

The Henryk Niewodniczański Institute of Nuclear Physics
PL-31-342 Kraków, ul. Radzikowskiego 152

REPORT No. 1736

JAN ANDRZEJ CZUBEK

BIBLIOGRAPHY

Edited by
Joanna Dąbrowska, Barbara Gabańska,
Ewa Krynicka, Urszula Woźnicka

Bibliografia zawiera streszczenia większości opublikowanych prac naukowych Prof. J.A. Czubka. Streszczenia podane są w takim języku, w jakim jest napisana cała praca. Wszystkie cytowane prace zgromadzone są w Instytucie Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego. Kilka prac zostało opublikowanych dwukrotnie, raz jako Raport Instytutu (obszerniejsza wersja), a następnie wersja skrócona - w naukowym czasopiśmie.

Kraków, 1996

Jan Andrzej Czubek (1935-1995) - Bibliography

Jan A. Czubek, Professor at the Institute of Nuclear Physics, Cracow, greatly contributed to the development of nuclear geophysics. His premature death at the age of 60 on 19 December 1995 left in sorrow all his friends, co-workers and students not only in Poland but in many countries all over the world, even including the USA and Russia, in which nuclear geophysics was born.

It is hoped that the bibliography of Czubek's works presented in this report will be useful for all those who follow his ideas. Jan A. Czubek was always characterized by a strong drive to perfection. Therefore, all his works are very well documented and formulas used are presented with derivations which allow the reader to understand all the assumptions and details of the procedures applied. For these reasons, the bibliography should be particularly useful as a guide to all those who would like to study in detail different aspects of nuclear logging methods. His works are quoted in a number of textbooks and monographs (e.g., J.R. Hearst, P.H. Nelson - „Well Logging for Physical Properties”, McGraw Hill Book Co., N.Y. 1985; A.W. Wylie - „Nuclear Assaying of Mining Boreholes”, Elsevier, Amsterdam 1984; J. Tittman - „Geophysical Well Logging”, Academic Press Inc., Orlando 1986).

The works are presented in order of their appearance. However, several particularly important groups of works can be noted. The first group is devoted to the theory of natural gamma-ray logging, and the quantitative interpretation of gamma-ray logs. The second group is devoted to theory and development of different types of neutron logging methods, including pulsed-neutron methods and stochastic approaches to the interpretation of logs obtained with isotopic neutron sources (steady-state sources). The third group is devoted to the gamma scattering methods, especially to the selective gamma scattering methods. The fourth group is devoted to the development of laboratory method of the measurements of Σ_a of rock samples (known as Czubek's method), and the fifth group to the calculation of integrated neutron parameters of rocks, which are particularly useful for calibration of neutron logging tools. This latter subject being also of great attention of Prof. J.A. Czubek in relation to the calibration station built in Zielona Góra. This short classification is far from being complete and the reader is encouraged to go through the bibliography to find subjects of own interest.

Andrzej Zuber

Jan Andrzej Czubek (1935-1995) - Bibliografia

Jan A. Czubek, profesor w Instytucie Fizyki Jądrowej w Krakowie, przyczynił się wielce do rozwoju geofizyki jądrowej. Zmarł przedwcześnie 19 grudnia 1995 roku w wieku 60-ciu lat pozostawił w smutku wszystkich przyjaciół, współpracowników i studentów, nie tylko w Polsce, ale na całym świecie; w Stanach Zjednoczonych i w Rosji - kolebkach geofizyki jądrowej.

Można wyrazić nadzieję, że niniejsza bibliografia prac prof. J.A. Czubka będzie przydatna dla wszystkich następców Jego pomysłów. Prof. J.A. Czubek zawsze charakteryzował się dążeniem do perfekcji. Tak więc, wszystkie Jego prace są dobrze udokumentowane, a prezentowane wzory w pełni wyprowadzone, pozwalając czytelnikowi zrozumieć wszystkie założenia i szczegóły zastosowanych procedur. Z tych przyczyn, bibliografia powinna być szczególnie przydatna dla tych wszystkich, którzy by chcieli szczegółowo studiować różne aspekty geofizyki jądrowej. Prace prof. J.A. Czubka cytowane są w szeregu podręczników i monografii (np. J.R. Hearst, P.H. Nelson - „Well Logging for Physical Properties”, McGraw Hill Book Co., N.Y. 1985; A.W. Wylie - „Nuclear Assaying of Mining Boreholes”, Elsevier, Amsterdam 1984; J. Tittman - „Geophysical Well Logging”, Academic Press Inc., Orlando 1986).

Prace podane są w porządku ich ukazywania się. Jednakże można wyróżnić kilka szczególnie ważnych grup. Grupa pierwsza dotyczy teorii profilowań promieniotwórczości naturalnej i ich interpretacji ilościowej. Grupa druga dotyczy teorii i opracowania różnych typów profilowania neutronowego, włączając neutronowe profilowanie impulsowe i profilowanie oparte na stochastycznej interpretacji profilowań ze stałymi neutronowymi źródłami izotopowymi. Grupa trzecia dotyczy metod rozproszonego promieniowania gamma, w szczególności selektywnej metody gamma-gamma. Grupa czwarta dotyczy opracowania metody laboratoryjnego pomiaru Σ_a próbek skał (znana jako metoda Czubka), a grupa piąta obliczeń zintegrowanych parametrów neutronowych, które są szczególnie przydatne przy kalibracji sond neutronowych. To ostatnie zagadnienie było szczególnie bliskie Prof. J.A. Czubkowi w związku ze zbudowaną w Zielonej Górze stacją modeli kalibracyjnych. Ta krótka klasyfikacja jest daleka od kompletności i dlatego zachęcamy Czytelnika do szczegółowego prześledzenia bibliografii w celu znalezienia prac będących przedmiotem własnego zainteresowania.

Andrzej Zuber

1.

Czubek J.A., Dziunikowski B., Jurkiewicz L., Krzuk J., Niewodniczański J., Owsiak T., Przewłocki K., Zuber A.

Radioactive well-logging in horizontal boreholes for prospecting for potassium salts.

Proc. of II Geneva Conf. on Peaceful Uses of Radioisotopes, Geneva, Sept.1 - 13, 1958, Vol.3, P/1591, 83-86. (Toż w: *Nukleonika* 3 (nr spec), 1958, 111-118).

ABSTRACT

In the period 1955-1958 the authors studied a radiometric method of well-logging in horizontal boreholes in salt domes. Measurements were made of the natural beta and gamma radioactivity, as well as of scattered gamma radiation (γ - γ method) and of induced (by strong neutron sources) gamma radiation (n- γ method). The measurements were carried out in the salt mine at Kłodawa.

Pages:	4
Figures:	5
Tables:	0
References:	0

2.

Czubek J.A., Zuber A.

Uwagi na temat ilościowej interpretacji krzywych profilowania gamma.

Acta Geophys. Pol. 7, 1959, 41-49.

STRESZCZENIE

Ważnym zagadnieniem przy ilościowej interpretacji pomiarów naturalnej radioaktywności γ w odwiertach poszukiwawczych jest uwzględnienie poprawek na geometrię pomiaru.

W niniejszej pracy autorzy proponują sposoby obliczania absorpcji promieniowania w płuczce oraz radioaktywności płuczki. Podają również nowy wzór pozwalający określić zakres stosowalności używanych sposobów wyznaczania miąższości warstw z krzywych naturalnego profilowania γ .

Pages:	9
Figures:	7
Tables:	0
References:	10

•
Czubek J.A., Krzuk J., Zuber A.

Aparatura do określania wilgotności gruntów metodą neutronową.

Arch. Hydrot. **7**, 1960, 89-100.

STRESZCZENIE

W związku z projektowanymi zaporami wodnymi na Niziu Polskim wyłoniła się konieczność określenia wilgotności (względnie porowatości) gruntów sypkich o strukturze nienaruszonej w odwiertach badawczych głębokich do 100 m. Idea pomiaru polega na wprowadzeniu do odwiertu źródła neutronów prędkich; neutrony ulegają spowolnieniu w gruncie tym efektywniej, im więcej jest w nim wody. Gęstość spowolnionych neutronów mierzy się w danej odległości od źródła wstawiając tam detektor neutronów powolnych. Zbudowana aparatura pozwala na pomiar wilgotności, względnie poniżej zwierciadła wody - porowatości gruntów sypkich.

Pages:	12
Figures:	7
Tables:	0
References:	7

4.

Czubek J.A., Dziunikowski B., Jurkiewicz L., Krzuk J., Niewodniczański J., Przewłocki K., Werner Z., Zuber A.

Kompleksowe profilowania radiometryczne kierunkowych odwiertów kopalnianych za solami potasowymi.

Acta Geophys. Pol. **8** (2), 1960, 73-93.

STRESZCZENIE

Prowadzenie prac geologiczno-poszukiwawczych za solami potasowymi w kopalni soli w Kłodawie metodą kierunkowych wierceń napotyka na duże trudności ze względu na niski procent uzyskiwanego rdzenia wiertniczego. Pomocna okazała się tu metoda karotażu radiometrycznego. Autorzy zastosowali w kierunkowych odwiertach o głębokości do 300 m i średnicy od 66 mm trzy profilowania: karotaż γ , karotaż $n - \gamma$ i karotaż $\gamma - \gamma$. Interpretacja ilościowa krzywych karotażu pozwala ustalać miąższości wykrywanych w profilu odwiertu warstw soli potasowych oraz określać w nich koncentrację potasu. Przy opracowaniu metody interpretacyjnej autorzy rozwiązali zagadnienie określania miąższości cienkich warstw promieniotwórczych oraz uwzględnili wpływ płuczki (ługu solnego) i dodatkowych czynników, wywołanych dynamicznymi warunkami pomiaru. Wykorzystując różnice w ilości wody krystalizacyjnej zawartej w skałach solnych zastosowano karotaż $n - \gamma$, na podstawie którego można jakościowo rozróżnić poszczególne sole potasowe (karnalitowe od sylwinitowych) oraz wyróżniać sole magnezowe - kizeryty. Dodatkowych informacji odnośnie przewierconych warstw dostarczają krzywe karotażu $\gamma - \gamma$, zastosowanego tu ze względu na różnicę ciężaru właściwego skał solnych. Tak więc kompleksowa interpretacja krzywych karotaży radiometrycznych pozwala dokumentować przekrój geologiczny odwiertów bez prowadzenia dodatkowych robót górniczych, które były dotychczas konieczne ze względu na niedostateczny materiał rdzeniowy. Omawiana metoda ma duże znaczenie ekonomiczne.

Pages:	21
Figures:	8
Tables:	4
References:	22

5.

Czubek J.A.

Dokładność wyznaczania z karotażu gamma liniowych zasobów rud radioaktywnych.*Acta Geophys. Pol.* **8** (3), 1960, 206-223.

STRESZCZENIE

Omówiono dokładność interpretacji liniowych zasobów rud radioaktywnych z karotażu gamma. Praca została napisana głównie pod kątem analizy wyników profilowań radiometrycznych w odwiertach poszukiwawczych prowadzonych przy poszukiwaniu potasu. Wnioski jednak, jakie wynikają z tej pracy, są natury ogólniejszej i z niewielkimi zmianami mogą być stosowane również przy poszukiwaniach innych pierwiastków promieniotwórczych, takich jak uran czy tor. Zmiany te polegają głównie na wprowadzeniu do poniższych rozważań pewnych dodatkowych elementów, które mogą być źródłami błędów przy ilościowej interpretacji uzyskiwanych krzywych pomiarowych.

Opisywana metoda obliczania błędów wyznaczania zasobów liniowych rud radioaktywnych pozwala nie tylko ocenić ten błąd w każdym poszczególnym przypadku, lecz także można dzięki niej określić dokładność danej metody pomiarowej. Dokładność ta w znacznym stopniu zależy od aparatury pomiarowej i parametrów pomiaru.

Pages:	18
Figures:	7
Tables:	0
References:	12

6.

Dziunikowski B., Krzuk J., Niewodniczański J., Przewłocki K., Zuber A., Czubek J.A., Jurkiewicz L., Werner Z.

Zastosowanie karotażu radiometrycznego do ilościowej analizy na sole potasowe w kierunkowych odwiertach w kopalni soli w Kłodawie.

Pierwsze Krajowe Sympozjum Zastosowań Izotopów w Technice, Rogów, 8-12 czerwiec 1960, R-40.

STRESZCZENIE

Opracowanie dokumentacji geologicznej zasobów soli potasowych w Kłodawie napotyka na duże trudności ze względu na skomplikowaną strukturę geologiczną wysadu. Jediną metodą dotychczas tu stosowaną w poszukiwaniach potasu były odwierty kierunkowe (poziome, pionowe i nachylone pod różnymi kątami) wyprzedzające roboty górnicze. Z uwagi na mały uzysk rdzenia, który często, szczególnie w partiach potasonośnych, spada do kilku nawet procent, metoda powyższa okazała się niewystarczająca.

Autorzy opracowali do tego celu metodę karotażu radiometrycznego, w którym wykorzystano takie zjawiska, jak naturalne promieniowanie gamma skał solnych, ich różną zawartość wody krystalizacyjnej i różnice ciężaru objętościowego minerałów solnych.

