

OKREŚLANIE ZAILENIA SKAŁ NA PODSTAWIE METODY  
PROFILOWANIA GAMMA

UKD 550.835:539.166:549.623.9:552.513+552.52+552.54

W wielu zagadnieniach geofizyki wiertniczej konieczna jest znajomość stopnia zailenia skały. Zadanie to rozwiązuje się za pomocą analiz laboratoryjnych lub interpretacji krzywych potencjałów polaryzacji naturalnej i krzywych natężenia promieniowania gamma.

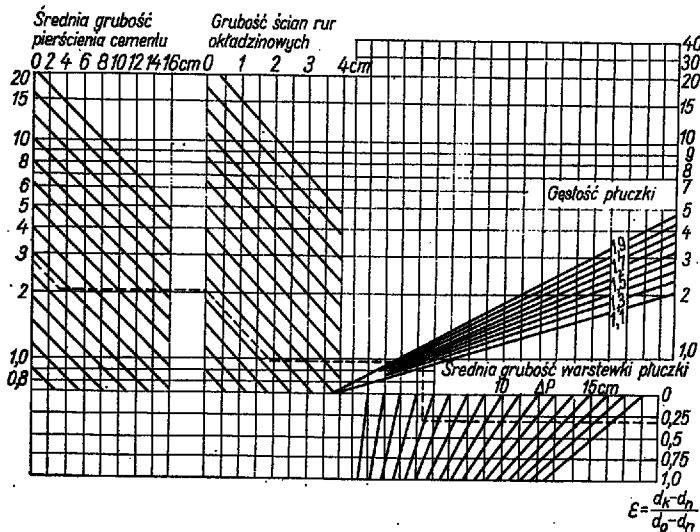
Możliwość wyznaczenia zailenia skał na podstawie metody profilowania gamma opiera się na korelacyjnym związku, jaki zachodzi między zaileniem skał osadowych a ich promieniotwórczością. Opierając się na wynikach wielu badań stwierdzić można, iż dla skał piaskowcowo-ilastych i węglanowych (nie zawierających domieszek glaukonitu, monacytu oraz innych pierwiastków o podwyższonej promieniotwórczości) charakterystyczny jest wzrost radioaktywności ze wzrostem zawartości materiału ilastego i stopnia dyspersji. Przy uogólnianiu wyników posługujemy się zwykle parametrem  $\Delta J_\gamma$  zamiast natężenia  $J_\gamma$ ; parametr ten można wyrazić następującym wzorem:

gdzie:

$$\Delta J_\gamma = \frac{J_\gamma(x) - J_\gamma(C_{gl} = 0\%)}{J_\gamma(C_{gl} = 100\%) - J_\gamma(C_{gl} = 0\%)}$$

- $J_\gamma(x)$  — wartość natężenia promieniowania gamma naprzeciw badanej warstwy
- $J_\gamma(C_{gl} = 0\%)$  — wartość natężenia promieniowania gamma w warstwie czystego piaskowca lub wapienia, dla której zawartość ilów wynosi 0%,
- $J_\gamma(C_{gl} = 100\%)$  — wartość natężenia promieniowania gamma naprzeciw warstwy grubej ilów, w której koncentracja  $C_{gl}$  wynosi 100%.

Przyjęcie parametru  $\Delta J_\gamma$  zmniejsza wymagania stawiane co do dokładności pomiarów i częściowo eliminuje wpływ indywidualnych cech aparatury radiometrycznej. Przy obliczaniu tego parametru naprzeciw badanej warstwy i horyzontów porównaw-



Ryc. 1.  
Fig 1.

czych wskazania powinny być sprowadzone do jednakowych warunków pomiarowych. Jeżeli miąższość badanej warstwy nie jest dostatecznie duża

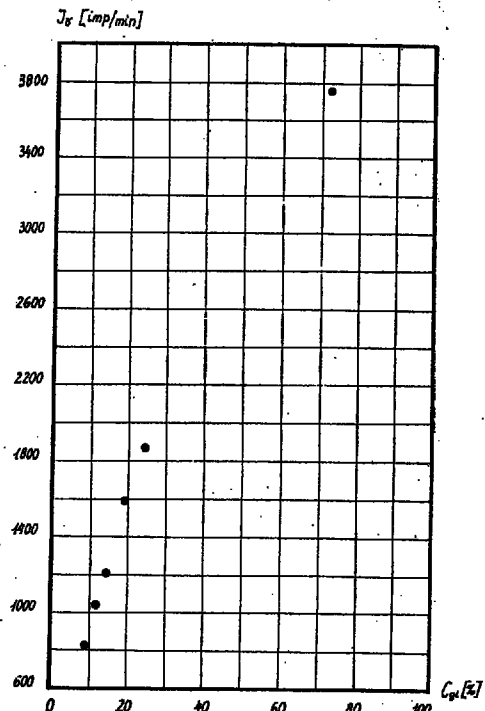
$$\left( h < \frac{4 \nu \tau}{3600} \right)$$

