

## ÜHEST RADIOAKTIIVSETE ISOTOOPIDE KASUTAMIS- VOIMALUSEST PÕLEVKIVI RIKASTAMISE AUTOMATISEERIMISEL

I. BRAUN

Käesolevas uurimuses vaadeldava küsimuse käsitlemisel on lähtutud põlev- ja lubjakivi keemilisest koostisest ning mõningatest tuumafüüsika seaduspärasustest.

Radioaktiivsete kiirgustega kiiritamisel on oluline teada, millistest keemilistest elementidest kiiritatav objekt koosneb ja millised on nende elementide aatomite kontsentratsioonid. Et põlevkivi ja tema peamine aheraine — lubjakivi — sisaldavad mõningaid elemente ainult tühistes kogustes, mis kiirguse neeldumisele olulist mõju ei avalda, siis on käesolevas uurimuses arvestatud ainult nn. makroelemente, milledest 15 suuremates kaalulistes kogustes esinevat on ära toodud tabelis 1 [1,2].

Tabelis 2 on esitatud põlevkivis ja lubjakivis suuremates kogustes esinevate elementide aatomite kontsentratsioonid, kusjuures põlevkivi tiheduseks on võetud 1,5 ja lubjakivi tiheduseks 2,2 g/cm<sup>3</sup>.

Tabel 1

Põlevkivi ja lubjakivi  
protsentuaalne koostis kaaluliste  
koguste järgi

Elementid	Põlevkivis	Lubjakivis
O	32,2	44,72
Ca	19,3	30,8
C	31,4	14,99
Si	5,9	3,39
Mg	0,07	0,95
Al	1,75	0,9
H	3,07	0,67
K	1,39	0,66
Fe	0,8	0,46
S	0,6	0,1
Ti	0,12	0,07
Na	0,16	0,06
Cl	0,27	0,06
N	0,17	0,03
Mn	0,15	0,02

Tabel 2

Põlevkivis ja lubjakivis  
leiduvate tähtsamate keemiliste  
elementide keskmised  
kontsentratsioonid

Elementid	Põlevkivi, N·10 <sup>-24</sup>	Lubjakivi, N·10 <sup>-24</sup>
O	0,018206	0,037118
Ca	0,004356	0,010196
C	0,023654	0,016561
Si	0,001902	0,001603
Mg	0,000026	0,000519
Al	0,000587	0,000443
H	0,027549	0,008819
K	0,000322	0,000224
Fe	0,000130	0,000109
S	0,000163	0,000041
Ti	0,000023	0,000019
Na	0,000053	0,000035
Cl	0,000069	0,000022
N	0,000110	0,000028
Mn	0,000025	0,000005
Σ	0,077180	0,075742

Tabelitest 1 ja 2 näeme, et lubjakivis ja põlevkivis domineerivad põhiliselt O, Ca, C, Si ja H. Teistel elementidel on väiksem osatähtsus.

Tabeli 2 andmete põhjal põlevkivi ja lubjakivi kohta arvutatud n.ö keskmistest massiarvudest

$$A_{\text{põlevkivi}} = 11,4081$$

$$A_{\text{lubjakivi}} = 12,9920$$

näeme, et erinevus nende vahel on võrdlemisi väike. See näitab, et põlevkivi ja lubjakivi massineeldumiskoeffitsiendid erinevad teineteisest võrdlemisi vähe, ükskõik missuguse energiaga gammakiirgust kasutada [3]. Ka lineaarsete neeldumiskoeffitsientide erinevus on võrdlemisi väike, sest põlevkivi tihedus kõigub 1,3 ja 1,8 g/cm<sup>3</sup> vahel, kusjuures lubjakivi tihedus on üle 2, kõikudes tavaliselt 2,1 ja 2,4 vahel.