Pages:	20
Figures:	7
Tables:	2
References:	12

7.

Czubek J.A.

Dokładność ilościowej interpretacji ciągłych pomiarów natężenia promieniowania gamma ze źródeł o zmiennej aktywności.

Pierwsze Krajowe Sympozjum Zastosowań Izotopów w Technice, Rogów, 8-12 czerwiec 1960, R-25.

STRESZCZENIE

Praca podaje w sposób szkicowy metodę obliczania dokładności interpretacji ilościowej krzywych pomiarowych anomalii radiometrycznych. Dokładność ta zależy w dużym stopniu od warunków pomiarowych i jakości stosowanej aparatury. Opisana metoda pozwala na należyte dobranie parametrów pomiaru tak, aby błąd wyznaczania szukanej wielkości nie przekraczał z góry zadanej wartości.

Pages:	6
Figures:	2
Tables:	0
References:	9

8.

Czubek J.A.

Some problems of the theory and quantitative interpretation of gamma-ray logs.

Acta Geophys. Pol. **9**, 1961, 121-137.

ABSTRACT

The general expression for the intensity of unscattered gamma rays at points inside the empty borehole crossing the radioactive layer is derived in terms of four tabulated functions. The expressions for the length detector and for the borehole with drilling mud is also derived. All of these expressions are given in terms of tabulated functions, which graphs are in this paper. The evaluation of the area of the dynamic gamma-ray anomaly is also discussed.

Pages:	17
Figures:	11
Tables:	0
References:	17

9.

Czubek J.A., Florkowski T., Górski L., Zuber A.

Comparison of spectra obtained for various measurement parameters in a single-channel automatic gamma-ray spectrometer.

Nucleonika **6**, 1961, 169-180.

ABSTRACT

The method of computing and using graphs, permitting to shorten considerably the measurements time with low-level source is described. The theoretical results were experimentally tested and some properties of single channel pulse height analyzers are also discussed.

Pages:	12
Figures:	6
Tables:	0
References:	8

10.

Borowczyk M., Czubek J.A., Dziunikowski B., Jurkiewicz L., Krzuk J., Niewodniczański J., Rossiński B., Zuber A.:

Określanie wilgotności i ciężaru objętościowego gruntów sypkich in situ metodami radiometrycznymi.

Archiv. Inż. Ląd. **7** (2), 1961, 193-218.

STRESZCZENIE

W pracy opisano neutronową metodę pomiaru wilgotności piasków wraz z aparaturą pomiarową dla otworów wiertniczych głębokich do 100 m i o średnicach 6 i 8". Również przedstawiono metodę pomiaru ciężaru objętościowego piasków opartą na rozpraszających własnościach promieniowania gamma w ośrodku (metoda γ - γ) jak również przedstawiono aparaturę do pomiaru wilgotności opartą na rozpraszaniu neutronów w ośrodku (metoda n - n). W pracy przedstawiono pierwsze wyniki testów *in situ*.

Pages:	26
Figures:	23
Tables:	1
References:	16

11.

Czubek J.A., Dziunikowski B., Krzuk J., Niewodniczański J., Przewłocki K., Zuber A., Jurkiewicz L., Werner Z.

Application of nuclear physics methods to potassium-salts prospecting.

In: *Radioisotopes in the Physical Science and Industry*, IAEA, Vienna, 1962, 123-134.

ABSTRACT

Radiation logging has proved to be a very useful method for identification of the main types of salt rocks in mines. Quantitative interpretation of gamma logs allows the potassium content to be estimated directly in the borehole.

Comparison of the quantitative analysis for potassium by a chemical method and a gamma-ray logging method, shows that the latter gives quite satisfactory results. It should be taken into account that chemical analysis of borehole material concerns only the actual volume of the sample, while the radiation method gives information on the average potassium concentration of volumes about 10 times greater.

Radiation logging proves to be useful not only for differentiation between sylvites and carnallites, but also enables some of the non-radioactive salt minerals, such as kieserite or anhydrite, to be detected. It is possible by means of this method to estimate the content of the latter in potassium-salt rocks. Differentiation of clay salts from poor carnallites is also possible. Thus, a full geological profile of a given borehole may be obtained by applying the various radiation logging methods. Any doubts about the interpretation may be eliminated by the quantitative analysis of the neutron-gamma and gamma-gamma logs.

The application, on an industrial scale, of radiation well-logging in potassium-salt mining is of great economic value.

Pages:	12
Figures:	6
Tables:	2
References:	13

12.

Czubek J.A.

Quantitative interpretation of the static anomalies of the gamma-ray logs.

Nukleonika 7, 1962, 347-356.

ABSTRACT

In the paper the quantitative interpretation of the static curves of the gamma-ray logs is described by means of the theory of gamma-ray well logging elaborated by the author. The nomograms for the interpretation of the thicknesses of thin layers, as well as the nomograms for the interpretation of the true intensity of the gamma-rays for such layers are given for all geometries of measurements occurring in the geophysical practice.

Pages:	10
Figures:	11
Tables:	0
References:	7

13.

Czubek J.A., Zuber A.

Nomogramy do obliczania dopuszczalnych dawek od neutronów prędkich ze źródeł Po+Be.*Nukleonika* 7, 1962, 419-424.

ABSTRACT

W pracy przedstawiono nomogramy, które mogą być pomocne dla oceny dopuszczalnych dawek otrzymywanych podczas pracy ze źródłami Po + Be.

Pages:	6
Figures:	5
Tables:	0
References:	3

14.

Czubek J.A.

Neutron-neutron well logging theory. I: Epithermal neutron distribution in the cylindrical geometry.*Nukleonika* 7, 1962, 745-758.

ABSTRACT

The solution of the age equation is given in the paper for the cylindrical geometry, when the point neutron source is in the origin of the co-ordinates, and the boundary of two media is the lateral area of the cylinder, the axis of which is the z-axis of the co-ordinates. Such a solution may be useful in the theory of the neutron-neutron logging for the geophysical purposes.

Pages:	14
Figures:	0
Tables:	0
References:	14

15.

Czubek J.A., Zuber A.

Obliczanie dopuszczalnych odległości i czasów pracy ze źródłami Po+Be i ⁶⁰Co.*Geof. Poszukiw. i Wiert.* **6-7**, 1962, 77-87.

STRESZCZENIE

W geofizyce wiertniczej w Polsce stosowane są przy profilowaniach neutronowych źródła neutronów prędkich Po+Be. Przy używaniu tych źródeł zachowanie warunków bezpieczeństwa pracy nastęrcza trudności w związku z brakiem odpowiednich monitorów i dawkomierzy, a co za tym idzie, również brakiem jakiegokolwiek kontroli dozymetrycznej na naświetlanie prędkimi neutronami. Przedstawione w pracy nomogramy znacznie ułatwiają stosowanie się do zaleceń i przepisów bezpieczeństwa pracy ze źródłami neutronowymi jak również pozwalają na właściwe zaplanowanie tej pracy zgodnie z przepisami.

Pages:	11
Figures:	8
Tables:	0
References:	5

16.

Czubek J.A.

The influence of the drilling fluid on the gamma-ray intensity in the borehole.*Acta Geophys. Pol.* **10**, 1962, 25-31.

ABSTRACT

In interpretation of gamma-ray logs it is very important to know the corrections for absorption and radioactivity of the drilling mud. This problem is solved in this paper by means of the new theory of gamma-ray logging. All solutions verified by measurements are plotted in the graphs.

Pages:	7
Figures:	6
Tables:	1
References:	5

17.

Czubek J.A.

Accuracy of the thickness interpretation from the gamma-ray logs.*Acta Geophys. Pol.* **10**, 1962, 137-149.

ABSTRACT

The knowledge of the thickness of the layer is very important in all geological problems. This thickness may be evaluated from the gamma-ray logs. The standard deviation of this evaluation is discussed in this paper.

Pages:	13
Figures:	3
Tables:	2
References:	7

18.

Czubek J.A.

The natural gamma-ray well logging for density logging purposes.*Acta Geophys. Pol.* **10**, 1962, 217-224.

ABSTRACT

A new method of evaluation of rock density from gamma-ray logs is discussed in the paper. This interpretation is possible only for special case of radioactive layers. The new method may be used as an auxiliary one to the γ - γ method usually applied for this purpose.

Pages:	8
Figures:	3
Tables:	0
References:	12

19.

Czubek J.A.

Quantitative interpretation of gamma-ray logs.*Proc. Nucl. Geoph. Conf.*, Kraków, 1962, 237-276.

ABSTRACT

The nomograms for the interpretation of gamma ray intensity and thickness of the radioactive layers from gamma ray logs are given. The dependence of apparent thickness and intensity on the true thickness and intensity, the radius of the borehole, the length of the detector, the diameter of the probe, the density of the rock and drilling fluid, the speed of the sonde and the time constant of the ratemeter are described. These nomograms present in a simple way an unequivocal solution of these problems.

Pages:	38
Figures:	18
Tables:	0
References:	10

20.

Czubek J.A.

Quantitative determination of bed parameters from gamma-ray logs.*Nukleonika* **8**, 1963, 177-184.

ABSTRACT

Quantitative interpretation of gamma-ray logs performed inside the boreholes by means of the continuous measurement is described in this paper. Presented method affords this interpretation in the case of different measurement parameters as v - the logging speed, τ - the time constant of ratemeter, and the other geological and formation parameters occurred in the geophysical practice.

Pages:	8
Figures:	12
Tables:	0
References:	8

21.

Borowczyk M., Czubek J.A., Dziunikowski B., Niewodniczański J., Zuber A.

Aparatura do radiometrycznego oznaczania ciężaru objętościowego i wilgotności gruntów w warunkach terenowych.

Nukleonika **9**, 1964, 871-884.

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono opisy i dane techniczne sześciu przyrządów służących do radiometrycznego oznaczania ciężaru objętościowego i wilgotności gruntów *in situ*.

Pages:	14
Figures:	14
Tables:	0
References:	6

22.

Czubek J.A., Tarnowiecki A.

Wpływ składu chemicznego skał przy określaniu ich gęstości metodą gamma-gamma.

Geofizyka i Geologia Naftowa Nr 1-3, Kraków, 1965, 97-99.

STRESZCZENIE

Praca jest wynikiem współpracy pomiędzy Zakładem VI Badań Jądrowych w Krakowie, a Zakładem Geofizyki Instytutu Naftowego w Krakowie. Część teoretyczną opracowano w IBJ, natomiast część doświadczalną wykonano w IN. Celem pracy było poznanie wpływu składu chemicznego skały na wskazanie prototypu sondy gamma-gamma skonstruowanego w Instytucie Naftowym.

W pracy wykazano, że w większości przypadków skały posiadają określone Z_{ef} , co pozwala traktować wieloskładnikowy ośrodek rozpraszający, jako ośrodek składający się z atomów jednego rodzaju, które posiadają $Z = Z_{ef}$.

Wpływ składu chemicznego ośrodka rozpraszającego na wskazania prototypowej sondy gamma-gamma pracującej na licznikach GM jest stosunkowo duży i dla najbardziej typowych skał osadowych wynosi 8%.

Pages:	6
Figures:	5
Tables:	2
References:	5

23.

Czubek J.A.

Zasada podobieństwa w zastosowaniu do pomiarów gamma-gamma gęstości skał.*Geofizyka i Geologia Naftowa* No 4, 1965, 121-133.

STRESZCZENIE

Artykuł omawia zagadnienie zastosowania zasady podobieństwa do pomiarów gęstości skał metodą gamma-gamma. Podano formułę pozwalającą transformować wyniki pomiarów gamma-gamma otrzymane na modelach na wartości pomiarowe otrzymywane w warunkach naturalnych w terenie. Transformuje się zarówno współrzędne przestrzenne jak i gęstość. W rezultacie takiej transformacji istnieje możliwość otrzymania krzywej kalibracji (w zależności od gęstości) dla sondy gamma-gamma mając do dyspozycji sztuczny model o jednej tylko gęstości.

Rozważano również wpływ składu chemicznego badanego ośrodka na rezultaty pomiarów gamma-gamma. Wynikiem tych rozważań jest otrzymanie idei efektywnej liczby atomowej skały (tzw. Z_{ef}) jak również możliwość całkowitej eliminacji wpływu składu chemicznego skały na pomiar jej gęstości.

Pages:	12
Figures:	8
Tables:	2
References:	15

24.

Czubek J.A., Guitton J.

Les possibilités d'application de la méthode gamma-gamma à la détermination en place de la densité des minerais d'uranium.*Rap. CEA - R 2720*, Paris, 1965, 32 p.

RESUME

Les principes de la méthode gamma-gamma sont rappelés. En particulier, il est montré que, dans certains conditions, la méthode permet une mesure représentative de la densité électronique.

Des analyses chimiques ont été effectuées sur des échantillons provenant de gisements uranifères. Les résultats indiquent qu'il existe une corrélation précise entre leur densité massique et leur densité électronique.

Il est possible d'envisager la mesure de la densité des roches uranifères par la méthode gamma-gamma.

Pages:	32
Figures:	10
Tables:	8
References:	17

25.

Czubek J.A., Guitton J.

Etudes sur la méthode gamma-gamma. Détermination d'un appareillage pour la mesure en place de la densité des minerais d'uranium.CEN Saclay, *Rap. CEA - R 2919*, Paris, 1966, 72 p.

