



## RADIOACTIVE ELEMENTS IN A GEOLOGICAL ENVIRONMENT РАДІОАКТИВНІ ЕЛЕМЕНТИ В ГЕОЛОГІЧНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

**Bondarchuk D.S./Бондарчук Д. С.**

*1st year student/студент 1 курсу*

**Kravchenko Y.S./Кравченко Ю.С.**

*Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor /*

*кандидат сільськогосподарських наук, доцент*

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine/*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

**Анотація.** Радіація має великий вплив на організм людини. Гранично допустима доза для людини була встановлена в 1934 році Міжнародною комісією радіаційного захисту і становить 0,05 рентгена за добу або 18 рентгенів за рік. Норми опромінення змінювалися й надалі декілька разів, але на сьогодні встановлено, що навіть найменша доза може викликати небажані генетичні зміни, при чому ймовірність та суттєвість таких змін прямопропорційно залежить від кількості опромінення. Тому дана стаття має актуальну тему «Радіоактивні елементи у геологічному середовищі». Актуальність даної теми спричинена високим вмістом радіоактивних елементів деякими гірськими породами. Така проблема може мати як і антропогенний характер так і природний. Адже такі елементи як Уран чи Торій накопичуються під час природних метаморфічних перетворень, а такі, як Америцій чи Плутоній потрапляють у літосферу внаслідок діяльності людини, техногенних катастроф. За найбільшою радіоактивністю можна відзначити морські фосфорити, деякі чорні сланці, кістяні залишки риб та буре вугілля. Радіоактивність розчинних солей залежить від вмісту в них Калію.

**Ключові слова:** радіоактивні елементи, гірські породи, співвідношення урану й торію, індикатори, гранітоїди, мінерали кристалічних порід.

**Постановка проблеми.** Радіація є надзвичайно небезпечною для людства. Перевищення гранично допустимої норми опромінення може мати фатальні наслідки. На сьогодні сотні радіоактивних ізотопів містяться в навколишньому середовищі, зокрема в утвореннях літосферного походження. З ними людство контактує щоденно, тому слід знати що спричиняє радіоактивність геологічного середовища, а також які породи становлять найбільшу небезпеку для людини.

На жаль, через техногенне забруднення кількість радіоактивних елементів у ґрунті збільшується, саме тому вивчення та систематизація радіоактивних елементів, що спричиняють небезпеку для людини є основною проблемою даної статті, а також вивчення джерел надходження цих елементів у ґрунт.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Вивченням даної проблеми займалися українські та російські вчені такі, як: В. І. Вернадський, А. П. Виноградов, Д. І. Щербаков, В. І. Баранов, В. І. Герасимовський, Л. В. Комлев, А. І. Тугарінов, Г. В. Войткевич, Ф. А. Алексєєв, Г. Б. Наумов, а також деякі іноземні геологи: Adams, Larsen, Roders, Lovering, Sackett, Rosholt, Husmann, Heier, Davis, Tatsumoto, Vine, а також багато інших спеціалістів.

**Постановка завдання:** дослідження та систематизація отриманих знань про радіоактивні елементи, що знаходяться у навколишньому світі, зокрема в літосфері. Опрацювання матеріалу з метою визначення причин підвищення концентрації радіоактивних елементів та рівня радіації в навколишньому



середовищу.

**Виклад основного матеріалу дослідження:** у сучасному світі носіїв явища радіоактивності, а саме радіоактивних ізотопів, в усіх матеріальних предметах, їх оболонках нараховуються сотні. Взагалі всі хімічні елементи, що знаходяться в періодичній таблиці Д. І. Менделєєва радіоактивні, всі вони мають радіоактивні ізотопи. Деякі з них завжди містилися в об'єктах природного походження, деякі утворювалися внаслідок їх взаємодії з космічним випромінюванням, більша частина радіоактивних елементів утворена як наслідок діяльності людини.

Можна сказати, що радіоактивність є основною властивістю матерії. Радіоактивні ізотопи в різній кількості зустрічаються в усіх матеріальних, природних об'єктах.

Роблячи підсумок робіт та фундаментальних досліджень вищезазначених вчених можна сказати, що радіоактивні елементи можна використовувати у якості «мічених атомів» для розщеплення осадових, метаморфічних порід, магматичних комплексів, визначати умови їх формування, розробляти критерії та ознаки прогнозування та пошуків місць залягання нерадіоактивної сировини.

