектонічних структур фіксують аномальні радіогідрогеологічні поля; зі збільшенням кислотності і

лужності гранітів зростає у них вміст радіонуклідів; природні та кар'єрні оголення гранітів зумовлюють підвищення радіоактивності локальних осередків; велика радіоактивність властива тріщинуватим зонам; радіоактивні елементи накопичені в акцесорних мінералах, пегматитових жилах, плеохроїчних зонах навколо біотиту.

Вперше встановлено структурно-геологічні закономірності формування радіаційного фізичного поля в гранітних кар'єрах: гамма-фон відпрацьованого кар'єрного простору зростає із збільшенням глибини розробки та описується по локальним площинам розподілу параболічною залежністю; збільшення радіаційного гамма-фону з заглибленням кар'єру обумовлюється екрануванням радіаційного поля бортами і скосами кар'єру та більшим вмістом радіоактивних акцесорних мінералів у глибинних горизонтах свіжих гранітів.

Кінцевим результатом виконуваних досліджень є розробка заходів зі зменшення обсягів формування іонізуючих полів та радіоактивного забруднення на основі розробки та впровадження можливих методів дезактивації, реалізація яких забезпечує економічну, екологічну і працезахоронну ефективність досліджень.

Висновок. Розроблені рекомендації по захисту працюючих в гранітних кар'єрах від радіації та геотоксикології, що ґрунтується на захисті часом, відстанню екранування, застосуванням ефективної радіаційної гігієни. Проведені дослідження вказують на можливість реалізації заходів зі зменшення радіаційного впливу процесів розробки родовищ на гранітних кар'єрах України.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Козлов В.Ф. Справочник по радиационной безопасности / В.Ф. Козлов. – М. : Энергоиздат, 1987.
2. Временные методические указания по радиационно-гигиенической оценке полезных ископаемых при производстве геологоразведочных работ на месторождениях строительных материалов. – Казань : ВНИИГеолнеруд, 1986.
3. Методы определения содержания естественных радионуклидов при радиационной оценке месторождения строительного сырья : метод. реком. – Казань : ВНИИГеолнеруд, 1986.
4. Радиация. Дозы, эффект, риск. – М. : Мир, 1990. – 80 с.
5. Якубович А.А. Ядерно-физические методы анализа горных пород / А.А. Якубович, Е.Н. Зайцев, С.М. Пржиялговский. – 3-е изд. – М. : Недра, 1982. – 470 с.
6. Флеров Г.Н. Радиография минералов, горных пород и руд / Г.Н. Флеров, Н.Г. Березина. – М. : Недра, 1979. – 216 с.
7. Барабаш О.М. Особливості поширення радіонуклідів у гірських породах Житомирсько-Кіровоградського індустріального комплексу Українського кристалічного щита / О.М. Барабаш // Вісник ЖІТІ / Технічні науки. – Житомир, 1977. – № 6 / Технічні науки. – С. 202–206.
8. Новиков Г.Ф. Радиоактивные методы разведки / Г.Ф. Новиков, Ю.Н. Калков. – Л. : Недра, 1965. – 204 с.
9. Чураев Н.В. Радиоиндикаторные методы исследования в инженерной геологии и гидрогеологии / Н.В. Чураев, Н.Н. Ильин. – 2-е изд. – М. : Недра, 1977. – 320 с.
10. Бакка М.Т. Радіаційно-токсикологічні властивості декоративно-виробних, напівкоштовних і коштовних каменів / М.Т. Бакка, О.М. Барабаш // Вісник ЖІТІ / Технічні науки. – Житомир, 2002. – № 1 (20) – С. 131–135.

ОЛЯНИЦЬКА Оксана Миколаївна – старший викладач кафедри геотехнологій ім. проф. М.Т. Бакка Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– гірництво;

– екологія гірничого виробництва.

Подано 07.06.2011