to do wartości natężenia promieniowania gamma należy wprowadzić poprawkę związaną z inercją aparatury, spowodowaną prędkością przesuwania aparatury w odwiercie i stałą czasową  $\tau$  (zamiana anomalii dynamicznej na statyczną), (8). Oprócz tego należy uwzględnić poprawkę związaną z następującymi parametrami:

- a) średnicą otworu wiertniczego i średnicą sondy pomiarowej,
- b) gęstością płuczki,
- c) grubością ścian rur okładzinowych,
- d) grubością pierścienia cementowego,
- e) promieniotwórczością płuczki i cementu,
- f) położeniem sondy w odwiercie (zwykle ekscentryczne).

Poprawkę tę oblicza się za pomocą specjalnych nomogramów podanych w literaturze fachowej (ryc. 1), (2).

W niniejszym artykule zamieszczono analizę określania zailenia skał węglanowych na podstawie krzywych profilowania gamma, wykonanych w odwiercie na terenie Grzybowa.



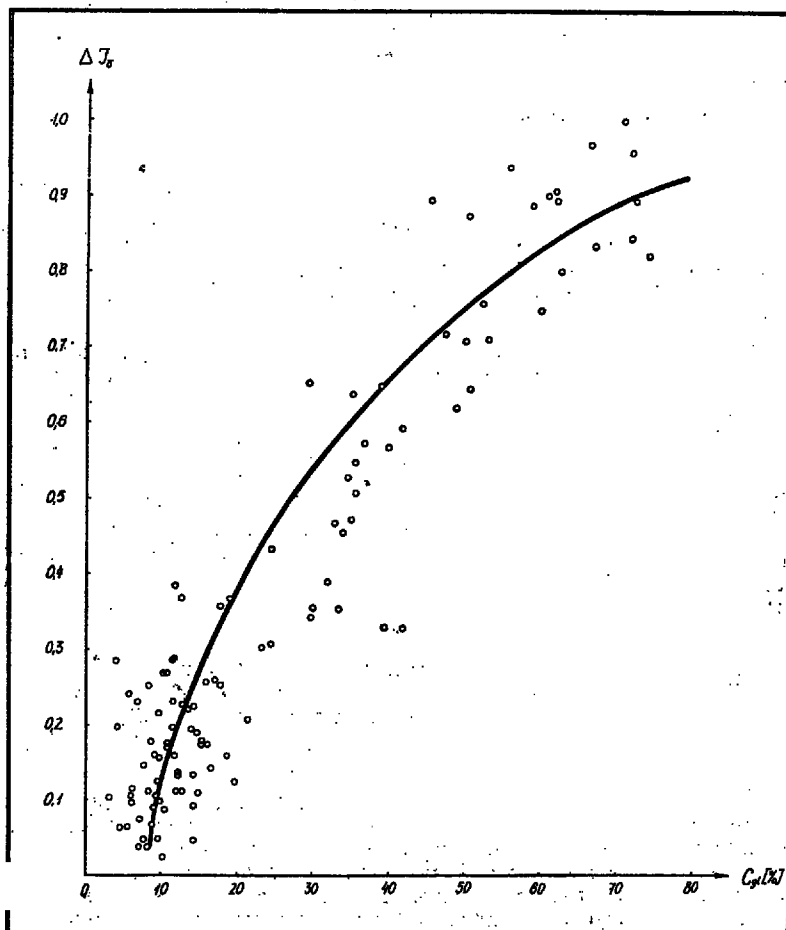
Ryc. 2. Wykres zależności  $J_\gamma = f(C_{gl})$  dla odwiertu D-190.

Fig. 2. Diagram of dependence  $J_\gamma = f(C_{gl})$  for bore hole D-190.