На сьогодні встановлені основні закономірності поведінки та нагромадження в різних геологічних утвореннях. Наприклад, у ряду зростаючої кремнекислотності-лужності вміст урану та торію збільшується та досягає свого максимуму в лужних гранітах. Саме в них вміст Торію (20%-45%) переважає над вмістом Урану (4,5%-16%).[5]

Мінерали кристалічних порід поділяють на чотири групи в залежності від рівня радіоактивності:

- *Слаборадіоактивні* основні породоутворюючі мінерали, до будови яких входять петрогенні елементи такі, які кремній, кисень, алюміній, наприклад: кварц, польові шпати;

- *Мінерали, що мають нормальну чи слабопідвищену радіоактивність*, наприклад: біотит, амфіболи, піроксени. У своїй будові крім головних петрогенних елементів в кристалічних ґратках вони мають магній, залізо та деякі інші хімічні елементи;

- *Акцесорні й рудні мінерали, що мають підвищений рівень радіації*. Головними елементами в кристалічній ґратці є елементи з пониженим кларком такі, як фосфор чи титан. Наприклад: апатит, флюорит, ільменіт, магнетит та інші;

- *Високорадіоактивні акцесорні мінерали*, в їх кристалічній ґратці містяться елементи з низькими кларками такі, як цирконій, церій чи натрій. Наприклад: циркон, сфен, монацит, ортит.[7]

Серед основних факторів розподілу радіоактивних елементів в породах зазначають розсіяння та нерівномірність розподілу. Найбільший вміст радіоактивних ізотопів відносять до верхньої гранітної оболонки Землі, а також до кислих вивержених порід через збільшення в них кількості кремнезему й калію. За загальним вмістом радіоактивних елементів та радіоактивністю виділяють 4 види гранітів:



• *Слабо-радіоактивні граніти.* Вони мають великий вміст кальцію та натрію, а вміст  $U < 2,3 \cdot 10^{-4}\%$ ,  $Th < 8,10 \cdot 10^{-4}\%$ , торій-уранове співвідношення  $< 3$ . Як правило Торій та Уран зв'язані з породотвірними мінералами. Наприклад: плагіограніт, гранодіорити.

• *Нормально-радіоактивні граніти* торій-уранове співвідношення лежить в межах від 2,5 до 4,5. У породотвірних та акцесорних мінералах радіоактивні елементи містяться майже в однакових кількостях.

• *Підвищено-радіоактивні граніти.* Рівень радіації зумовлений підвищеною концентрацією Торію, радіоактивні елементи в основному зосереджені в акцесорних елементах

• *Високо-радіоактивні граніти* мають підвищену кількість Урану, Торію, Берилію, Молібдену, Вольфраму.  $Th/U > 5,1$ ,  $U - 5,6 \cdot 10^{-4}\%$ ,  $Th - 30,4 \cdot 10^{-4}\%$ . Для даних гранітів характерне розміщення Урану і Торію поза ізоморфними формами.[2]

Можна чітко прослідкувати тенденцію зростання кількості радіоактивних елементів від ранніх магматичних комплексів чи фаз до пізніх, що відображає загальну закономірність збагачення ураном і торієм. Найкращі висновки з геохімії урану в гранітоїдах були зроблені Л. В. Таусоном:

• У гранітоїдах уран міститься майже в усіх мінералах. Одна його частина знаходиться в акцесоріях, інша – може бути віднесена до пороудоутворюючих мінералів;

• У гранітоїдах уран хімічно зв'язані з рідкісноземельними елементами, елементами з близькими іонними радіусами та зарядами;

• У процесі диференціації магматичних осередків гранітоїдного вмісту уран накопичується в пізніх диференціантах;

• Частина урану в гранітоїдах знаходиться у рухомому стані і легко випаровується розчином вуглекислого амонію.[1]

Радіоактивні елементи в магматичних породах є надійним показником геодинамічних обставин їх формування.

Не тільки кількість радіоактивних елементів в природних утвореннях є основним предметом дослідження для науковців, а також важливим показником є співвідношення кількостей урану і торію. Система постійного співвідношення урану і торію виконується в багатьох гірських породах, винятками є утворення хімічного та біогенного, метаморфічного та метасоматичного походження, динамічні природні системи за участі води.

Багато вчених зазначали, що в зонах виявлення гідротермально-метасоматичних процесів збільшується дисперсія в розподіленні радіоактивних елементів.

Також встановлено, що роль індикатору виконують також величини взаємозв'язку радіоактивних елементів з іншими рудними компонентами.

З опрацьованого матеріалу було виявлено, що рудоносні інтрузії мають добре виявлені радіогеохімічні особливості.

