

О.М. Барабаш, асист.

Житомирський інженерно-технологічний інститут

**УДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБІВ ВИЗНАЧЕННЯ РАДІОАКТИВНОСТІ
БУДІВЕЛЬНИХ ГІРСЬКИХ ПОРОД***(Представлено доктором технічних наук, професором М.Т. Бакка)**Запропонована методика здійснення радіаційно-гігієнічної оцінки будівельних гірських порід в умовах діючих кар'єрів на основі гамма-каротажу, радіометричного профілювання, детальної гамма-зйомки та літологічного випробовування.*

Враховуючи широке використання будівельного каменю в цивільному, промисловому та житловому будівництві, необхідною є оцінка сировини з позицій довговічності, естетики і впливу каменю на людину та оточуючий світ, оскільки всі гірські породи є радіоактивними.

Необхідно відмітити, що видобування, обробка та використання в будівництві каменю високої міцності (гранітів, гранодіоритів, монцонітів, діоритів та інших) є досить трудомісткими, мають велику вартість, а породи даної категорії характеризуються підвищеним вмістом радіонуклідів, і тому області їх використання повинні бути суворо регламентовані.

В процесі видобування корисних копалин, їх переробки, використання та збагачення, людині приходиться постійно, прямо або побічно, знаходитись з ними в контакті, а тому, враховуючи радіоактивні властивості гірських порід і вплив радіонуклідів на людину та оточуючий світ, при все зростаючих обсягах видобування корисних копалин, однією з актуальних задач гірничої науки та практики є широкомасштабна, проста і доступна, але, в той же час, точна і ефективна, оцінка радіоактивності гірських порід. Першочергово цього потребують підприємства, що видобувають та переробляють будівельні гірські породи та, особливо, природні облицювальні камені.

Необхідно також відмітити, що в процесі видобування та переробки корисних копалин відбувається також інтенсивне розсіювання радіонуклідів у навколишньому середовищі, забруднення атмосфери, гідросфери, пагубний вплив радіонуклідів на людину, тваринний та рослинний світ.

У зв'язку з цим, удосконалення методики і розробки основних принципів виконання робіт з радіаційно-гігієнічної оцінки родовищ будівельних гірських порід має велику актуальність.

Активність радіонуклідів у зразках породи різна. Вона характеризується числом розпадів даного нукліда за одиницю часу та вимірюється беккерелями (Бк) в системі СІ.

Оскільки радіонукліди в породі розсіяні, і в кожному певному її об'ємі число розпадів нуклідів різне, породу оцінюють за питомою активністю радіонукліда, що представляє відношення активності радіонукліда в зразку породи до маси зразка. Питома активність радіонуклідів вимірюється в системі СІ в беккерелях на грам (Бк/г).

Оскільки гірські породи вміщують, як правило, декілька радіонуклідів, із яких найбільш часто зустрічається радій ^{226}Ra , торій ^{232}Th , калій ^{40}K , їх радіоактивність оцінюється за питомою активністю природних радіонуклідів.

Радій є продуктом розпаду урану, а його радіоактивність в $3 \cdot 10^6$ разів більша активності самого урану в рівних масах.

Радій (Ra) – радіоактивний хімічний елемент. Його ізотопи з масовими числами 223, 224, 226 і 228 входять в природні радіоактивні ряди. Найбільш стійким є ^{226}Ra з періодом напіврозпаду близько 1620 років.

Калій – хімічний елемент I групи періодичної системи Д.І. Менделєєва. Один з його ізоотопів ^{40}K є радіоактивним з періодом напіврозпаду $1,39 \cdot 10^9$ років. Радіоактивний ізоотоп калію складає 0,01 % природного калію.

В той же час необхідно відмітити, що калій, як хімічний елемент, є одним із найбільш поширених петрогенних елементів земної кори – 2,5 % (за масою). В магматичних гірських породах вміст калію закономірно зростає зі зростанням їх кислотності.

В незмінених гірських породах і мінералах радій та уран зустрічаються у такому співвідношенні: 1 г радію на 3 т урану. При збереженні продуктів розпаду в природі існує радіоактивна рівновага, яка полягає в тому, що на одну частину урану припадає $3,4 \cdot 10^7$ частин радію.

Торій – радіоактивний хімічний елемент III групи періодичної системи Д.І. Менделєєва, належить до актиноїдів. Природний торій складається головним чином з одного радіоактивного ізоотопу ^{232}Th і чотирьох короткоживучих ізоотопів. Характерною особливістю є те, що кислі породи вміщують торію значно більше, ніж породи з середньою кислотністю, основні та ультраосновні. Уран і торій в значних кількостях концентруються в акцесорних мінералах, таких як: сфен, циркон, піро-

хлор, ксенотим, ортит. Уран може знаходитись в сорбованому стані в фосфатах, лімоніті, цеоліті, алофані, псиломелані та інших мінералах. Повсюдно, де міститься уран, він супроводжується радієм. Калій ^{40}K найбільше концентрується в польових шпатах та слюдах.