Põlev- ja lubjakivi massineeldumiskoeffitsientide väärtuste  $\frac{\mu}{\rho}$  leidmiseks on kasutatud lihtsustatud seost [4]

$$\frac{\mu}{\rho} = K_1 \left( \frac{\mu}{\rho} \right)_1 + K_2 \left( \frac{\mu}{\rho} \right)_2 + \dots + K_n \left( \frac{\mu}{\rho} \right)_n \quad (1)$$

kus  $\left( \frac{\mu}{\rho} \right)_1, \left( \frac{\mu}{\rho} \right)_2, \dots, \left( \frac{\mu}{\rho} \right)_n$  on liitainne koostisse kuuluvate üksikute elementide massineeldumiskoeffitsiendid ja  $K_1, K_2, \dots, K_n$  nende keemiliste elementide esinemise suhtelised kaalud vaadeldavas liitaines.

Lihtsustatud seose paikapidavuse kontrollimiseks mõõdeti eksperimentaalselt põlev- ja lubjakivi massineeldumiskoeffitsiendid, kasutades selleks gammakiirgust energiaga 1,3 MeV. Tulemused on esitatud tabelis 3 lisaks teoreetilistele tulemustele.

Tabel 3  
Põlevkivi ja lubjakivi massineeldumiskoeffitsientide  
arvulised väärtused\*

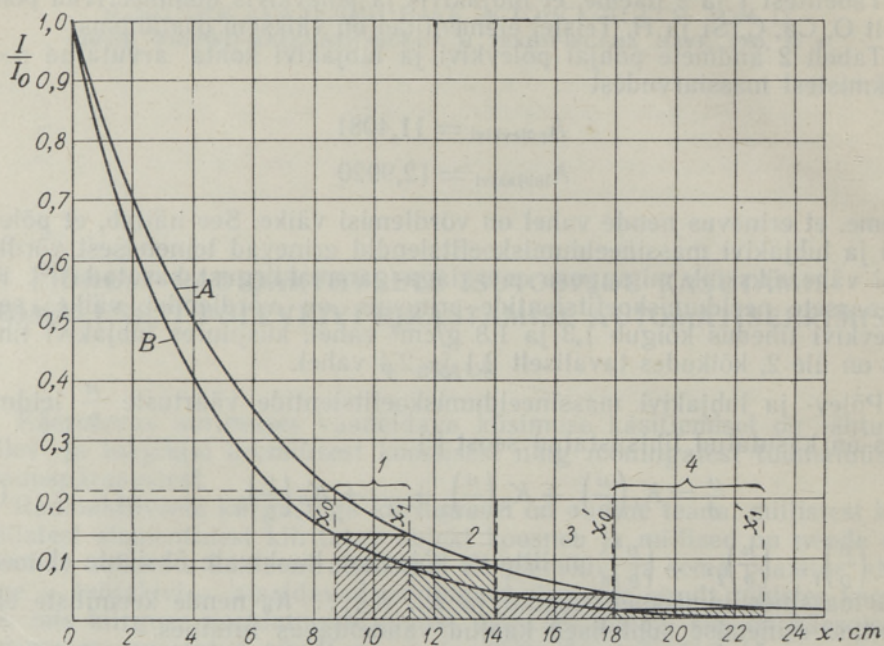
Energia, MeV	Põlevkivi $\frac{\mu}{\rho}$ , cm <sup>2</sup> /g	Lubjakivi $\frac{\mu}{\rho}$ , cm <sup>2</sup> /g	Tulemuse saamise meetod
0,5	0,117780	0,102561	Teoreetiline
1,0	0,085808	0,070819	" "
1,3	0,076884	0,063454	" "
1,3	0,077041	0,060868	Eksperimentaalne

\* Elementide massineeldumiskoeffitsiendid on võetud B. M. Zlobinski teosest [5].