RESUME

Les travaux décrits font suite aux études présentées dans le rapport CEA-R 2720 de mars 1965. Ils portent sur:

- les résultats expérimentaux obtenus sur un modèle constitué d'un matériau de densité constante (graphite);
- l'établissement de courbes d'étalonnage à l'aide du principe de similitude;
- la recherche et la discussion des caractéristiques d'une sonde gamma-gamma.

L'influence d'un certain nombre de paramètres sur la forme des spectres d'énergie du rayonnement diffusé et des courbes d'étalonnage est étudiée: nature de la source radioactive, diamètre du sondage, distance source-détecteur, forme géométrique du blindage entre la source et le détecteur.

Pages:	72
Figures:	30
Tables:	23
References:	11

26.

Czubek J.A.

Application du principe de similitude à la mesure gamma-gamma de densité.CEN Saclay, *Rap. CEA-R 3099*, Paris, 1966, 43 p.

RESUME

L'étude présentée ci-dessous traite le problème de l'application du principe de similitude aux mesures de densité des roches par la méthode gamma-gamma. Nous indiquons une formule qui permet de transformer les résultats des mesures gamma-gamma effectuées sur les modèles pour les comparer aux résultats obtenus dans les conditions réelles sur le terrain. On transforme les coordonnées spatiales ainsi que les densités.

Cette transformation donne la possibilité d'obtenir une courbe d'étalonnage (en fonction de la densité) pour une sonde gamma-gamma en utilisant un seul modèle de densité donnée.

On a étudié aussi l'influence de la composition chimique sur les résultats obtenus des mesures gamma-gamma. On a établi une méthode d'estimation du paramètre Z équivalent du milieu, ainsi que la possibilité d'éliminer complètement l'influence de la composition chimique du milieu sur les résultats des mesures de densité.

Pages:	43
Figures:	9
Tables:	1
References:	13

27.

Czubek J.A.

Physical possibilities of gamma-gamma logging.

In: *Radioisotope Instruments in Industry and Geophysics*, IAEA, Vienna, 1966, vol. II, 249-275.

ABSTRACT

Gamma-gamma logging is applied in two modifications: as a formation density logging or as a selective gamma-gamma logging which permits the obtaining of the average concentration of heavy elements in rocks. The physical principles for both methods are given in the paper, as well as a new method for obtaining from these principles the optimum parameters for the construction of the logging tools.

The physical considerations of the gamma-ray spectra scattered in the monoelement media in connection with the principle of similitude lead to the conception of the equivalent atomic number (Z_{eq}) of multicomponent media, e.g. the rocks. One can obtain the physico-chemical limitations for the existence of Z_{eq} , as well as the energetic limitation for the spectra which are independent of the chemical composition of rocks. Thus the scattered gamma radiation which depends only on the rock density is obtained. Special filters for such energy limitation in logging probes are recommended. These filters are necessary for G-M detectors and are desirable also for scintillation detectors with spectrometric discrimination. A special method for the determination of the influence of the chemical composition on the response of the gamma-gamma probe is proposed. The relationship between source-detector spacing, rock density, chemical composition effect and the response of the gamma-gamma probe is discussed.

After such considerations one can obtain the analytical, semi-empirical shape of the response curve for the formation-density logging probes. The standard deviation of the measured density is presented as a function of the construction factors of different logging tools and from this the optimum parameters for the density logging probes are obtained.

The second modification of the gamma-gamma method is applied to the determination of heavy element concentration in rocks and ores. In this method the soft part of the registered scattered gamma spectrum is utilised. The influence of rock density on such measurements is discussed. A new method for obtaining the measurement results independent of the rock density is presented. This method is based on consideration of the scattered gamma spectrum in two regions: soft and hard. One can obtain from these a parameter which is dependent only on the heavy element concentration. The theoretical results are compared with the experiment.

Pages:	27
Figures:	20
Tables:	2
References:	25

28.

Czubek J.A., Guitton J.

Application de la méthode gamma-gamma à la détermination sur place de la densité des minerais d'uranium.

In: *Radioisotope Instruments in Industry and Geophysics* vol. II, IAEA, Vienna, 1966, 222-247.

RESUME

La mesure de la densité de roches uranifères constitue un élément important du calcul des réserves des gisements. Il existe plusieurs méthodes pour obtenir la détermination de la densité, en particulier une méthode générale de géophysique nucléaire, dite gamma-gamma.

Les travaux effectués portent sur les possibilités physiques d'application de la méthode gamma-gamma, l'établissement des courbes d'étalonnage à l'aide du principe de similitude, et la recherche des caractéristiques techniques optimales d'une sonde de mesure.

Des analyses chimiques, effectuées sur des échantillons provenant de gisements uranifères, ont tout d'abord montré qu'il existe une corrélation précise entre leur densité massique et leur densité électronique, n_e , mesurée dans certaines conditions. Les courbes d'étalonnage sont tracées à partir des résultats obtenus sur un modèle expérimental unique, de densité constante bien connue. Ces résultats sont traités à l'aide du principe de similitude.

Un certain nombre de paramètres sont étudiés quant à leur influence sur la forme des spectres d'énergie du rayonnement diffusé et sur la forme des courbes d'étalonnage; ces paramètres sont suivants: nature de la source radioactive, diamètre du sondage, distance source-détecteur, forme géométrique du blindage entre la source et le détecteur.

Pour des conditions déterminées, le modèle mathématique de la courbe d'étalonnage est recherché. Il permet de discuter de la précision $\sigma(n_e)/n_e$ et d'effectuer le choix des paramètres en vue d'obtenir l'erreur minimale. Des applications numériques conduisent à l'établissement d'un tableau récapitulatif des caractéristiques techniques optimales d'une sonde gamma-gamma.

Pages: 21
Figures: 11
Tables: 2
References: 25

29.

Jurkiewicz L., Czubek J.A.

Well-logging methods based on the use of isotope sources of nuclear radiation.*Acta Geoph. Pol.* **14**, 1966, 175-198.

ABSTRACT

Recent, very rapid progress in development of nuclear geophysics caused the authors to make a brief review of the methods based on interaction of nuclear radiation from isotope sources with the rock matter. The survey contains the methods routinely applied in geophysical prospecting as well as those being still in elaboration. The aim of this paper was to give the outline of principal achievements both in theory as well as in experiment of these methods. The natural gamma-ray logging, gamma-gamma logging, neutron logging methods and photoneutron logging are described from the point of view of their application and their theoretical treatment. At the end of the paper is given the list of selected papers dealing with the topics discussed in the paper.

In the chapter on natural gamma-ray logging it is shown the lack of the treatment of this method from the point of view of the spectral composition of the registered gamma-rays. There are mentioned here also some disadvantages of the present theories applied to this method.

As concerns the gamma-gamma logging there are considered only the main results of the investigations dealing with the measurements of bulk density of rocks and its modification applied in prospecting for heavy elements in boreholes.

Ten different methods are listed in connection with neutron logging. The advantages and disadvantages of the theories and experiments relating to these methods are briefly remarked. Concise review of the latest theories is given having in view specific applications of discussed methods in different media (e.g. dry, water- or oil saturated, absorbing or nonabsorbing thermal neutrons, etc.).

Photoneutron logging is mentioned as the method useful in beryllium prospecting.

In respect to the borehole apparatus there are underlined some important detection problems and the difficulties with its proper calibration.

The paper contains the table of elements illustrating the possibilities of different nuclear logging methods in their detection.

The paper may be considered as some kind of guide in the problems of nuclear geophysics prospecting methods.

Pages:	50
Figures:	2
Tables:	7
References:	129

30.

Czubek J.A.

Rozwój geofizyki jądrowej i zastosowanie izotopów promieniotwórczych w hydrogeologii.

W: Energia Jądrowa w Polsce w Latach 1961-1963, PWN, Warszawa 1966, 275-283.

STRESZCZENIE

Opracowanie zbiorowe Komisji Wydawnictw i Popularyzacji Państwowej Rady do Spraw Pokojowego Wykorzystania Energii Jądrowej i Komitetu do Spraw Pokojowego Wykorzystania Energii Jądrowej przy Polskiej Akademii Nauk.

Omówienie zawiera w sobie prace dotyczące geofizyki jądrowej, radiometrycznego opróbowania złóż i zastosowań radioizotopów w hydrogeologii.

Pages:	9
Figures:	0
Tables:	0
References:	0

31.

Czubek J.A.

Natural selective gamma logging. A new log of direct uranium determination.*Nukleonika* **13**, 1968, 89-105.

ABSTRACT

A new spectrometric method of uranium detection by the in situ measurement is presented. The method is based on the influence of the photoelectric effect on uranium on the shape, at the low energy region, of the natural gamma ray spectrum existed in the extended rock medium. For obtaining the results independent of the radioactive equilibrium state of ore, the measurement in the two different energy regions is required. The relative standard deviation of one observation in this method is of order of 10 to 20% which is completely comparable with the actual logging methods in the case, when the radioactive equilibrium state of ore is exactly known. The lower limit of the uranium detection depends on the lithological homogeneity of the deposit and is of order of 0.05 to 0.1% of uranium.

Pages:	17
Figures:	14
Tables:	5
References:	8

32.

Czubek J.A., Lenda A.

Badanie rozkładów energetycznych rozproszonych kwantów w naturalnym profilowaniu gamma.*Nukleonika* **13**, 1968, 391-401.

STRESZCZENIE

Praca dotyczy doboru właściwej procedury przy standaryzacji pomiarów profilowania naturalnego promieniowania gamma skał. Zostały obliczone widma rozproszonych kwantów gamma poprzez rozwiązanie całkowitego równania transportu kwantów gamma za pomocą trzech niezależnych metod numerycznych przy założeniu jednorodnych gęstości źródeł promieniujących w jednorodnym ośrodku nieskończonym.

Na podstawie tych widm skonstruowano widma rejestrowane w skale zawierającej domieszki pierwiastków promieniotwórczych ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K przy założeniu wydajności detektora niezależnej od energii i zaniedbaniu wpływu absorpcyjnego odwiertu. Przedyskutowano wpływ składu chemicznego skały na całkowite rejestrowane natężenie promieniowania gamma. Okazało się, że dla jednoznacznych warunków standaryzacji należy rejestrować kwanty przy dyskryminacji energetycznej na poziomie 200 keV (w wypadku rud - 400 keV).

Pages:	11
Figures:	3
Tables:	0
References:	15

33.

Czubek J.A.

Zasięg jądrowych metod pomiaru wilgotności i gęstości gruntów.*Nukleonika* **13** (4-5), 1968, 517-533.

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono trzy definicje zasięgu metod jądrowych: zasięg procentowy, efektywny i stałego błędu. Dla neutronowych metod pomiaru wilgotności gruntu obliczono strumienie neutronów lub momenty strumienia w środku ograniczonej kuli lub cylindra posługując się przybliżeniem jedno- i dwugrupowym oraz przybliżeniem wieku dla spowalniania neutronów oraz dyfuzją neutronów termicznych. Otrzymano różne wartości zasięgu w zależności od przyjętego przybliżenia, jednakże ze wszystkich tych przybliżeń wynika, że praktycznie rzecz biorąc wszystkie neutrony mierzone detektorem pochodzą ze strefy równej trzem długościom migracji neutronów. W celu otrzymania wartości zasięgu dla mieszaniny woda - piasek zostały zebrane wszystkie dotychczasowe rezultaty prac doświadczalnych i porównano je z danymi teoretycznymi. Przy tej okazji zebrano również wyniki teoretyczne wartości długości spowalniania neutronów, otrzymane przez różnych autorów dla zawodnionego piaskowca i wapienia. Rozpatrując dane doświadczalne, otrzymane przez różnych autorów dla metody gamma-gamma pomiaru gęstości gruntów, otrzymano zasięg 50 g/cm^2 jako warstwę, z której praktycznie biorąc pochodzą wszystkie rozproszone kwanty gamma, mierzone detektorem.

Pages:	17
Figures:	13
Tables:	5
References:	26

34.

Czubek J.A.

Influence of borehole construction on the results of spectral gamma logging.In: *Nuclear Techniques and Mineral Resources*, IAEA, Vienna, 1968, 37-53.

ABSTRACT

In quantitative interpretation of gamma-logging results the absorption of gamma-radiation in drilling fluid, casing tubes, cement or in the mud cake must be taken into account. This absorption is generally described as the so called transmission factor (T) which is the ratio of the radiation passing through the absorbers in the borehole in relation to the incident beam of radiation from the rock. Transmission factor T considered for a given photon energy E is called the spectral transmission factor T(E). If the intensity of gamma-radiation above some energy level E_n is measured, the integral transmission factor $T(E_n)$ intervenes in quantitative interpretation. Up to now the spectral transmission factor T(E) was given theoretically using the absorption of primary radiation in the borehole absorbers, which was equal to the consideration of the function $\exp[-\mu(E)r]r^{-2}$ as an elementary function of absorption of the narrow beam of gamma-radiation (r is the distance between the considered elementary radioactive volume αV and the observation point, $\mu(E)$, the attenuation coefficient of the considered medium for photons having energy E). The results for the transmission factor T(E) for this elementary function were too low in comparison with the experimental ones. To obtain good agreement between the theory and the experiment one must take into account some built-up of radiation from the forward scattered gamma-photons. It is the aim here to derive the formulas for the T(E) factors for the cylindrical and plane absorbers. Comparison of the theoretical values of T(E) with the experimental ones, obtained in the uranium ore model, for the iron and aluminium absorbers of different thicknesses, gave an excellent agreement between the theory and experiment in the whole range of the photon energy. Special nomograms for the rapid calculation of the T(E) values are given.