Гірським породам різних генетичних типів притаманні свої вмісти радіоактивних матеріалів, так звані кларки.

Для ультраосновних та основних магматичних порід характерні дуже незначні вмісти радіоактивних елементів. Гірські породи середнього складу (андезити, діорити) мають дещо більшу, але все ж низьку, радіоактивність. Породи лужні та кислого складу магматичного походження (граніти, гранодіорити, сієніти, ліпарити) характеризуються більш високою радіоактивністю. Найбільшу мають аляскітові та лейкократові граніти, нефелінові та лужні сієніти, трахіти, трахіліпарити. Спостерігається загальна закономірність зростання вмісту радіонуклідів зі збільшенням кислотності та лужності (калієносності) порід.

Кислі та лужні інтрузивні породи з нормальною та підвищеною радіоактивністю характеризуються нерівномірним розподілом радіонуклідів. Радіоактивність метаморфічних порід залежить від їх складу, метаморфічних перетворень радіогеохімічних особливостей материнських порід. Гірським породам різних стадій метаморфізму властивий вміст радіонуклідів, близький до їх концентрації в материнських породах. У зв'язку з цим, метаморфічні породи, що утворились із кислих магматичних порід (гнейси, сланці), характеризуються високим вмістом радіоактивних елементів. У породах вищих стадій метаморфізму первинні радіогеохімічні особливості нівелюються, і такі породи характеризуються низькими слабозмінюючимися вмістами урану (радію) та торію.

Але серед ультраметаморфічних порід спостерігається збагачення радіоактивними елементами продуктів другої стадії гранітизації та мігматизації.

Радіаційно-гігієнічна оцінка будівельних гірських порід охоплює визначення потужності дози гамма-випромінювання, створюваного радіоактивними елементами гірських порід на місці їх залягання, та встановлення сумарної питомої активності радіонуклідів в породах. Саме за цими двома показниками оцінюється можливість використання будівельних гірських порід для виробництва будівельних матеріалів.

Сумарна ж питома активність радіонуклідів встановлюється за вмістом радіоактивних елементів в породах, що визначаються на основі обробки даних гамма-каротажу, внаслідок гамма-спектрометричних вимірів безпосередньо на покладах гірських порід і різними методами лабораторних досліджень проб порід.

При розвідці нових родовищ обов'язково здійснюється радіаційно-гігієнічна оцінка мінеральної сировини. Але значна частина родовищ розвідана значно раніше, коли не було державних вимог щодо обов'язковості радіаційно-гігієнічної оцінки, і майже всі ці родовища розробляються. У зв'язку з цим, виникає потреба здійснювати радіаційно-гігієнічну оцінку мінеральної сировини в кар'єрах, а тому нами поставлена задача узагальнити кращий досвід виконання радіаційно-гігієнічної оцінки будівельних матеріалів в кар'єрах і дати рекомендації з удосконалення цієї оцінки.

Існує багато способів визначення радіоактивності гірських порід, але перевага, як відомо, надається радіометричним методам, фізичною основою яких слугують такі закономірності розпаду радіоактивних ядер:

при α -розпаді ядро викидає α -частинку, внаслідок чого нуклід, що утворюється, займає в періодичній системі елементів місце на дві клітини лівіше вихідного, а його масове число зменшується на 4 одиниці;

при β -розпаді ядро випускає електрон і знову утворюється нуклід з масовим числом таким же, як і у нукліда, що розпався, з атомним номером на одиницю більшим;

при електронному захваті електрон захоплюється ядром радіонукліда зі своєї оболонки. Нуклід, що при цьому утворюється, займає в періодичній системі елементів місце на клітину лівіше вихідного. В цьому випадку один протон в ядрі вихідного нукліда перетворюється в нейтрон. Місце, що звільнилось в електронній оболонці, заповнюється електронами з другої оболонки, внаслідок чого випускається специфічне випромінювання γ . Найбільш ефективними методами вивчення природної радіоактивності гірських порід слід вважати методи, що базуються на реєстрації γ -випромінювань через їх велику проникну здатність.

Ряд підприємств України накопичили значний досвід радіаційно-гігієнічної оцінки, але найбільш ефективну оцінку можна отримати, на наш погляд, якщо радіаційно-оціночні роботи здійснювати по видах і етапах, що наведені на рис. 1, з дотриманням вимог наперед складеного проекту цих робіт.