## ODWIERT D-190

Aparatura pomiarowa typu: NGGK-57  
Sonda typu: SRS-2 nr 43

Odcinek pomiarowy	h [m]	$J_r$ [imp/min]	$\Delta J_r$	Rdzeń		$C_{gl}$ [%]	Wartość średnia $C_{gl}$	$k \cdot \Delta J_r$
				%	typ			
190,3—191,3	1,0	3750	0,89	74	A	72,35 74,41 70,02	72,26	0,623
193,4—195,2	1,8	1200	0,268	69	B	9,10 11,19	10,14	0,188
195,75—197,75	2,0	820	0,176	86	A	8,1 8,93	8,51	0,123
199,2—201,0	1,8	1042	0,23	79	C	14,98 16,08 1,25 6,77 18,72	11,55	0,161
204,5—208,2	3,7	1594	0,365	92	B	20,4 14,09 20,26 21,25 18,07	18,81	0,256
208,55—210,75	2,2	1860	0,43	92	B	24,23	24,23	0,301



Ryc. 3. Wykres zależności  $\Delta J_r = a \cdot \log_b C_{gl}$   
Fig. 3. Diagram of dependence  $\Delta J_r = a \cdot \log_b C_{gl}$

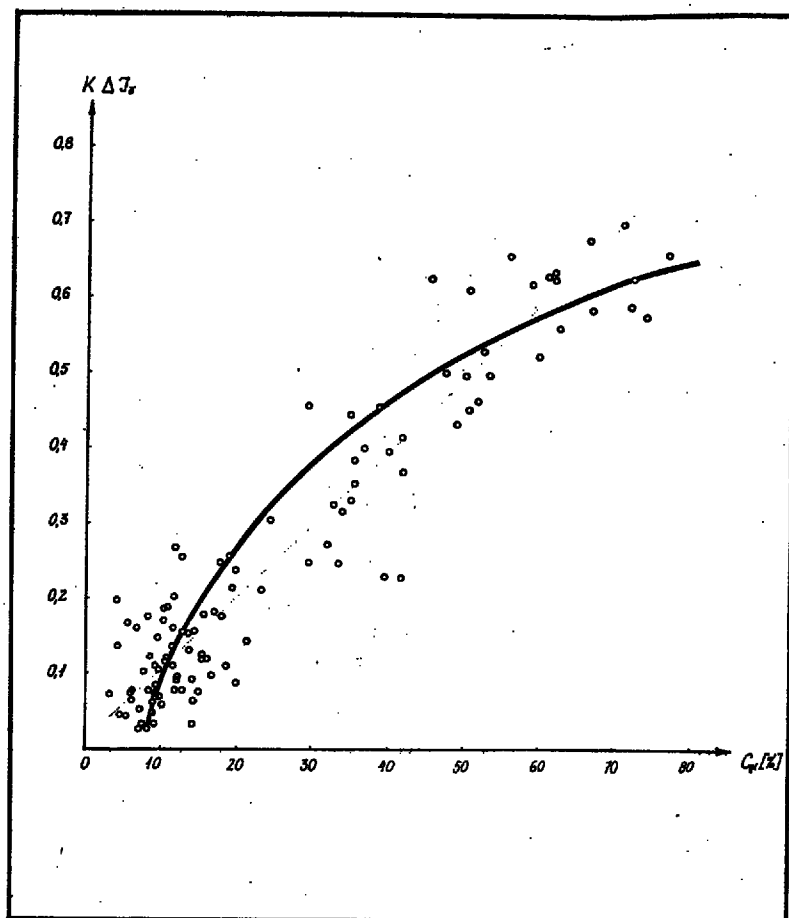
KRÓTKI OPIS GEOLOGICZNY  
REJONU BADAŃ

Na łupkach i kwarcytach kambru leży wapień muszlowy triasu. Powierzchnia wapienia muszlowego oraz kajpru jest zerodowana i zapada na E pod kątem 1°. To samo zapadanie zachowują osady mioceńskie. Serie miocenu dostosowują się do powierzchni erozyjnej triasu, powtarzając jej kulminacje i depresje. Do serii mioceńskiej należą:

warstwy podlitotamniowe,  
wapień litotamniowe,  
warstwy baranowskie, } torton-  
seria gipsowa,  
iły pektenowe.