Pages:	17
Figures:	16
Tables:	4
References:	13

35.

Czubek J.A., Lenda A.

Energy distribution of scattered gamma-rays in natural gamma logging.In: *Nuclear Techniques and Mineral Resources*, IAEA, Vienna, 1968, 105-116.

ABSTRACT

Natural gamma-logging is one of the most fundamental and most widely used methods in nuclear geophysics. It is most helpful for the lithological estimation and for evaluating the concentration of radioactive elements in rocks.

The main interest in such measurements is always the concentration of radioactive material, q , and as a result of the measurements one obtains the gamma-radiation intensity I , which is determined not only by the concentration q , but also strongly influenced by factors such as a type of detector, the geometrical and absorptive characteristics of the borehole and the chemical composition of the rock, which causes a variation of the photoelectric absorption coefficient m_{ph} with the equivalent atomic number of the medium Z_{eq} . Details are given of the first steps in the long-term research being carried out in the INT and in the INR in Cracow. This research, which will cover both theory and experiment, aims to find proper conditions for unequivocal relationship between measured intensity I and concentration q , which for Clark's abundances of the radioactive elements in rock is one of the factors determining lithological origin.

Pages:	12
Figures:	5
Tables:	1
References:	15

36.

Czubek J.A.

Neutron methods in geophysics.In: *Nuclear Techniques and Mineral Resources*. IAEA, Vienna, 1968, 3-21.

ABSTRACT

The applications of neutron methods in geophysics are compared with other nuclear methods in the light of recent progress. These methods are applied to the analysis of geophysical examples in field prospecting, borehole logging and in the laboratory. The elements detected by nuclear geophysics methods are listed. Such detection is possible using the 12 principal neutron methods. The present trend is concentrated on quantitative information concerning the geological formations under investigation which can be treated by these methods. This claim can be fulfilled if the theory of each method is elaborated for the different rock and ore media, but this is not easy even for simple case. Problems discussed are: (1) The problem of slowing-down length of fast neutrons in rock media; (2) Difficulties with the thermal neutron diffusion parameter for rocks; (3) The influence of rock heterogeneity on the response of neutron methods; and (4) Some comparison between theory and experiment for the neutron-neutron method. The two main fields of application of the neutron methods are in oil geophysics and ore geophysics. Recent developments in these fields are outlined and some remarks are made on neutron soil moisture measurements (calibration curve, range, etc.).

Pages:	19
Figures:	17
Tables:	0
References:	31

37.

Czubek J.A., Dumesnil P.

Radiocarottage gamma naturel sélectif.In: *Nuclear Techniques and Mineral Resources*, IAEA, Vienna, 1969, 223-248.

RESUME

Le radiocarottage gamma naturel permet de déterminer la teneur en bismuth-214 (ou RaC) des roches uranifères. La mesure du coefficient d'équilibre des minerais ne pouvant être réalisée de manière satisfaisante in situ, le radiogramme (ou log) obtenu ne permet pas la détermination directe de la teneur en uranium. Le principe de la nouvelle méthode de radiocarottage gamma naturel sélectif consiste à utiliser l'effet photoélectrique dû à la présence de l'uranium dans la roche. Le rayonnement gamma naturel est émis puis diffusé par le minerai. La présence de l'uranium entraîne une modification de la forme du spectre gamma diffusé qui peut être reliée à la teneur. On montre en effet, en appliquant le principe de similitude à l'équation du transport du rayonnement gamma que la valeur numérique d'un certain paramètre P, représentant le rapport des nombres de coups obtenus dans deux bandes I₁ et I₂ du spectre gamma diffusé, dépend de la valeur du nombre atomique équivalent de la roche (Z_{eq}). Pour un gisement donné, la valeur de ce dernier paramètre varie surtout avec la teneur en uranium q_u et très peu avec la composition chimique de la matrice.

Les premiers essais en laboratoire ont été effectués dans des modèles en béton de minerai d'uranium. L'examen des spectres obtenus (sélecteur à 400 canaux) a montré que les deux bandes I₁ et I₂ devaient être comprises respectivement entre 100 et 150 keV. Chaque valeur du paramètre P ainsi obtenue est divisée par la valeur P_s obtenue dans l'un des modèles pris comme référence. L'expérience a montré que le paramètre normalisé, soit P^{*}=P/P_s était une fonction de la teneur de la forme Log P^{*}=A+Bq_u. Les coefficients A et B représentent des constantes d'étalonnage dont la détermination précise nécessite des mesures dans un nombre aussi grand que possible de modèles de teneur en uranium connues. Dans les conditions du laboratoire, l'erreur atteint 10 à 20% pour des teneurs de l'ordre de 0,5%.

Un équipement de terrain monté sur camion a été réalisé. Il comporte une sonde à scintillateur Na(Tl), et en surface, deux sélecteurs monocanaux utilisés pour la définition de bandes I₁ et I₂, ainsi qu'un stabilisateur de spectre. Deux échelles de comptage et deux icomètres linéaires couplés à un enregistreur potentiométrique à deux voies permettent d'obtenir respectivement les taux de comptage I₁ et I₂ en un point fixe et le radiogramme (ou log) correspondant à ces mêmes quantités. Cet appareillage électronique de surface était constitué par éléments standard „Renatran”. L'ensemble était monté sur un camion laboratoire muni des commodités nécessaires au travail de prospection. Les premiers essais conduits à Lodève (France) ont confirmé la validité de la nouvelle méthode. L'accroissement du rapport P=I₂/I₁ avec la teneur est caractérisé par l'intersection des courbes I₁ et I₂ au passage de toute anomalie radioactive notable. L'interprétation quantitative précise de ces résultats nécessite l'élaboration d'une nouvelle méthode de calcul.

Pages:	26
Figures:	20
Tables:	7
References:	8

38.

Czubek J.A.

Badanie widm rozproszonych kwantów gamma w zastosowaniach geofizycznych.*Zesz. Nauk. AGH Mat. Fiz. Chem. 2, 1969, 95-107.*

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono możliwości badania widm rozproszonych kwantów gamma do celów geofizyki jądrowej. Przedyskutowano prace, prowadzone w Zakładzie Geofizyki Jądrowej ITJ AGH oraz w Zakładzie VI IBJ w zakresie profilowań gamma i gamma-gamma.

Pages:	13
Figures:	12
Tables:	0
References:	11

39.

Czubek J.A.

Possibilités d'interprétation des diagraphies de radiocaottage gamma naturel sélectif.*CEN Saclay, Rap. CEA - R 4061, 1970, 27 p.*

RESUME

On établit la relation existant, dans un milieu homogène infini, entre la teneur en uranium q_U et coefficients d'atténuation effectifs du rayonnement gamma μ_1^* et μ_2^* , pour deux domaines énergétiques donnés ($100 < E < 133$ keV pour μ_1^* et $300 < E < 700$ keV pour μ_2^*) et les intensités gamma diffusées I_1 et I_2 mesurées dans ces mêmes domaines.

On décrit une procédure d'interprétation manuelle, qui permet, à l'aide d'abaques définis par des fonctions connues, de déterminer pour chaque anomalie une teneur q_U et une puissance H de la couche minéralisée.

Enfin, il est montré que ce même résultat peut encore être obtenu par une autre méthode de calcul adaptable aux ordinateurs.

Pages:	27
Figures:	1
Tables:	0
References:	15

40.

Czubek J.A.

Calibration of radiometric probes for soil density measurements.*Rap. IFJ* No 715/F, IFJ, Kraków, 1970.

ABSTRACT

A semi-empirical formula for the calibration curve of the gamma-gamma probe is presented in function of:

- soil bulk density
- soil chemical composition
- source-detector spacing
- construction parameters of the probe.

The possibility of elimination of the influence of such parameters as the chemical composition of the soil and the geometrical conditions of measurement on the probe response is discussed, using the so-called two-detectors probe principle. The method of application of the semi-empirical formula for density probe calibration using a small number of models is also given, using the universal calibration curve principle.

Pages:	19
Figures:	3
Tables:	1
References:	9

41.

Czubek J.A.

Pulsed neutron method for uranium well logging.*Rap. IFJ* No 732/PH, IFJ, Kraków, 1971.

ABSTRACT

The physical principles of a new method for uranium detection based on use of a pulsed source of neutrons are presented. The method employs measurement of the neutron time distributions in rock media following a burst of fast neutrons. A time- and energy-dependent (but space-independent) theory is developed for the four principal time distributions that follow production of fission neutrons by each of two possible reactions:

1. Prompt thermal fission of ^{235}U : a). Epithermal neutron time distribution, b). Thermal neutron time distribution.
2. Delayed fission of uranium: a). Neutron time distribution due to delayed fission in ^{235}U , b). Neutron time distribution due to delayed fast fission in ^{238}U .

Theoretical analysis of these phenomena leads to the conclusion that the detection of uranium in rocks is possible using either the epithermal neutron time distribution from the prompt fission of ^{235}U by thermal neutrons or the delayed neutron fission of ^{238}U or thermal neutron fission of ^{235}U .

Experiments performed on laboratory models of uranium ore show the feasibility of detecting fission neutrons and the validity of the theory presented in the paper. For normal borehole-logging measurements, a pulsed neutron source with an average output of about 10^9 n/sec is needed.

Pages:	53
Figures:	4
Tables:	2
References:	18

1971

42.

Czubek J.A.

Gamma-gamma logging.

In: *Nuclear Well Logging in Hydrology*, IAEA, Vienna, 1971, 26-32.

ABSTRACT

The Report prepared by the Working Group on Nuclear Techniques in Hydrology of the International Hydrological Decade.

The Chapter entitled „Gamma-gamma logging” contains the physical principles, limitations, equipment and applications of the gamma-gamma method. For hydrological purposes only the gamma-gamma density and gamma-gamma spectrometric logs are of interest.

Pages:	6
Figures:	4
Tables:	0
References:	34

43.

Czubek J.A.

Neutron logging.

In: *Nuclear Well Logging in Hydrology*, IAEA, Vienna, 1971, 32-42.

ABSTRACT

The Report prepared by the Working Group on Nuclear Techniques in Hydrology of the International Hydrological Decade.

The following topics are presented in the Chapter „Neutron logging”:

1. Neutron logging with isotopes sources
2. Neutron activation logging
3. Neutron logging with pulsed neutron generator sources (neutron-gamma inelastic logging, neutron lifetime logging, fast neutron activation logging).

Pages:	11
Figures:	7
Tables:	1
References:	34

44.

Czubek J.A.

Recent Russian and European developments in nuclear geophysics applied to mineral exploration and mining.*The Log Analyst* **12** (6), 1971, 20-34.

ABSTRACT

A brief of presented of the natural gamma, gamma-gamma, X-ray fluorescence, photo-nuclear, gamma resonance, gamma-neutron, neutron-neutron, neutron activation and pulse neutron techniques used in mineral investigations. The methods are classified according to their application to reconnaissance surveys, detailed exploration or mining. The period from the end of 1967 to the first half-year of 1969 is reviewed using 205 Russian and European reports.

Field sampling and logging applications of selective and density gamma-gamma methods used to evaluate coal, Zn, Pb, Fe, Hg, Cu and Mn deposits are described. The development of the X-ray fluorescence method for in situ determination of Fe, Pb, Sn, Cu, Ba, Mn and Sb is reported. The Mössbauer technique is presented in application to Sn determinations in outcrops and shallow boreholes. Utilisation of neutron methods with isotope sources for borehole activation analysis of Cu, Mn and F is given. Recent application of the gamma-neutron method for beryllium exploration and exploitation is reviewed. The practical application of neutron-gamma and neutron-neutron methods for determination of Fe, B, Hg and Ni are presented. Recent utilisation of the pulsed neutron technique for the exploration of sulphur and mercury are given with some remarks regarding neutron attenuation as a function of grain size for mercury deposits. As for the naturally radioactive elements, the status of the above techniques used for detecting potassium is given. Natural selective gamma and neutron methods for uranium detection in boreholes are also reported.

Each nuclear geophysics method has certain advantages for use in specific cases and under certain geologic conditions. The accuracy of the results of quantitative determinations for specific elements depends on the applicability of the method and the geologic setting. This problem is discussed in particular for the selective gamma-gamma method, and for neutron methods in general.

Pages:	13
Figures:	21
Tables:	0
References:	0

45.

Czubek J.A.

**Differential interpretation of gamma-ray logs:
I. Case of the static gamma-ray source.**

Rap. IFJ No 760/J, IFJ, Kraków, 1971.