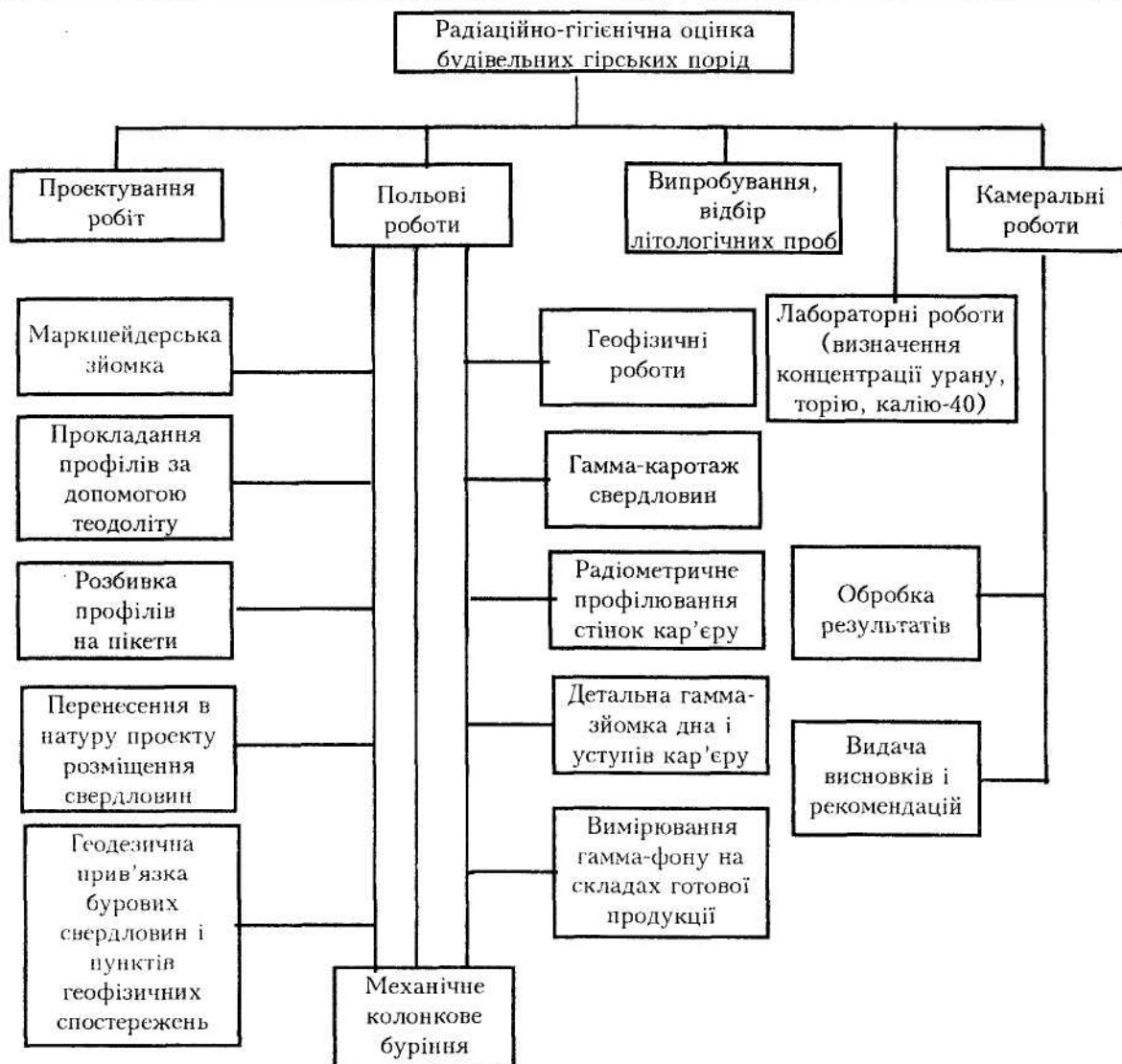


Рис. 1. Структура радіаційно-гігієнічної оцінки будівельних гірських порід

Для планомірного та якісного вивчення кар'єрного поля геофізичними методами та способами буріння необхідний комплекс топо-маркшейдерських робіт. За планово-графічну основу доцільно використовувати маркшейдерський, або топографічний план родовища масштабу 1:1000.

Для виконання детальної гамма-зйомки кар'єру доцільно провішувати паралельні профілі з відстанню між пікетами 10 м.

За маркшейдерським планом необхідно також здійснювати геофізичну прив'язку запроєктованих свердловин колонкового буріння та пунктів геофізичних спостережень, винесення в натуру яких здійснюється тахеометричним способом. Вивчення горизонтів корисної копалини, не розкритих кар'єром, виконується за допомогою буріння свердловин з наступними гамма-каротажем і літохімічним випробуванням керна матеріалу. Свердловини доцільно бурити колонковим буровим верстатом типу УКБ-200/300 з початковим діаметром 93–76 мм і кінцевим – 59 мм до відмітки затверджених запасів. Зміну діаметрів буріння необхідно виконувати після проходження свердловиною вивітраних порід. Осадкові породи, жорстка та каолін розбуваються армованими коронками діаметром 93 і 76 мм з промиванням глинистим розчином і обсадкою ствола свердловини. Буріння свіжих кристалічних порід потрібно здійснювати алмазними коронками діаметром 59 мм з промивкою водою. Вихід керна 80–90 %. По всіх свердловинах потрібно здійснювати детальне порейсовий опис керна (рельси нормальні 1–4 м).