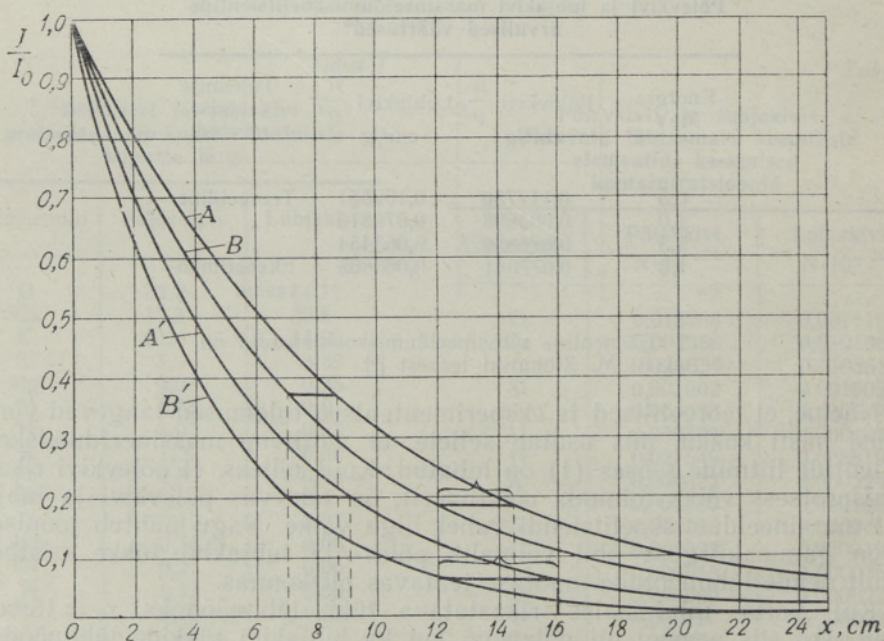
Näeme, et teoreetilised ja eksperimentaalsed tulemused langevad võrdlemisi hästi kokku, mis osutab sellele, et aditiivne massineeldumiskoeffitsientide liitmine seoses (1) on lubatud. Kuid selleks, et põlevkivi rikastamisprotsess võiks toimuda efektiivselt, on erinevus põlevkivi ja lubjakivi massineeldumiskoeffitsiendi vahel liiga väike. Nagu nähtub jooniselt 1, on gammakiirguse abil võimalik põlev- ja lubjakivi tükke eristada ainult nende läbimõõtude muutuse teatavas piirkonnas.

Kui võtta minimaalse rikastatava tüki läbimõõduks  $x_0 = 15$  cm (joon. 1), siis peavad nii põlevkivi kui ka lubjakivi tükkide läbimõõdud olema vahemikus 15—19 cm, et rikastamine oleks veel teostatav; piirkonna ulatus on seega ainult 19 — 15 = 4 cm. Kiirguse intensiivsus aga muutub seejuures piirkonnas  $0,0703 I_0 \div 0,0137 I_0$ .





Joon. 1. Gammakiirguse intensiivsuse muutumine põlevkivis (A) ja lubjakivis (B).



Joon. 2. Kalgi (A, B; 1,3 MeV) ja pehme (A', B'; 0,5 MeV) gamma-kiirguse intensiivsuse muutumine põlevkivis (A, A') ja lubjakivis (B, B').

Jooniselt 1 nähtub, et kui minimaalse tüki läbimõõt  $x_2 = 19$  cm, laieneb rikastatavate kivimitükkide läbimõõtude lubatav muutumise piirkond ning rikastamine muutub efektiivsemaks. Järelikult suureneb rikastamisprotsessi efektiivsus põlevkivi või lubjakivi minimaalse tüki läbimõõdu suurenemisega. Tavaliselt kõiguvad rikastatavate tükkide läbimõõdud kaevanduses 0—500 mm. Nii ulatuslikes piirides ei ole võimalik gammakiirguse neeldumise järgi eristada põlevkivi lubjakivist, sest kui näiteks valida kivimitükkide läbimõõdud selliselt, et  $x_1 = 500$  mm, siis minimaalse kivi-  
mitüki läbimõõt  $x_0$  on kusagil 0—500-millimeetrise piirkonna keskosas.

Rikastatavate kivimitükkide läbimõõtude muutuse lubatav piirkond laieneb ning rikastamine muutub efektiivsemaks, kui kasutada väiksema energiaga gammakvante (vt. joon. 2). Praktiliselt aga on pehme gammakiirguse kasutamine raskendatud.

1. Oleks tarvis väga suure intensiivsusega kiirgusallikaid.
2. Suure intensiivsusega kiirgusallikate puhul langeks loendajale liiga suure intensiivsusega kiirgus, kui kiirgusvihus ei ole neelavat objekti. See aga muudab loendaja ea tunduvalt lühemaks. Kaitsesüsteemi konstrueerimine oleks aga liiga keerukas.
3. Käesoleval ajal on raske saada küllalt pika poolestusperioodiga pehme gammakiirguse allikaid.