Досить високими показниками торій-уранового співвідношення мають комплекси осадових порід.[1]



При формуванні теригенних порід чітко виявлена тенденція збільшення вмісту урану і торію в ряду: конгломерати – гравеліти – пісковики – алевроліти – аргіліти. Радіоактивність теригенних осадових (вміст Урану варіюється від 0,08% до 1,11%) порід близька до радіоактивності магматичних порід. Підвищення рівня радіоактивності підвищується зі збільшенням вмісту глинистого матеріалу. Лише в осадових породах прибережних фацій, а також у породах, багатих на органічні речовини та фосфор ця тенденція порушується. Більшість науковців стверджують прямий зв'язок між вмістом Карбону, Фосфору та Урану, Торію.[4]

Уран, як правило, накопичується на периферійних частинах гранітних інтрузій. Окремі мінерали такі, як глини та глинисті сланці, здатні адсорбувати з навколишнього середовища радіоактивні елементи та ізотопи, внаслідок цього підвищується їхня радіоактивність.[3]

З вивченого матеріалу можемо зазначити, що підвищена радіоактивність таких осадових гірських порід, як пісковики залежить від наявності в них акцесорних радіоактивних мінералів.

Максимальна кількість урану фіксується в породах, в яких карбон знаходиться в формі асфальтитів, керитів, антраксолитів, за участі яких формуються породи чорносланцевої формації, які характеризуються не лише високою радіоактивністю, а й великим вмістом благородних і рідкісних металів.

Вугільні породи та вугілля лише в деяких випадках мають високий вміст урану, а тим паче торію, а отже й високу радіоактивність. Їх наявність обумовлюється окисненням вугілля. У таких утворах відсутній прямий зв'язок між радіоактивними елементами та органічними речовинами.

Наявність високого торій-уранового співвідношення в осадових товщах може свідчити про високий ступінь зрілості кори, що піддавалась інтенсивній льодовиковій переробці.[5]

Таблиця 1

Групи й типи порід	Уран, 10 <sup>-4</sup> %	Торій, 10 <sup>-4</sup> %	Торій/Уран
<b>Карбонатні</b>			
Вапняки	1,6	1,8	1,1
Мергелі	2,8	2,5	0,9
Доломіти	3,7	2,8	0,8
Бітумінозні вапняки	7,8	11,9	1,5
<b>Соленосні</b>			
Ангідриди	1,0	1,0	1,0
Кам'яна сіль	0,9	1,0	1,1

Джерело: [5]

Концентрація Урану і Торію у навколишньому середовищі визначається не лише природними факторами, а й техногенними. При цьому величина співвідношення урану і торію стає вельми інформативним показником ступеня техногенної трансформації природи.



Ґрунти, що знаходяться поза зоною техногенного впливу мають торій-уранове співвідношення коливається близько 3-4,5. В зоні техногенної трансформації ґрунтів даний показник значно знижується. Торій-уранове співвідношення відхиляється від норми також в зонах їх перетворення під впливом променів від покладів вуглеводнів, що знаходяться на глибині декількох кілометрів.[1]

Внаслідок випробування ядерної зброї, розвитку ядерної енергетики, починаючи з 1945 року в усіх природних середовищах з'явилися нові, раніше невідомі в природі радіоактивні елементи та їх ізотопи, наприклад: технецій, прометій, плутоній, америцій. Раніше дані елементи могли бути знайдені лише в деяких точках на планеті, зокрема в місцях де 2 мільярди років тому функціонували природні ядерні реактори. Випробування ядерної зброї призвели до значної зміни геохімічного складу геосферних оболонок.

За даними вивчених матеріалів можемо зробити висновок, що рівень накопичення радіоактивних елементів у навколишньому середовищі зріс у 2-3 рази.

За даними вивчених матеріалів було виявлена середній вміст у літосфері радіоактивних, що являють собою велику небезпеку для життя та життєдіяльності людини:[4, 6]

Таблиця 2

№	Символ елемента	В земній корі	У воді океанів	У біосфері	В атмосфері
1	C	0,023	$2,8 \cdot 10^{-3}$	18,0	0,0151
2	P	0,093	$7 \cdot 10^{-6}$	0,07	-
3	Sr	0,034	$8 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-3}$	-
4	Cs	$3,7 \cdot 10^{-4}$	$3,7 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-5}$	-
5	Th	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-9}$	сліди	-
6	U	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-7}$	$10^{-4}$	-
7	Th	$5 \cdot 10^{-10}$	-	-	-
8	Pm	$10^{-18}$	-	-	-
9	Pu	$3 \cdot 10^{-22}$	-	-	-

Джерело: [4][6]

Одна з наймасштабніших катастроф – вибух 4 реактору ЧАЕС. Через декілька десятиліть короткоживучі та середньоживучі елементи розпалися, а довгоживучі Стронцій та Цезій частково розпалися, а також мігрували з поверхні до більш глибоких горизонтів, чи перенесені в озера та річки в наслідок ерозійних процесів.