ABSTRACT

The problem of digital interpretation of natural gamma ray logs is presented in this paper. The solution of the Fredholm integral equation of the first type

$$I(z) = \int_{-\infty}^{+\infty} q(x)\varphi(z-x)dx$$

is given to obtain the radioactive ore grade distribution $q(z)$ along the borehole axis when the deflections $I(z)$ in gamma-ray logs of the static type are available. This solution was found in the form of rapidly convergent series

$$q(z_0) = \sum_{j=-p}^{+p} I(z_j)b_j; \quad p = 1, 2, 3, \dots$$

where the coefficients b_j are given by the analytical formulas, taking into account the borehole radius R , the length of detector L , the thickness Δh of a hypothetical layer, and the effective gamma-ray absorption coefficient μ of the rock. All the numerical data needed for the calculations are presented in the paper. Examples of gamma-ray log interpretation using this method are given and results are compared with methods reported by the other authors.

Pages:	56
Figures:	6
Tables:	6
References:	12

46.

Czubek J.A., Florkowski T., Niewodniczański J., Przewłocki K.

Rozwój zastosowań techniki jądrowej w geofizyce, górnictwie i hydrologii w Polsce.

Postępy Tech. Jądr. 15, 1971, 1357-1376.

STRESZCZENIE

W artykule omawia się rozwój jądrowych metod profilowania (profilowanie gamma, gamma-gamma, neutronowe, ich zastosowania polowe), rozwój radiometrycznych metod analitycznych (radioizotopowa fluorescencja rentgenowska, analiza aktywacyjna, absorpcja i rozpraszanie promieniowania gamma) oraz zastosowanie technik jądrowych w hydrologii i w górnictwie podziemnym.

Pages:	20
Figures:	11
Tables:	0
References:	85

47.

Czubek J.A.

Differential interpretation of gamma-ray logs: II. Case of the dynamic gamma-ray source.

Rap. IFJ No 793/J, IFJ, Kraków, 1972.

ABSTRACT

The problem of digital interpretation of natural gamma-ray logs is presented in this paper for the case when the gamma-ray curve is measured in a continuous manner (logging speed v) using a rate-meter with a time constant τ . The direct result of measurement, $J(z)$, along the borehole axis 'z' is related to the specific radioactivity distribution $q(z)$ being investigated by the equation:

$$J(z) + v\tau \frac{dJ(z)}{dz} = K \int_{-\infty}^{+\infty} \varphi_d(z-x) \cdot q(x) \cdot dx$$

where K is the calibration constant and the kernel $\varphi_d(z-x)$ is given by the theory of gamma-ray logging. The solution of this equation is given in the form of rapidly convergent series

$$q(z_0) = \sum_{j=-p}^{+p} J(z_j) \cdot d_j(p); \quad p = 2, 3, \dots$$

where the coefficient $d_j(p)$ are given in the analytical form taking into account the borehole radius R , the length L of the detector, the thickness Δh of a hypothetical elementary layer, the effective gamma-ray absorption coefficient μ of rocks, the logging speed v , and the rate-meter time constant τ . All numerical data needed for the calculation of the $d_j(p)$ coefficients are included in the paper. Examples of the gamma-ray log interpretation are presented. A method of transformation of the dynamic logging curve onto the static one is also given.

Pages: 36
Figures: 5
Tables: 6
References: 8

48.

Czubek J.A.

Pulsed neutron method for uranium well logging.*Geophysics* **37**, 1972, 160-173.

ABSTRACT

The physical principles of a new method for uranium detection based on use of a pulsed source of neutrons are presented. The method employs measurement of the neutron time distributions in rock media following a burst of fast neutrons. A time- and energy-dependent (but space-independent) theory is developed for the four principal time distributions that follow production of fission neutrons by each of two possible reactions:

1. Prompt thermal fission of ^{235}U : a. Epithermal neutron time distribution, b. Thermal neutron time distribution.

2. Delayed fission of uranium: a. Neutron time distribution due to delayed fission in ^{235}U , b. Neutron time distribution due to delayed fast fission in ^{238}U .

Theoretical analysis of these phenomena leads to the conclusion that the detection of uranium in rocks is possible using either the epithermal neutron time distribution from the prompt fission of ^{235}U by thermal neutrons or the delayed neutron fission of ^{238}U or thermal neutron fission of ^{235}U .

Experiments performed on laboratory models of uranium ore show the feasibility of detecting fission neutrons and the validity of the theory presented in the paper. For normal borehole-logging measurements, a pulsed neutron source with an average output of about 10^9 n/sec is needed.

Pages:	14
Figures:	4
Tables:	1
References:	20

49.

Czubek J.A., Dumesnil P., Andrieux C.

Essai d'une nouvelle diagrapie uraniumifère par neutrons pulsés.CEN Saclay, *Rap. SES/ERA/AI/72-R13-JM*, 1972.

RESUME

Le but des expériences décrites dans la publication est d'obtenir une nouvelle diagrapie pour mesurer la teneur en uranium des roches. Le principe de cette méthode consiste à détecter, de manière répétitive les neutrons de fission obtenus entre deux irradiations réalisées à l'aide d'un générateur de neutrons pulsé.

En raison de la parfaite reproductibilité des mesures pour un bloc uraniumifère donné, il est permis de supposer que le défaut de linéarité de la courbe d'étalonnage provient du fait que les blocs considérés n'étaient pas fixés à l'intérieur des caissons en plastique. Un équipement de terrain destiné à mettre en oeuvre cette nouvelle diagrapie uraniumifère pourra être réalisé dès que des tubes générateurs de neutrons adaptés aux conditions du forage et présentant un débit suffisant (environ 10^9 n sec⁻¹) seront disponibles. Pour supprimer le comptage parasite, il peut être envisagé de remplacer le compteur à hélium 3 par un BF₃ beaucoup moins sensible aux photons gamma.

Pages:	22
Figures:	9
Tables:	0
References:	2

50.

Czubek J.A., Florkowski T., Niewodniczański J., Przewłocki K.

Progress in the application of nuclear techniques in geophysics, mining and hydrology in Poland.

Proc. of *Peaceful Uses Atomic Energy* U.N. New York, IAEA. Vienna, 1972, A/Conf. 49/P/334, vol. **14**. Toż w: *Nukleonika*, **16** (9-10), 1971, 493-511.

ABSTRACT

The application of nuclear techniques in prospecting and the development of mineral resources have progressed since the last Geneva Conference. The natural gamma-logging method has been refined by improvements in calibration and interpretation of results. A semi-empirical method of calibration for density and chemical composition logging has been introduced in the gamma-gamma technique. A borehole neutron pulsed generator for neutron logging has been constructed. The possibility of using these methods in uranium prospecting is discussed and several examples of field applications are given.

A number of new applications in mining and coal and ore processing are discussed. The hydrotransport of sand and rock for backfilling can now be fully controlled by radiometric methods of measuring density, the velocity of different fractions of the solid phase, etc. and the drying rate, changes in bulk density and anisotropy etc. of the deposited fill can be controlled by neutron and gamma probes with great accuracy. The X-ray fluorescence method is used to evaluate copper deposits (field instruments) and for routine analysis in ore-plant laboratories (zinc-lead ores). The method has also been applied for iron in ores, zircon in sands, etc. Other laboratory radiometric methods including fast neutron and photon activation techniques have been investigated.

In hydrology radioactive tracer methods are being used to investigate leakage from reservoirs and an instrument has been developed for the quantitative determination of the filtration rate through the reservoir bottom. Single-well and multi-well techniques are in routine field use for studying leakage rates or measurements of effective porosity and tightness of underground water screens. Some effort has been spent on the theoretical consideration of tracer dispersion in porous media and useful conclusions drawn on field applications. Data on the environmental isotope concentration in natural waters are being used to identify various water bodies in connection with leakage studies and mining processes.

Pages: 21
Figures: 11
Tables: 0
References: 85

51.

Czubek J.A.

Jądrowe metody poszukiwawcze.

W: „Zarys Geofizyki Stosowanej”. Red. Z. Fajklewicz, Wyd. Geol. Warszawa, 1972,
Cz. VI: „Jądrowe Metody Poszukiwawcze”, 655-733.

STRESZCZENIE

Część pt. „Jądrowe Metody Poszukiwawcze” składa się z następujących rozdziałów:

1. Fizyczne podstawy geofizycznych metod jądrowych
2. Klasyfikacja metod geofizyki jądrowej
3. Aparatura
4. Metody badania składu chemicznego skał
5. Określenie własności fizycznych skał
6. Zastosowanie metod geofizyki jądrowej w badaniach hydrogeologicznych
7. Radiometria uranu
8. Polowe metody geofizyki jądrowej.

Pages:	78
Figures:	55
Tables:	3
References:	52

52.

Czubek J.A., Zuber A.

**Nekotorye problemy yadernoi geofizyki w oblasti inzheniernoi geologii,
gidrogeologii i radiometriczeskogo karotazha.**

W: Jadernaya Geofizika, Atomizdat, Moskwa, 1972, 201-215.

Pages:	15
--------	----

53.

Czubek J.A.

New theory, possibilities and practice in digital interpretation of gamma-ray logs.*Trans. of the SPWLA 14th Annual Logging Symp.*, Lafayette Luisiana, 1973, paper W.

ABSTRACT

The problem of the theory of digital interpretation of natural gamma-ray logs is presented for three principal cases of measurement: the static one (point by point), the continuous one with a ratemeter, the continuous one with a digital record. Under the assumption that the borehole is perpendicular to the geological strata with a variable natural radioactivity, these three problems are described by the Fredholm integral equation of the first kind. At a given point z_i the solution is found in the form of the bounded series:

$$q(z_i) = \sum_{j=-p}^{+p} J(z_{i+j}) \cdot d_j(p); \quad p = 1, 2, \dots, p$$

where $q(z_i)$ is a concentration (or equivalent gamma-ray intensity in the layer of infinite thickness) of radioactive material, $J(z_{i+j})$ are the direct log deflections and the $d_j(p)$ coefficients, given in analytical form, take into account all borehole and measurement conditions.

Examples of gamma-ray log interpretation using this method are given. Application of this method of interpretation is useful in uranium, oil and other minerals exploration when gamma-ray logging is used.

Pages:	22
Figures:	9
Tables:	8
References:	16

54.

Czubek J.A., Niewodniczański J.

Geofizyka stosowana w II Kongresie Nauki Polskiej - Radiometria stosowana.*Postępy Nauk Geol.* **6**, 1974, 115-120.

STRESZCZENIE

Referat omawia następujące zagadnienia:
Retrospektywna ocena rozwoju geofizyki jądrowej w okresie Polski Ludowej. Ocena obecnego stanu geofizyki jądrowej w Polsce na tle osiągnięć nauki światowej. Analiza potrzeb i zarysowujących się tendencji rozwojowych w Polsce. Sugestie dotyczące rozwoju na najbliższe 10 - 15 lat. Ocena znaczenia geofizyki jądrowej dla rozwoju gospodarki narodowej.

Pages:	6
--------	---

55.

Czubek J.A.

Comparison of nuclear well logging data with the results of core analysis.In: *Nuclear Techniques in Geochemistry and Geophysics*, IAEA, Vienna 1976, 93-106.

ABSTRACT

It is possible to consider the results of a geophysical assay of a formation statistically. In this case the geological formation in question is considered as a field for the regionalized variable. The regionalized variable itself (in the sense of Mathero's theory of geostatistics) is defined on some geometrical support being equal to the volume of the sample. In this case the results, or rather their scattering around the mean value, depend on the volume of the sample. This leads to some discrepancies between the results of the geological assay (on the core samples) and the geophysical data. By using the concept of the absolute dispersion coefficient in the de Wijs scheme, it is possible to obtain a new approach to the problem of how to construct the calibration curves for the nuclear probes on the basis of the field borehole logging and the laboratory measurements on the core samples. The method seems to be very interesting for many practical purposes in the evaluation of geological formations for oil and for solid mineral exploration.

Pages:	14
Figures:	6
Tables:	0
References:	5

56.

Czubek J.A., Łoskiewicz J.

Optimum condition for uranium detection in delayed neutron well logging.In: *Exploration for Uranium Ore Deposits*, Proc. IAEA, Vienna, March 29-April 2, 1976, 471-486.

ABSTRACT

Some theoretical results of the determination of optimum measurement conditions are presented in the paper. They deal with the delayed neutron method of uranium logging. The optimum source-detector spacing and the logging velocities were found for both the pulsed and continuous types of logging techniques. The theoretical approach is based on different forms of the Green's function of this problem. The multigroup diffusion approximation was used to obtain the numerical results. An optimum source-detector spacing of around 20 cm was found for the pulsed delayed neutron log with the borehole neutron generator. This optimum distance depends very strongly upon the type of physical process being considered and the lithology of the formation. For the continuous type of log (with ^{252}Cf source) an optimum logging velocity of approximately 48 cm/s (for a source-detector spacing equal to 2 m) was found. Here the unique apparent decay constant 0.241 s^{-1} gives the proper values of the optimum velocities: optimum velocity = $0.241 \times$ source-detector spacing (cm/s) required in the usual logging conditions. Theoretical results given in this paper also contribute to the development of the theory of the usual neutron activation logging when gamma radiation is measured.

Pages:	16
Figures:	8
Tables:	1
References:	12

57.

Czubek J.A., Zorski T.

Recent advances in gamma ray log interpretation.

IAEA Advisory Group Meeting on Evaluation of Uranium Resources, Rome, Italy, Nov. 29 - Dec. 3, 1976, paper AG-64/5.