Na tortonie występuje sarmat, reprezentowany przez iły krakowieckie o miąższości ok. 140 m. Ponad nim zalega czwartorzęd. Tortońska seria gipsowa składa się z dwóch głównych elementów litologicznych: z gipsów i wapieni osiarkowanych. Wapień (w poziomie) zajmują centralną część badanego obszaru, otoczone są strefą, w której spotyka się zarówno wapień, jak i gipsy, w miarę oddalania się od strefy wapieni ilość gipsów wzrasta (6).

Dane zamieszczone w pracy pochodzą z mioceńskiej serii gipsowej, obejmującej strefę wapieni osiarkowanych. Do obliczenia zależności  $J_r = f(C_{gl})$ , posłużono się wykresami krzywych gamma, pochodzących z 25 otworów wiertniczych.



Lp.	Wartość $\Delta J_\gamma$	Wartość średnia $C_{gl}$ [%]	Lp.	Wartość $\Delta J_\gamma$	Wartość średnia $C_{gl}$ [%]
1	0,14	16,58	32	0,113	6,24
2	0,107	14,98	33	0,25	8,18
3	0,387	31,87	34	0,104	6,02
4	0,3	23,15	35	0,896	60,89
5	0,158	9,1	36	0,902	61,85
6	0,305	19,26	37	0,646	38,61
7	0,565	39,81	38	0,229	6,9
8	0,089	9,05	39	0,186	14,68
9	0,616	48,88	40	0,366	12,55
10	0,173	10,9	41	0,222	14,33
11	0,144	7,73	42	0,964	66,22
12	0,166	10,72	43	0,47	34,9
13	0,884	58,75	44	0,258	17,07
14	0,996	70,72	45	0,156	11,69
15	0,339	19,62	46	0,464	32,64
16	0,65	29,27	47	0,104	9,28
17	0,89	45,2	48	0,11	8,43
18	0,35	33,3	49	0,135	12,12
19	0,754	52,3	50	0,326	41,9
20	0,171	16,05	51	0,09	14,25
21	0,204	21,31	52	0,327	39,44
22	0,707	53,02	53	0,124	19,75
23	0,382	11,74	54	0,072	7,15
24	0,545	35,18	55	0,103	3,3
25	0,287	11,56	56	0,11	12,73
26	0,283	4,00	57	0,11	11,98
27	0,239	5,73	58	0,046	14,23
28	0,87	50,14	59	0,024	10,48
29	0,935	55,65	60	0,037	8,18
30	0,25	17,8	61	0,037	7,07
31	0,268	10,75	62	0,049	7,79

Ryc. 4. Wykres zależności  $k \cdot \Delta J_\gamma = f(C_{gl})$ Fig. 4. Diagram of dependence  $k \cdot \Delta J_\gamma = f(C_{gl})$ 

Pierwszą czynnością przy rozwiązywaniu powyższego problemu było wydzielenie horyzontów z krzywej gamma, dla których określano wartości  $J_\gamma$ , uwzględniając uwagi zamieszczone na początku artykułu. Wydzielając granice poszczególnych warstw, kierowano się korelacją z załączonymi profilami geologicznymi. Wartości  $C_{gl}$  odpowiadające poszczególnym warstwom (przykładowo podana tab. I dla otworu D — 190) obliczono na podstawie analiz chemicznych, mając podane procentowe zawartości siarki i  $CO_2$ .

Po obliczeniu procentowej zawartości materiału ilastego oraz wyznaczeniu natężenia promieniowania gamma dla odpowiednich horyzontów sporządzono wykresy  $J_\gamma = f(C_{gl})$  (ryc. 2). Następnie posługując się parametrem  $\Delta J_\gamma$  naniesiono punkty wyznaczone dla 25 odwiertów (tab. II; ryc. 3). Na ryc. 3 można zauważyć, iż punkty nie są beładnie rozrzucone, lecz układają się wzdłuż pewnej krzywej, którą można aproksymować w pierwszym przybliżeniu funkcją logarytmiczną:

$$\Delta J_\gamma = a \cdot \log_b C_{gl}$$

Przy obliczaniu parametru  $\Delta J_\gamma$  wybieramy pewne horyzonty porównawcze, charakteryzujące się maksymalnym (warstwa ilów o  $C_{gl} = 100\%$ ) i minimalnym (warstwa czystego wapienia) zaileniem. Jednak często się zdarza, że zawartość frakcji pelitycznej nawet w horyzoncie ilów nie wynosi  $100\%$ . W tym przypadku należy wartość parametru  $\Delta J_\gamma$  pomnożyć przez współczynnik  $k$ . Gdy maksymalna zawartość (w rozpatrywanym horyzoncie) frakcji ilastej wynosi

$C_{gl} = 90\%$ , to współczynnik  $k = 0,9$ ; przy  $C_{gl} = 80\%$ ,  $k = 0,8$  itd. (1, 8). W omawianym przypadku przyjęto wartość  $k = 0,7$ ; po pomnożeniu  $\Delta J_\gamma$  przez  $k$  otrzymano wykres (ryc. 4).