Не менш масштабна проблема полягає у випробуваннях ядерної зброї на полігонах Іраку, Ірану, Пакистану чи Індії. Проблема полягає у високій концентрації Плутонію й Америцію. На даний момент ситуація з ґрунтом на полігонах визначається концентрацією радіоактивних елементів. Плутоній й



Америцій є довгоживучими елементами з  $\alpha$ -випромінюванням. На цих територіях спостерігаються також й інші геохімічні аномалії. Як правило вони виникають через різницю співвідношень Урану у природному середовищі.[7]

На жаль, забруднення навколишнього середовища цими елементами не досить добре вивчене. Насамперед не визначений глобальний рівень їх осадження на поверхні ґрунту.

**Висновки:** радіоактивність природних утворів навколишнього середовища зумовлена наявністю в них радіоактивних елементів таких, як Урану, Торію, а також Америцію, Плутонію. У відсотковому співвідношенні для бокситів –  $U=8 \cdot 10^{-4}\%$ ,  $Th=42 \cdot 10^{-4}\%$ , бентонітів –  $U=5 \cdot 10^{-4}\%$ ,  $Th=24 \cdot 10^{-4}\%$ . Найбільшим рівнем радіації відзначаються морські фосфорити  $50-300 \cdot 10^{-4}$ , деякі чорні сланці  $100-10^{-4}$ , кістяні залишки риби та буре вугілля. Серед розчинних солей радіоактивність варіюється в залежності від вмісту в них Калію.

### Список літератури

1. Л. П. Ріхванов, С. І. Арбузов, Н. В. Барановська, А. В. Волостнов, Т. А. Архангельська, А. М. Межибор, В. В. Берчук, Л. В. Жорняк, Ю. Л. Замятіна, А. Ю. Іванов, А. В. Таловська, С. С. Шатілова, Є. Г. Язиков [Електронний ресурс]: стаття «Радиоактивные элементы в окружающей среде» наукового журналу для студентів «Известия Томского политехнического университета». Режим доступу: <https://cyberleninka.ru/article/n/radioaktivnye-elementy-v-okruzhayushey-srede/viewer>

2. Радіоактивність гірських порід [Електронний ресурс]: за даними науково-дослідницької статті для ознайомлення та вивчення учбового порталу Helpiks. Режим доступу: <https://helpiks.org/3-96821.html>

3. Радіоактивність гірських порід [Електронний ресурс]: за даними статті електронної енциклопедії Wikipedia від 23 серпня 2015 року. Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B4%D1%96%D0%BE%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C%D0%B3%D1%96%D1%80%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D1%85%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B4>

4. Мала гірнича енциклопедія/ [В.С.Білецький, В.С.Бойко, С.Л.Букін, Г.І.Гайко, А.Ю.Дриженко та ін.]; за ред. В.С. Білецького. – [1 том]. – Донецьк : Донбас, 2004. – 640 с.

5. Геохімічні та петрологічні особливості лужних гранітоїдів українського щита/ О.В. Дубина, С.Г. Кривдік; Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, Київ – 2014. – 12с. – ISSN 0367-4290. Геологічний журнал. №3 (348)

6. Актиноїди [Електронний ресурс]: за даними статті електронної енциклопедії Wikipedia від 28 травня 2019 року. Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D1%97%D0%B4%D0%B8>

7. Акцесорні мінерали [Електронний ресурс]: за даними статті електронної енциклопедії Wikipedia від 29 червня 2013 року. Режим доступу: <https://uk.m.wikipedia.org/wiki/%D0>



%90%D0%BA%D1%86%D0%B5%D1%81%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%96  
%D0%BC%D1%96%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D0%BB%D0%B8

***Abstract.** Radiation has a great impact on the human body. The maximum permissible dose for a person was established in 1934 by the International Commission for radiation protection and is 0.05 x-rays per day or 18 x-rays per year. Radiation standards have changed several times in the future, but today it is established that even a small dose can cause undesirable genetic changes, and the probability and significance of such changes directly depends on the amount of exposure. Therefore, this article has a topical topic "Radioactive elements in the geological environment". The relevance of this topic is caused by the high content of radioactive elements in some rocks. This problem can be either anthropogenic or natural. After all, elements such as Uranium or Thorium accumulate during natural metamorphic transformations, and such as Americium or Plutonium fall into the lithosphere due to human activity, man-made disasters. The greatest radioactivity can be noted marine phosphorites, some black shale, fish bone remains and brown coal. The radioactivity of soluble salts depends on the content of Potassium in them.*

***Key words:** radioactive elements, rocks, the ratio of uranium and thorium, indicators, granitoids, minerals of crystalline rocks.*

Статья отправлена: 03.04.2020р.

© Бондарчук Д.С.