ABSTRACT

The paper presents a recently developed method of quantitative interpretation of gamma-ray logs. The whole rock space is divided into a set of parallel elementary layers of equal thickness perpendicular to the borehole. The ore grade q is determined for each elementary layer from known gamma-ray log deflections. Gamma-ray logs performed by the continuous ratemeter, point by point, or by continuous digital measurements are discussed. Such parameters as logging velocity, ratemeter time constant, apparatus dead time, borehole radius, detector length, rock density and/or rock absorption coefficient for gamma radiation and different borehole conditions (drilling fluid, casing tubes, etc.) are taken into account. The influence of the rock porosity and its mineralogical density on the calibration factor is discussed. The entire solution of the problem is presented in analytical form and therefore its practical application is very simple. Some details connected with the accuracy of this method of interpretation as well as the field example are also discussed. The tables of all numerical coefficients needed for practical application of this interpretation method are included in the paper.

Pages:	46
Figures:	10
Tables:	4
References:	13

58.

Czubek J.A., Gyurcsak J., Lenda A., Łoskiewicz J., Umiastowski K., Zorski T.

Geostatistical method of interpretation of nuclear well logs.

In: *Nuclear Techniques and Mineral Resources*, IAEA, Vienna 1977, 313-332.

ABSTRACT

The general question of the quantitative interpretation of nuclear well-logging data is discussed. The proposed approach includes: (1) a new system of treatment of digitalized logging data with all necessary corrections for the measurement parameters affecting the 'true' radiation intensities; (2) a statistical approach to the question of a proper standardisation of the recorded logs; and (3) geostatistical comparison of the logging data ('geophysical' image of the formation) and of the data from the chemical assay of the core samples from the formation ('geological' image) under study. Regarding the given geological formation as a kind of stochastic process, and the 'geological' and 'geophysical' images as the two realisations of this process, one can obtain quantitative information on the formation heterogeneity, which when properly employed leads to an adequate method for establishing calibration curves for different nuclear logs. The statistical calibration, combined with the statistical standardisation of the nuclear logs, enables us to perform their quantitative interpretation. The logs need not be standardised or calibrated, provided adequate information from the geological assay is available. A particular case history, the determination of rock porosity and shale content from the neutron-gamma and natural gamma-ray logs for sandstone formation, is given as illustration.

Pages:	20
Figures:	11
Tables:	3
References:	8

59.

Czubek J.A.

Quantitative interpretation of gamma-ray logs.*Gamma Ray, Neutron, and Density Logging*, SPWLA, 1978, 238-273.

ABSTRACT

The nomograms for the interpretation of gamma ray intensity and thickness of the radioactive layers from gamma ray logs are given. The dependence of apparent thickness and intensity on the true thickness and intensity, the diameter probe, the density of the rock and drilling fluid, the speed of the sonde and the time constant of the rate-meter are described. These nomograms present in a simple way an unequivocal solution of this problems.

Pages:	35
Figures:	36
Tables:	0
References:	10

60.

Czubek J.A., Drozdowicz K., Igielski A., Krynicka-Drozdowicz E., Sobczyński Z., Woźnicka U.

Thermal neutron diffusion parameters for light water.*Rap. IFJ* No 1031/AP, IFJ, Kraków, 1978.

ABSTRACT

Neutron diffusion parameters for light water ($\overline{\nu\Sigma_a}$, D_0) have been measured by means of the method with variable buckling in the cylindrical geometry using the pulsed neutron source. The final results obtained are: $\overline{\nu\Sigma_a} = 4729 \pm 47 \text{ s}^{-1}$, $D_0 = 36\,196 \pm 442 \text{ cm}^2/\text{s}$ at temperature $T = 19 \pm 1.5 \text{ }^\circ\text{C}$ and they are in agreement with the data published in the literature. The influence of some measurement parameters like the target-to-sample distance or the shape of the sample have been studied in respect to the final accuracy of the measurement results.

This is the first part of the further measurements of the absorption cross sections of small samples going on in this laboratory.

Pages:	27
Figures:	7
Tables:	5
References:	19

61.

Czubek J.A., Lenda A.

G-function in gamma-ray transport problems.*Rap. IFJ* No **1022/PL**, IFJ, Kraków, 1978.

ABSTRACT

In conclusions of gamma-ray intensities in the cylindrical geometry, especially when the gamma-log is concerned, one has to deal with some special functions:

$$G(B, A) = \int_0^A a \, da \int_0^B \frac{\exp(-\sqrt{a^2 + b^2})}{a^2 + b^2} \, db,$$

$$C(B, A) = \int_0^{\arctg \frac{B}{A}} e^{-A \sec \theta} \cos \theta \, d\theta, \quad \text{and}$$

$$F(B, A) = \frac{1}{2} \frac{1 - E_2(B) - G(B, A)}{1 - G(\infty, A)}.$$

The appropriate mathematical formulae and computational algorithms, serving for their determination were given, together with the FORTRAN program. The values of $G(B, A)$, $F(B, A)$ and $C(B, A)$ were calculated for $A = 0.1 + 5.0$ (0.1), $B = 0.05 + 5.00$ (0.05) and listed in tables.

Pages:	123
Figures:	3
Tables:	4
References:	10

62.

Czubek J.A., Lenda A.

Modele do kalibracji sond radiometrycznych do pomiaru naturalnej promieniotwórczości skał.*Rap. IFJ* No **1036/PL**, IFJ, Kraków, 1978.

STRESZCZENIE

Rozwiązano zagadnienia fizyczne związane z zasięgiem głębokościowym pomiaru naturalnej promieniotwórczości gamma skał. Rozważano promieniowanie pierwotne oraz rozproszone od potasu oraz od linii gamma serii uranu i toru. Promieniowanie rozproszone było rozpatrywane przy użyciu przybliżenia build-up faktora. Obliczono rozmiary dla cylindrycznych modeli skał.

Podane zostały pewne zalecenia do realizacji takich modeli z użyciem mieszanek betonowych.

Pages:	31
Figures:	7
Tables:	3
References:	17

63.

Czubek J.A., Lenda A.

Coefficients used in the digital interpretation of gamma-ray logs.*Rap. IFJ* No **1042/PL**, IFJ, Kraków, 1979.

ABSTRACT

The paper recalls the basic formulae introducing the coefficient $A_j(p)$, $B_j(p)$, $C_j(p)$ and $D_j(p)$, which appear in the theory of differential interpretation of gamma-ray logs, which had been developed by Czubek. The FORTRAN program serving for the calculation of these coefficients for p ranging from 1 to 13 and for both point-like and finite-length types of detector is presented. The values of the coefficients are listed in the tables for $p = 1+13(1)$ and for $\chi = L/\Delta h = 0.0 + 1.0 (0.1)$, where L is the detector length and Δh is the elementary layer thickness.

Pages:	70
Figures:	0
Tables:	1
References:	6

64.

Czubek J.A., Lenda A.

Minimalne rozmiary modeli skał do cechowania sond używanych w profilowaniu neutron-gamma.*Rap. IFJ* No **1055/PL**, IFJ, Kraków, 1979.

STRESZCZENIE

Przedstawiono wyniki minimalnych rozmiarów modeli skał dających 91, 96 i 98 procent sygnału w stosunku do sygnału otrzymanego w ośrodkach nieskończonych. Formą geometryczną modelu jest cylinder o promieniu R i wysokości H , sonda neutronowa o odległości źródło - detektor 60 i 90 cm umieszczona jest na osi modelu symetrycznie w stosunku do jego podstaw. Modele są 'zanurzone' w powietrzu, piasku o porowatości 40% całkowicie nasyconym wodą, piasku o porowatości 30% i wilgotności 10% oraz w wodzie. Modele zbudowane są z piaskowca, wapienia lub dolomitu o porowatościach od 0 do 100 procent. Rozpatrywany sygnał pochodzi od kwantów gamma z wychwytu radiacyjnego neutronów termicznych. Obliczenia prowadzono dla linii γ posiadającej największą energię w danej litologii.

Zagadnienie transportu promieniowania w ośrodkach niejednorodnych w kształcie walca dla źródła punktowego umieszczonego na jego osi rozwiązano w przybliżeniu 1-grupowym dyfuzyjnym. Dla odpowiednich litologii obliczono długości migracji promieniowania dla metody neutron gamma. Z rozwiązania 1-grupowego przez odpowiednią transformację otrzymano strumień kwantów gamma z wychwytu radiacyjnego w funkcji porowatości i rozmiarów ośrodka cylindrycznego.

Minimalne rozmiary modeli cylindrycznych (wysokość i promień) podane są w funkcji porowatości, długości sondy neutronowej, litologii modelu oraz warunków otoczenia modelu.

W drugiej części pracy podano uwagi dotyczące realizacji modeli skał. Ta część pracy jest kompilacją danych literaturowych.

Pages:	96
Figures:	39
Tables:	6
References:	10

65.

Czubek J.A.

Modern trends in mining geophysics and nuclear well logging methods for mineral exploration.

In: *Geophysics and Geochemistry in the Search for Metallic Ores*, P.J. Hood, editor; Geol. Surv. of Canada, Econ. Geol. Rep. 31, 1979, p. 231-272.

ABSTRACT

This paper reviews recent developments in basic research and in the field practice of nuclear logging for mineral exploration, which have been published during 1974-1977, in about 200 papers from geophysical laboratories mostly in eastern Europe.

The main achievements in theory and experimentation in the following logging methods are presented: gamma-ray logging, XRF logging, Mössbauer effect, nuclear gamma resonance, neutron-neutron (resonance, epithermal and thermal) logging, spectrometric neutron-gamma logging, photon-neutron logging, die-away logging with pulsed neutron sources, and activation logging. Some problems of geostatistics applied to nuclear borehole logging also are described. For each logging method the fields of application reported during the last four years are given.

In the second part of the paper, the combined application of different nuclear logging methods for different groups of deposits is reviewed. The deposits discussed are: Iron-bauxite group - Fe, Mn, Al; Base metal group - Cu, Zn, Pb, Hg, Ba; Tin-rare metal group Sn, W, Be, Mo; Ultrabasic group: Cr, Ni; Gold group: Au, Sb, U; Sediments, evaporates and other types of deposit: S, K, B, phosphorite, apatite, fluorite, alunite. Some new possibilities in the future development of nuclear logging methods are also described.

The general conclusion is that the period 1974-1977 was characterised by a moderate development of theoretical research for different kinds of mineral nuclear logging (except for gamma and gamma-gamma methods). The practical application of XRF logging has been rather broad, the neutron methods are starting to be very promising, especially in the spectrometric version (both for radiative capture and activation). New neutron methods for uranium detection have been tried. The practical application of borehole neutron generators is still very limited, and has been confined to the search for mercury deposits. The first applications of the pulsed borehole photon generators for density logging have been reported. For each nuclear logging method the accuracy of the grade determination was at least comparable to that obtained by the usual chemical assay of cores.

Pages: 41
Figures: 23
Tables: 0
References: 210

66.

Czubek J.A., Zorski T.

Recent advances in gamma ray log interpretation.In *Evaluation of Uranium Resources*, IAEA, Vienna 1979, 45-86.

ABSTRACT

The paper presents a recently developed method of quantitative interpretation of gamma-ray logs. The whole rock space is divided into a set of parallel elementary layers of equal thickness perpendicular to the borehole. The ore grade q is determined for each elementary layer from known gamma-ray log deflections. Gamma-ray logs performed by the continuous ratemeter, point by point, or by continuous digital measurements are discussed. Such parameters as logging velocity, ratemeter time constant, apparatus dead time, borehole radius, detector length, rock density and/or rock absorption coefficient for gamma radiation and different borehole conditions (drilling fluid, casing tubes, etc.) are taken into account. The influence of the rock porosity and its mineralogical density on the calibration factor is discussed. The entire solution of the problem is presented in analytical form and therefore its practical application is very simple. Some connected with the accuracy of this method of interpretation as well as the field example are also discussed. The tables of all numerical coefficients needed for practical application of this method of interpretation are included in the paper.

Pages:	41
Figures:	10
Tables:	5
References:	13

67.Bogacz J., Buniak M., Czubek J.A., D¹browski J., Lenda A., Łoskiewicz J., Zazula J.M., Zorski T.**Geostatistical system of interpretation on nuclear well logging data.**

Proc. 24-th Geoph. Symp. Kraków, 1979, Vol.II, 122 -134.

ABSTRACT

Well logging measurement are commonly performed in order to obtain information on porosity, shale content, bulk density etc. This information stems from quantitative interpretation of logging data.

The aim of the system described below is to obtain the information on these geologically important variables from radiometric well logging data. The main guideline is to use both information contained in nuclear well-logging data as well as the information from analyses of rock samples taken from drilling holes. We use both statistical and geostatistical techniques.

The programs which perform the calculations are written for ODRA series of computers but can be quite easily (a program to rewrite them for CYBER72 exists) converted for other computer using FORTRAN language.

Pages:	13
Figures:	8
Tables:	1
References:	3

68.

Czubek J.A.

The concept of measurement of thermal neutron absorption cross section in small samples.*Rap. IFJ* No **1092/AP**, IFJ, Kraków, 1980.