Kolejna rycina (ryc. 5) również przedstawia zależność  $\Delta J_\gamma = f(C_{gl})$ , lecz dla wybranych punktów, dla których uzysk rdzenia, wyniesionego na powierzchnię i użytego do analizy laboratoryjnej wynosił powyżej  $80\%$ . Typ oznaczony na ryc. literą A odpowiada rdzeniowi wyniesionemu w całości, typ B — to rdzeń pokruszony (duże okruchy), typ A + B jest pośredni między tymi dwoma.

Analizując ostatnią rycinę zauważyć można mały rozrzut punktów, które przybliżamy funkcją liniową:

$$\Delta J_\gamma = a + b \cdot C_{gl}$$

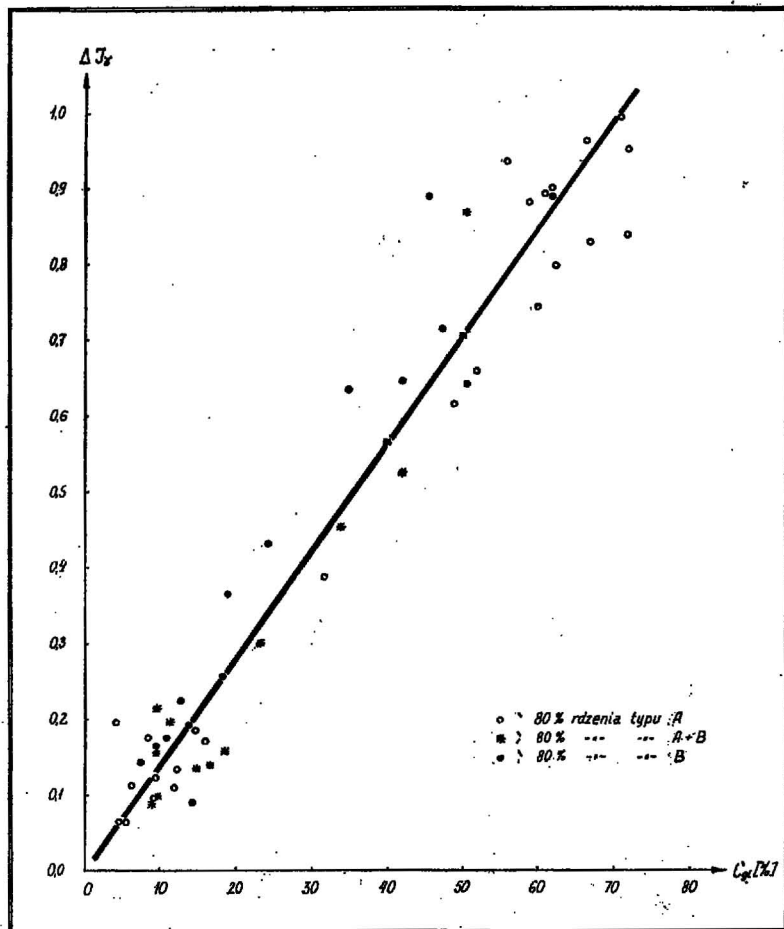
Ten mały stosunkowo rozrzut punktów na ryc. 5 spowodowany jest tym, iż odrzucono punkty, dla których uzysk rdzenia wynosił poniżej  $80\%$ , a rdzeń był bardzo pokruszony (typ B + C i C), co pociągało za sobą duży błąd.

Sumując powyższe wyniki stwierdzić należy, że dla skał węglanowych rejonu Grzybowa istnieje ścisły, korelacyjny związek między zaileniem, a natężeniem promieniowania gamma. Posługując się załączonymi wykresami (przy zadanej wartości natężenia  $J_\gamma$ ) można odczytać zawartość procentową frakcji ilastej w wapieniu. Zastosowanie podanej metody pozwoliłoby na ograniczenie w dużym stopniu rdzenia, co z punktu widzenia oszczędności miałoby niebagatelne znaczenie.