Гамма-каротаж найдоцільніше виконувати польовим радіометром типу СРП-68-03 з точковою реєстрацією радіоактивності по стволу свердловини через 1 м, з безперервним прослуховуванням між точками фіксування вимірів, з деталізацією аномалій, кроком виміру 0,1 м. За результатами вимірів будуються графіки гамма-каротажу.

Радіометричне профілювання стінок кар'єру доцільно виконувати приладом СРП-68-01 по профілях через 10 м із взяттям двох фіксованих вимірів на кожному профілі (один біля підніжжя стінки, другий – на висоті 2,5 м) при безперервному прослуховуванні між точками фіксованих вимірів. В місцях підвищеної радіоактивності порід мережа замірів згущається до 0,2×0,2 м.

Детальна гамма-зйомка дна і уступів кар'єру виконується також приладом СРП-68-01 з безперервним прослуховуванням між точками фіксованих вимірів. В місцях підвищеної або різкозмінної радіоактивності здійснюється згущення мережі спостережень до 5×5 м.

За результатами радіометричного профілювання стінок і детальної гамма-зйомки дна та уступів кар'єру складається план його радіометричної зйомки і зарисовка стінок.

Підприємства, що видобувають будівельні гірські породи, виготовляють з них продукцію масового попиту, як правило, щебінь, відсів, подрібнений пісок, блоки, камінь будовий, шашки, бруківки, бордюри, плити облицювальні тощо.

Досвід свідчить, що вимірювання гамма-фону на складах блоків, тесано-полірованої кам'яної продукції, бруківки, бордюру, шашок є малоефективними. Найбільш ефективним є вимірювання гамма-фону на складах щебеню. При чому, при вимірюваннях потрібно мати не менше 10 відліків у точках біля підніжжя конуса на доступній висоті. Детектор приладу потрібно занурювати у щебінь на глибину не менше 0,7 м.

Літохімічне випробування є основним методом, за результатами якого виконують радіаційно-хімічну оцінку порід. З метою вивчення радіаційної характеристики родовища необхідно виконувати його випробування як по площі (випробування кар'єру), так і на глибину (випробування керна свердловин). Вибір способу випробування залежить від виду корисної копалини, характеру її розподілу, складових елементів, точності та якості використовуваних методів аналізу і отриманих результатів.

При виборі способу випробування необхідно враховувати:

- геологічну будову покладу (простий або складний);
- структуру породи (крупно-, середньо-, дрібнозерниста);
- припущення, що корисна копалина характеризується рівномірним розподілом радіоактивних елементів – урану, торію, калію-40.

Враховування можливих відхилень в розподілі радіоелементів і коригування інтервалів відбору проб необхідно здійснювати за допомогою радіометричних методів.

Випробування необхідно здійснювати по уступах і на дні кар'єру методом пунктирної борозни. Воно виконується одночасно з радіометричним профілюванням стінок і дна кар'єру.

Випробування керна здійснюється після виконання гамма-каротажу. За графіками гамма-каротажу здійснюються визначення аномальних і фонових ділянок розрізу свердловин та намічаються інтервали відбору проб.

На ділянках, що характеризуються високою зміною інтенсивності гамма-випромінювання, виконується суцільне випробування, а на фонових – секціями через 1–5 м. Крім того, доцільно також відбирати проби на складі готової продукції, краще всього – на складі щебеню по 10 проб з кожної фракції.

Визначення вмісту калію-40 виконується методом полуменевої фотометрії, а урану та торію – рентгеноспектральним методом.

Камеральна обробка полягає в систематизації та аналізі польових геологічних і геофізичних матеріалів, а також результатів лабораторних робіт.

За результатами геологічних спостережень доцільно складати геологічні колонки свердловин і розрізи, а також наводити зведені геологічні описи свердловин.

Дані геофізичних спостережень краще відображати на карті радіометричної зйомки кар'єру у вигляді каротажних діаграм на колонках свердловин.

Літохімічне випробування свердловин і кар'єру краще проводити на геологічних колонках свердловин, розрізах, а також на плані випробування.

На основі результатів досліджень, вицесених на всі перераховані вище матеріали, необхідно виділити класи корисної копалини за сумарною питомою активністю природних радіонуклідів.

БАРАБАШ Оксана Миколаївна – асистент кафедри геотехнологій та промислової екології Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

- гірництво;
- екологія.