ABSTRACT

Theoretical principles of the method of measurement of the absorption cross section for thermal neutrons are presented in the velocity approach. In consecutive measurements the sample investigated is enveloped in shells of a known moderator of varying thickness and irradiated with the pulsed beam of fast neutrons. The die-away rate of thermal neutrons escaping from such a system is measured. The absorption cross section of the unknown sample is found as the intersection of the experimental curve (die-away rate viz. thickness of the moderator) with the theoretical one calculated for the case of the zero value of the material buckling of the sample.

Pages:	36
Figures:	15
Tables:	0
References:	10

69.

Czubek J.A.

Stochastic approach to the pulsed neutron logging methods.*Rap. IFJ* No **1118/PL**, IFJ, Kraków, 1980.

ABSTRACT

Neutron emissions from a steady state neutron source (of the α -Be or Cf-252 types) can be treated as a white noise stochastic process. In the rock space, according to different neutron well logging methods, different types of radiation resulting from the nuclear reactions between the source neutrons and the nuclei of the rock elements appear. This resulting radiation is in this case the shot noise process. By doing the time cross correlation between the input (white noise) and the output (shot noise) processes, or the auto-correlation of the output process alone, the transmission function of the system is obtained. Here the transmission function is just the die-away curve observed in all kinds of pulsed neutron logs. Experimental principles and the conditions of the correlation measurements are discussed. Nuclear reactions together with the space and time distribution of different types of radiation observed in the neutron well logging methods are presented with a view to getting the rock nuclear parameters from correlation methods.

Pages:	34
Figures:	4
Tables:	0
References:	12

70.

Czubek J.A., Drozdowicz K., Igielski A., Krynicka-Drozdowicz E., Sobczyński Z., Woźnicka U.

**Thermal neutron absorption cross-section for small samples:
experiments in spherical geometry.**

Rap. IFJ No **1119/AP**, IFJ, Kraków, 1980.

ABSTRACT

A new method of determination of thermal neutron macroscopic absorption cross section Σ_a for small samples has been checked experimentally. The measurements have been performed in the spherical geometry by the pulsed method. Two samples (aqueous solutions of boric acid) of known values of the absorption cross section have been used. Good agreement of the measured values of Σ_a with the true ones has been observed.

Pages:	18
Figures:	6
Tables:	4
References:	7

71.

Czubek J.A., Drozdowicz K., Igielski A., Krynicka-Drozdowicz E., Sobczyński Z., Woźnicka U.

Thermal neutron diffusion parameters for light water.

Nukleonika **25**, 1980, 657-666.

ABSTRACT

Neutron diffusion parameters for light water ($\overline{\nu\Sigma_a}$, D_0) have been measured by means of the method with variable buckling in the cylindrical geometry using the pulsed neutron source. The final results obtained are: $\overline{\nu\Sigma_a} = 4729 \pm 47 \text{ s}^{-1}$, $D_0 = 36\,196 \pm 442 \text{ cm}^2/\text{s}$ at temperature $T = 19 \pm 1.5 \text{ }^\circ\text{C}$ and they are in agreement with the data published in the literature. The influence of some measurement parameters like the target-to-sample distance or the shape of the sample have been studied in respect to the final accuracy of the measurement results.

This is the first part of the further measurements of the absorption cross sections of small samples going on in this laboratory.

Pages:	10
Figures:	6
Tables:	2
References:	23

72.

Czubek J.A.

Stochastic approach to the pulsed neutron logging methods.*Acta Geoph. Pol.* **29**, 1981, 3-20.

ABSTRACT

Neutron emissions from a steady state neutron source (of the α -Be or Cf-252 types) can be treated as a white noise stochastic process. In the rock space, according to different neutron well logging methods, different types of radiation resulting from the nuclear reactions between the source neutrons and the nuclei of the rock elements appear. This resulting radiation is in this case the shot noise process. By doing the time cross correlation between the input (white noise) and the output (shot noise) processes, or the auto-correlation of the output process alone, the transmission function of the system is obtained. Here the transmission function is just the die-away curve observed in all kinds of pulsed neutron logs. Experimental principles and the conditions of the correlation measurements are discussed. Nuclear reactions together with the space and time distributions of different types of radiation observed in the neutron well logging methods are presented with a view to getting the rock nuclear parameters from the correlation methods.

Pages:	18
Figures:	4
Tables:	0
References:	12

73.

Czubek J.A.

A method for measurement of thermal neutron absorption cross section in small samples.*J. Phys. D: Appl. Phys.* **14**, 1981, 779-792.

ABSTRACT

Theoretical principles of a method for measuring the absorption cross section for thermal neutrons are presented in a one-velocity approach. In consecutive measurements the sample investigated is enveloped in shells of a known moderator of varying thickness and irradiated with a pulsed beam of fast neutrons. The die-away rate of thermal neutrons escaping from such a system is measured. The absorption cross section of unknown sample is found as the intersection of the experimental curve (die-away rate versus thickness of the moderator) with the theoretical one, calculated for the case when material buckling of the sample is zero.

Pages:	14
Figures:	10
Tables:	0
References:	10

74.

Czubek J.A., Drozdowicz K., Igielski A., Krynicka-Drozdowicz E., Sobczyński Z., Woźnicka U.

**Thermal neutron absorption cross-section for small samples:
experiments in spherical geometry.**

J. Phys. D: Appl. Phys. **14**, 1981, 977-984.

ABSTRACT

A new method of determination of the thermal neutron macroscopic absorption cross section Σ_a for small samples has been checked experimentally. The measurements have been performed with spherical geometry by the pulsed method. Two samples (aqueous solutions of boric acid) with known values of the absorption cross section have been used. Good agreement of the measured values Σ_a with the known ones has been observed.

Pages:	8
Figures:	6
Tables:	4
References:	7

75.

Czubek J.A., Drozdowicz K., Igielski A., Krynicka-Drozdowicz E., Woźnicka U.

How to measure the neutron absorption cross section of rock samples.

Trans. of the SPWLA 22nd Annual Logging Symp., 1981, paper A.

ABSTRACT

The knowledge of the true absorption cross section of thermal neutrons for different rock materials and brines is an important factor in the quantitative interpretation of the neutron lifetime logs. This absorption cross section is directly related to the elemental composition of these materials. Geological materials, however, very often contain some admixtures of highly absorbing isotopes in quantities which are still too low to be detected in the usual elemental analysis (like boron, rare earths, etc.). The only way to know that cross section is to measure it on geological samples. Due to the particular features of rock material (heterogeneities, impossibility to reproduce the sample of exactly the same composition and bulk density and with different dimensions, etc.) this is not an easy task using the experimental methods known so far. A new approach to this problem is presented in the paper.

In consecutive measurements the rock sample (having a fixed and well known shape - in our case it is a sphere) is enveloped in shells of a Plexiglass moderator (the neutron parameters of which are known) of variable thickness and irradiated with the pulsed beam of fast neutrons. The die-away rate of thermal neutrons escaping from the whole system is measured. The absorption cross section of the sample is found as the intersection of the curve (i.e. die-away rate vs. thickness of the moderator) with the theoretical curve. The theoretical curve is calculated for a given moderator under the assumption of a constant value of the neutron flux inside the sample. This method is independent of the transport cross section of the sample. For the liquid sample the one standard deviation of the measurement is of the order of 2 or 3 capture units, whereas for the solid sample it is less than 5 capture units. The volume of the sample needed here is of the order of 1000 ccm.

Pages:	20
Figures:	7
Tables:	5
References:	11

76.

Czubek J.A., Buniak M., Łoskiewicz J., Bogacz J., Dąbrowski J., Lenda A., Zorski T.

**Statistical and geostatistical characteristics of some formations
in the Carpathian Flysch.**

Ann. Soc. Geol. Pol. **52**, 1982, 305-333.

ABSTRACT

The aim of the paper is to establish relations between geostatistical image provided by laboratory core analyses and geophysical image as represented by field logging data. Once these relations are found it is possible to construct calibration curves. This procedure is of special interest in the case when the logging probes were not previously standardized in calibration models. The analysis of the applicability of formulas relating core and logging data has been performed for a few Carpathian flysch series of the upper Cretaceous, Paleocene and Eocene ages. The rock matrix densities are obtained using correlations between rock porosities and their bulk density. Furthermore we obtained the shale density which for upper Cretaceous and Paleocene series was equal to 2.65 but for the Eocene series containing some carbonates the shale density was found to be equal to 2.80. The variograms of porosity correspond in the high porosity regions to spherical scheme whereas in low porosity region we encountered rather the de Wijsian scheme. The variograms of neutron log and natural gamma logs furnished information on the shale intrinsic scheme which is of spherical type but with range of ~10 meters i.e. far larger than in the porosity case.

Pages: 29
Figures: 29
Tables: 1
References: 6

77.

Czubek J.A., Drozdowicz K., Igielski A., Krynicka-Drozdowicz E., Woźnicka U.

**Thermal neutron absorption cross-section for small samples
(experiments in cylindrical geometry).**

Rap. IFJ No **1181/AP**, IFJ, Kraków, 1982.

ABSTRACT

Measurement results for thermal neutron macroscopic absorption cross sections Σ_{a1} when applying the cylindrical sample-moderator system are presented. Experiments for liquid (water solutions of H_3BO_3) and solid (crushed basalts) samples are reported. Solid samples have been saturated with H_3BO_3 „poisoning” solution. The accuracy obtained for the determination of the absorption cross section of the solid material was $\sigma(\Sigma_{ma})=(1.2\pm 2.2)$ c.u. in the case when porosity was measured with the accuracy of $\sigma(\phi)=0.001\pm 0.002$. The dispersion of the Σ_{ma} data obtained for basalts (taken from different quarries) was higher than the accuracy of the measurement.

All experimental data for the fundamental decay constants λ_0 obtained in each series of the experiment together with the whole information about the samples are given in the paper.

Pages: 42
Figures: 11
Tables: 17
References: 9

1982-1983

78.

Czubek J.A., Drozdowicz K., Igielski A., Krynicka-Drozdowicz E., Woźnicka U.

Absorption cross-section for thermal neutrons measured on small rock samples.

Acta Geoph. Pol. **30**, No 4, 1982, 359-370.

ABSTRACT

The knowledge of the true absorption cross section of thermal neutrons for different rock materials and brines is an important factor in the quantitative interpretation of the neutron lifetime logs. The only way to know this cross section is to measure it on geological samples. A new approach to this problem is presented in the paper. During the consecutive measurements the rock sample (of a fixed and well known shape - in our case it is a sphere or a cylinder and the sample is powdered or liquid) is enveloped in shells of a Plexiglass moderator (the neutron parameters of which are known) of variable thickness and irradiated with the pulsed beam of fast neutrons. The die-away rate of thermal neutrons escaping from the whole system is measured. The absorption cross section of the sample is found as the intersection of the curve (i.e. die-away rate vs. thickness of the moderator) with the theoretical curve. This method is independent of the transport cross section of the sample. The method has been checked on artificial materials with a well known elemental composition (liquid or solid) and on natural brines and rock samples. The one standard deviation of the measurement is of the order of 1 up to 3 capture unit. The volume of the sample is of the order of 1000 ccm.

Pages:	12
Figures:	7
Tables:	3
References:	11

79.

Czubek J.A., Drozdowicz K., Igielski A., Krynicka-Drozdowicz E., Woźnicka U.

**Thermal neutron absorption cross-section measured on rock samples and brines
in the Institute of Nuclear Physics.**

Rap. IFJ No **1223/AP**, IFJ, Kraków, 1983.

ABSTRACT

A new approach to the problem of thermal neutron absorption cross section measurement is presented in the paper. The new measurement method has been checked on artificial materials with a well known elemental composition (liquid or solid) and on natural brines and rock samples (basalts and dolomite). The special method of calculation of the variance of the measurement has been established. It is based on the multiple computer simulations of all experimental data used in the computation. This approach makes possible to discuss the contribution of the variance of the measurement of the absorption cross section of geological sample. The one standard deviation of our method is of the order of 1 up to 3 capture unit ($1 \text{ c.u.} = 10^{-3} \text{ cm}^{-1}$). The volume of the sample is of the order of 500 ccm.

Pages:	52
Figures:	11
Tables:	7
References:	23

1983

80.

Remarks on some rock neutron parameters.

Rap. IFJ No 1222/AP, IFJ, Kraków, 1983. Toż w: *Proc. of the IAEA Consultant Meeting on Nuclear Data for Bore-Hole and Bulk-Media Assay Using Nuclear Techniques*, IAEA/NDS/-151/L, IAEA Vienna 1984.

ABSTRACT

Application of borehole neutron methods requires the knowledge of the proper calibration curves. An experimental procedure to get this curves is very complicated, difficult and expensive; the pure theoretical way (using the known neutron codes and neutron data files) is not satisfactory either. A compromise approach is to relate some integral neutron parameters of rocks (like slowing-down length, diffusion length, absorption cross section, neutron lifetime, etc.) to the registered tool signal in a given rock medium. It is possible in this way to „translate” the calibration curves known in one type of lithology to another one. To be able to perform this „translation” a good knowledge of the rock neutron parameters is needed.