Järelikult saab gammakiirgust põlevkivi rikastamiseks kasutada eespool vaadeldud viisil ainult siis, kui rikastatavad kivimitükid on eelnevalt läbimõõtude järgi selekteeritud vastavatesse gruppidesse. Ühte gruppi kuuluva minimaalse kivimitüki läbimõõt ei saa seejuures olla nullile kuivates lähedal. Praktiliselt seda ei olegi tarvis.

Kokku võttes võib öelda, et põlevkivi rikastamine radioaktiivsete isotoopide abil on füüsikaliseist seisukohast lähtudes täiesti reaalne, kusjuures tööstuslikus ulatuses on see rakendatav ainult suuremate kivimitükkide puhul. Enam-vähem kinnitavad seda ka katsed, mis tehti NSVL TA Põlevate Kaeviste Instituudis radioaktiivsete isotoopide abil kivisöe rikastamise võimaluse uurimisel [4,6].

## KIRJANDUS

1. П. Когерман, К. Лутс, И. Хюссе, Химия эстонских сланцев, М.—Л., 1934.
2. С. С. Бауков, Закономерности вещественного состава горючего сланца прибалтийского сланцевого бассейна, ENSV TA Geol. Inst. uurimused II, 1958.
3. К. К. Аглинцев, Дозиметрия ионизирующих излучений, М., 1957.
4. В. Д. Горошко, Исследование ослабления интенсивности гамма-лучей при прохождении через уголь, Изв. АН СССР. Отд. техн. наук, Металлургия и топливо, № 1, 1959.
5. Б. М. Злобинский, Безопасность работ с радиоактивными веществами, М., 1958.
6. В. Д. Горошко, Применение радиоактивных излучений для решения некоторых задач углеобогащения. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, М., 1957 (Академия наук СССР, Институт горючих ископаемых).



## ОБ ОДНОЙ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБОГАЩЕНИЯ СЛАНЦА

И. Браун

*Резюме*

Работа посвящена исследованию одной из возможностей применения изотопов для обогащения сланца. Вычисляются некоторые характеристики для сланца и известняка (элементный состав, линейные и массовые коэффициенты поглощения и т. д.) и приводятся некоторые ориентировочные вычисления величины кусков сланца для случаев, когда обогащение можно провести при помощи радиоактивных изотопов.

Расчеты показали, что по поглощению одного пучка гамма-лучей различить сланец от известняка в широком диапазоне величины кусков невозможно. Это возможно только в некотором узком диапазоне величины кусков, примерно от 15 до 19 см. Однако при применении мягких гамма-лучей этот диапазон расширяется.

Автор считает, что при промышленном обогащении эффективное различение сланца от известняка возможно только при крупных размерах кусков.

*Институт кибернетики  
Академии наук Эстонской ССР*

Поступила в редакцию  
17. III 1960

## A POSSIBILITY OF UTILIZING RADIOACTIVE ISOTOPES FOR THE AUTOMATION OF THE CONCENTRATION OF OIL SHALE

I. Braun

*Summary*

The paper deals with one of the possibilities of utilizing isotopes for the concentration of oil shale. The author presents the computations of some characteristics of oil shale and limestone (the chemical composition according to elements, the linear and mass-absorption coefficients, etc.) as well as some approximate computations of the size of the pieces of oil shale in the cases in which concentration can be effected with the aid of isotopes.

Calculations have shown that at the absorption of one beam of gamma rays it is impossible to distinguish oil shale from limestone if the range of sizes of the pieces is wide. This is possible only at a certain narrow range of the size of pieces — approximately from 15 to 19 cm. At the application of soft gamma-rays, however, the range becomes wider.

According to the author's opinion, at the industrial concentration of oil shale the distinction between oil shale and limestone can be made only in the case of large-sized pieces.

*Academy of Sciences of the Estonian S.S.R.,  
Institute of Cybernetics*

Received  
March 17th, 1960