Lp.	Wartość $\Delta J_\gamma$	Wartość średnia $C_{cl}$ [%]	Lp.	Wartość $\Delta J_\gamma$	Wartość średnia $C_{cl}$ [%]
63	0,067	8,9	87	0,153	9,85
64	0,335	17,73	88	0,89	72,26
65	0,049	9,69	89	0,268	10,14
66	0,064	4,74	90	0,176	8,51
67	0,816	73,98	91	0,23	11,55
68	0,22	13,55	92	0,365	18,81
69	0,085	10,5	93	0,43	24,23
70	0,354	29,9	94	0,954	71,72
71	0,095	6,08	95	0,225	12,83
72	0,171	15,41	96	0,191	13,97
73	0,132	14,1	97	0,178	15,22
74	0,59	41,58	98	0,83	66,81
75	0,102	9,36	99	0,715	47,12
76	0,063	5,54	100	0,707	49,98
77	0,451	33,84	101	0,158	18,52
78	0,89	61,88	102	0,098	9,78
79	0,195	11,48	103	0,214	9,61
80	0,122	9,54	104	0,134	12,29
81	0,799	62,4	105	0,745	59,93
82	0,505	35,36	106	0,84	71,7
83	0,643	50,57	107	0,526	41,86
84	0,66	51,64	108	0,634	34,92
85	0,256	15,86	109	0,195	4,15
86	0,57	36,51			

Ryc. 5. Wykres zależności  $\Delta J_\gamma = F(C_{cl})$

Fig. 5. Diagram of dependence  $\Delta J_\gamma = F(C_{cl})$



#### LITERATURA

1. Barsukow O. A., Blinowa N. M. i in. — Radioaktywne metody issledowania nieftianych i gazowych skwazhin. Gostoptekhizdat, 1958.
2. Blanchard A., Dewan I. G. — Etałonirowanie riezultatow izmierenij jestestwiennogo gamma izluczenia. Wopr. prom. geofiz. Gostoptekhizdat, 1957.
3. Dachnow W. N. — Intierpretacja riezultatow geofizycznych issledowanij razriezow skwazhin. Gostoptekhizdat, 1962.
4. Itenberg S. S. — Promysłowaja geofizika. Gostoptekhizdat, 1961.
5. Łarionow W. W. — Ocenka poristosti kollektorow i ich glinistosti po dannym radiometrii skwazhin. Trudy WNIH wyp. XXIX. Moskwa, 1960.
6. Kwiatkowski S. — W sprawie genezy wapieni osiarkowanych rejonu Grzybowa. Roczn. Pol. Tow. Geol. 1962, t. XXXII, z. 3.
7. Pierkow N. A. — Intierpretacja riezultatow geofizycznych issledowanij skwazhin. Gostoptekhizdat, 1958.
8. Wendelsztein W., Łarionow W. W. — Ispolzowanie dannych promysłowoj geofizyki pri podszczete zapasow niefti i gaza. Niedra, 1964.

#### SUMMARY

In numerous problems of drilling geophysics the knowledge of the degree of clay content in rocks seems to be necessary. Determination of clay content in rocks by means of gamma logging method is the main topic of the article. Based on ample data obtained in numerous examinations the author is of the opinion that sandstone-clay and carbonate rocks (which do not contain admixtures of glauconite, monacite and other chemical elements distinguished by increased radioactivity) are characterized by an increase in radioactivity with the increase in the content of clay material and dispersion degree. As concerns, for example, the carbonate rocks from Grzybów, a close correlation exists between the clay content and gamma radiation intensity. The author describes the method of gamma logging applied in her investigations and suggests that the application of this method would allow us to reduce, on a large scale, the coring intensity, thus giving considerable decrease in the costs of drilling.

#### РЕЗЮМЕ

Для многих проблем скважинной геофизики необходимо изучение степени глинистости пород. Статья посвящена определению глинистости пород методом гамма-профилирования. Исходя из результатов исследований автор доказывает, что песчано-глинистые и карбонатные породы, не содержащие примесей глауконита, монацита и других примесей с повышенной радиоактивностью, характеризуются возрастанием радиоактивности с повышением содержания глинистого материала и степени дисперсии. Так, в карбонатных породах района Гжибув наблюдается связь между глинистостью и интенсивностью гамма-излучения. В описании применяемого метода гамма-профилирования автор констатирует, что благодаря этому методу можно в значительной мере сократить отбор керн, что позволит снизить стоимость проходки скважин.