A method to calculate the thermal neutron parameters (absorption cross section, diffusion coefficient and diffusion length) of the rocks is given in the paper. It is based on a proper energy averaging of cross sections for all rock matrix and rock saturating liquid constituents. Special emphasis is given to the presence of hydrogen. The diffusion lengths in different lithologies in function of the variable rock porosity have been calculated. An influence of the thermal neutron spectrum on the shape of the porosity calibration curves for the dual spacing neutron method is shown. This influence has been estimated on two porosity units, in average.

Magmatic rocks as a possible source of geothermal energy are now becoming a target of neutron loggings for the porosity determination. Here the knowledge of the slowing-down lengths is of a great importance in a problem of the estimation of the calibration curves. A semi-analytical approach to get this parameter is given in the paper. It was found, as far as concerns the slowing-down of neutrons, that all magmatic rocks behave as sandstone with, however, different content of bound water in the rock matrix and different rock matrix density.

Some neutron methods are based on the detection of epithermal neutrons. For theoretical considerations it is important to know the physical meaning of the registered signal: is it proportional to the epithermal neutron flux, or to the slowing-down density?

From the discussion of experimental data reported in the literature it seems that it is the slowing-down density that is the physical quantity being measured. This conclusion has very important practical implication - the porosity calibration curves depend upon the slowing-down length alone and are independent of the slowing-down cross section for epithermal neutrons.

Pages:	74
Figures:	18
Tables:	3
References:	31

81.

Czubek J.A., Drozdowicz K., Igielski A., Krynicka-Drozdowicz E., Woźnicka U.

Measurement of the thermal neutron absorption cross section of rock samples.

Int. J. Appl. Radiat. Isot. **34**, 1983, 143-151.

ABSTRACT

A knowledge of the absorption cross section of thermal neutrons for rock materials and brines is an important factor in the quantitative interpretation of the neutron lifetime logs. A new method of measurement of that parameter is presented; it is independent of the transport cross section of the sample. The method has been checked on artificial materials and on natural brine and dolomite. The volume of the sample needed here is of the order 500 cm^3 .

Pages:	9
Figures:	7
Tables:	6
References:	12

82.

Czubek J.A.

Kernel functions in gamma ray logs.

Acta Geoph. Pol. **29**, 1983, 51-64. Toż w: *Rap. IFJ* No **1197/AP**, IFJ, Kraków, 1982.

ABSTRACT

Knowledge of the system response function (the so-called kernel) to the presence of an elementary radioactive layer is needed to perform a proper quantitative interpretation of gamma-ray logs. This complex kernel is usually approximated by a combination of the exponential function characterised by the space decrement α . This parameter, α , is a function of the equivalent attenuation coefficient μ of gamma radiation in the rock, the borehole diameter $2R$, the detector length L and the thickness dz of the elementary layer.

An analytical method of calculating the parameter α is presented in the paper. The method is based on the best fit of the approximated kernel to the exact one. The best result is obtained when the approximated and the exact kernels are normalised to the same value at their maxima.

The program for obtaining the α/μ values in the function of the μR , μL and μdz values, written in the BASIC language for the Sharp PC-1211 pocket calculator, is presented.

Pages:	14
Figures:	8
Tables:	1
References:	8

83.

Ferronsky V.I., Czubek J.A.

Stratigraphy of aquifers.In: *Guidebook on Nuclear Techniques in Hydrology*, IAEA, Vienna 1983, p. 257-271.

ABSTRACT

Determining the position of aquifers in a geologic section and obtaining reliable data on the properties of each aquifer is most important for groundwater studies, on both regional and detailed levels. These data serve as a basis for subsequent hydrological development, including investigation of the general flow dynamics within the groundwater system, for locating the source of the groundwater recharge, and for choosing a proper model for calculating movement within the groundwater system.

Present hydrological investigative methods include drilling exploratory wells in which geophysical investigations are made and from which core samples are taken. The core samples are analysed to determine various parameters of the aquifers, such as internal structure, mineralogical composition, density, porosity, and permeability. Geophysical methods are used for studying stratification, for locating aquifers, for estimating the porosity of aquifers, including karstic porosity, and for determining various in-situ parameters.

Coring methods of studying stratified, water-saturated rocks are not adequate because of the difficulties of obtaining structurally intact samples of friable rocks, the problem of defining individual beds and bedding, and the impossibility of getting good porosity profiles and clay contents from the friable sections of the aquifers. Radioactive tracers and especially the radioactive logging methods offer the possibility of defining the above aquifer characteristics in situ and with good accuracy.

Pages:	15
Figures:	5
Tables:	3
References:	9

84.

Czubek J.A., Drozdowicz K., Igielski A., Krynicka-Drozdowicz E., Woźnicka U.

Pomiar przekroju czynnego absorpcji neutronów termicznych dla małych próbek skalnych i wód złożowych.

Mat. Symp. „*Problemy metodyczne wykrywania i badania surowców mineralnych metodami geofizyki wiertniczej*”. Kraków, 30.XI-2.XII.1983, 127-136.

STRESZCZENIE

Praca omawia metodę pomiaru przekroju czynnego absorpcji neutronów termicznych dla małych próbek skalnych i wód złożowych wykorzystującą impulsowy generator neutronów. Przytoczone wyniki eksperymentalne wskazują, że zaproponowana metoda nadaje się do pomiaru przekrojów czynnych absorpcji niewielkich próbek wód złożowych i skał. Dokładność metody w przypadku konieczności zatruwania próbek może zostać podwyższona przez zastosowanie urządzenia do próżniowego nasycania próbek, co znacznie zmniejszy błąd określania porowatości próbki, a tym samym błąd końcowy. Różniące się pomiędzy sobą wyniki otrzymane dla próbek bazaltowych sugerują, że przekrój czynny absorpcji może również służyć jako charakterystyczny parametr geochemiczny.

Pages:	10
Figures:	5
Tables:	2
References:	18

85.

Czubek J.A., Zorski T.

Liniowe zniekształcenia i ich eliminacja w niektórych profilowaniach geofizyki wiertniczej.

Mat. Symp. „*Problemy metodyczne wykrywania i badania surowców mineralnych metodami geofizyki wiertniczej*”. Kraków, 30.XI-2.XII.1983, 171-186.

STRESZCZENIE

Interesujące wielkości fizyczne ośrodka skalnego takie jak oporność, gęstość, zawartość wodoru, zawartość pierwiastków radioaktywnych, czas przejścia fali akustycznej itp. mogą być traktowane jako sygnał wejściowy przechodzący przez układ, którym jest ośrodek skalny, otwór wiertniczy oraz detektor (odbiornik) sondy. Układ ten dostarcza nam w określony sposób przekształconego sygnału wyjściowego, którym jest rejestrowana krzywa określonego profilowania geofizyki wiertniczej. Dla niektórych metod układ ten jest układem liniowym.

Wpływ rozważanych w pracy zniekształceń liniowych ma szczególne znaczenie w przypadku występowania cienkich warstw o miąższości rzędu 1 m i mniejszych. Ma to zasadnicze znaczenie przy poszukiwaniach rud.

Pages:	16
Figures:	5
Tables:	0
References:	13

86.

Czubek J.A.

Advances in gamma-gamma logging.

Int. J. Appl. Radiat. Isot. **34**, No 1, 1983, 153-172.

ABSTRACT

The development of γ - γ logging methods for measuring rock density and elemental composition are presented along with physical background of the methods and experimental results from a number of research laboratories. Some methods of tool calibration based on a semi-theoretical approach are discussed. The basic physical features of some industrial applications are given as well as some remarks about future development.

Pages:	20
Figures:	26
Tables:	0
References:	60

87.

Czubek J.A.

Stochastic approach to the pulsed neutron logging methods.*Int. J. Appl. Radiat. Isot.* **34**, 1983, 119-128.

ABSTRACT

Neutron emissions from a steady state neutron source (of the α -Be or ^{252}Cf types) can be treated as a white noise stochastic process. In the rock space, according to different neutron well-logging methods, different types of radiation resulting from nuclear reactions between the source neutrons and the nuclei of the rock elements appear. The resulting radiation is in the case the shot noise process. By doing the time cross correlation between the input (white noise) and the output (shot noise) processes, or the auto-correlation of the output process alone, the transmission function of the system is obtained. Here the transmission function is just the die-away curve observed in all kinds of pulsed neutron logs. Experimental principles and the conditions of the correlation measurements are discussed. Nuclear reactions together with the space and time distribution of different types of radiation observed in the neutron well-logging methods are presented with a view to getting the rock nuclear parameters from the correlation methods.

Pages:	10
Figures:	4
Tables:	0
References:	12

88.

Cywicka-Jakiel T., Bogacz J., Czubek J.A., Dąbrowski J.M., Łoskiewicz J., Zazula J.M.

On the measurement of specific energy of coals by means of ^{12}C determination using a correlation method.*Int. J. Appl. Radiat. Isot.* **35**, No 1, 1984, 7-13.

ABSTRACT

In order to measure the gross specific energy of coal we propose to measure the ^{12}C content using (n,n' γ) reaction in which 4.43 MeV γ -rays are emitted. We use the correlation technique which can be used in a high background environment. By measuring the covariance function Φ we can obtain a measure of the number of excited ^{12}C nuclei i.e. a value of carbon concentration. The dependence of Φ on carbon content is presented. The relative standard deviations vary from 1.3 to 4.4 % for different points.

Pages:	7
Figures:	8
Tables:	2
References:	16

89.

Czubek J.A., Drozdowicz K., Igielski A., Krynicka-Drozdowicz E., Woźnicka U.

**Determination of the thermal neutron absorption cross-section
for brines and rock samples**

In: *29th International Geophysical Symposium*. Varna, 5-8 September, 1984, 418-428.

ABSTRACT

Knowledge of the absorption cross-section of thermal neutrons for rocks and brines is an important factor in the quantitative interpretation of the neutron lifetime logs. A new method of measurement of that parameter is presented. The method is independent of the transport cross section of the sample. The volume of the sample is of order of 500 ccm. The measurement results for mineralised waters and dolomite and basalt samples are presented.

Pages:	11
Figures:	4
Tables:	1
References:	21

90.

Czubek J.A.

Thermal neutron parameters for rocks.

Acta Geoph. Pol. **32**, 1984, 185-204.

ABSTRACT

The application of borehole neutron methods requires the knowledge of the paper calibration curves. An experimental procedure to obtain these curves is very complicated, difficult and expensive; the purely theoretical way (using the known neutron codes and neutron data files) is not satisfactory, either. A compromise approach is to relate some integral neutron parameters of rocks (such as the slowing-down length, diffusion length, absorption cross section, neutron lifetime, etc.) to the registered tool signal in a given rock medium. It is possible in this way to „translate” the calibration curves known in one type of lithology to another one. To be able to perform this „translation”, a good knowledge of the rock neutron parameters is needed.

Pages:	20
Figures:	7
Tables:	0
References:	22

91.

Czubek J.A.

Measurement of macroscopic neutron absorption cross section and other macroparameters of rocks.*Rap. IFJ* No **1281/AP**, IFJ, Kraków, 1985.

ABSTRACT

The present state of the art in experimental techniques for determination of neutron parameters of rocks is presented. For thermal neutrons the methods of determination of absorption cross section of the rock matrix samples are reviewed in three main groups: when the reactors are used, when the pulsed neutron generators are applied, and for the steady state neutron source technique. The experimental results obtained for different rocks are given for all the above mentioned methods together with the discussion of the standard deviations involved in each method.

Among other neutron parameters experimental methods and results obtained for the slowing down and diffusion length measurements are given. Lack of experimental techniques which could be applied for determination of other rock neutron parameters is evident from this short review.

The importance of the experimental determination of rock neutron parameters is discussed.

Prospects for future development required in the field of rock neutron parameters is presented from the point of view of the very deep borehole projects under way, where the experimental data for rock neutron parameters compatible with the high temperature existing in deep boreholes should be studied.

Pages:	46
Figures:	2
Tables:	13
References:	29

92.

Czubek J.A.

Slowing down of fast neutrons in magmatic rocks.*Acta Geoph. Pol.* **33**, 1985, 45-54.

ABSTRACT

Magmatic rocks as a possible source of geothermal energy are now becoming a target of neutron logging for their porosity determination. Here the knowledge of the slowing-down length is of a great importance for the estimation of the calibration curves. In this paper a semi-analytical approach to obtain this parameter is described. It was found that, as far as the slowing-down of fast neutrons concerns, all magmatic rocks behave as sandstones, but with different content of bound water in the rock matrix and different rock matrix density.

Pages:	10
Figures:	5
Tables:	2
References:	10

93.

Czubek J.A.

Measured signal by epithermal neutron porosity tools.*Acta Geoph. Pol.* **33**, 1985, 189-196.

ABSTRACT

Some neutron methods are based on the detection of epithermal neutrons. For theoretical consideration it is important to know the physical meaning of recorded signal: it proportional to the epithermal neutron flux or to the slowing-down density? From the discussion of experimental data reported in the literature it seems that it is the slowing-down density that is the physical quantity being measured. This conclusion has highly important practical implication: porosity calibration curves depend upon the slowing-down length alone and are independent of the slowing-down cross-section for epithermal neutrons.

Pages:	8
Figures:	6
Tables:	0
References:	10

94.

Czubek J.A., Burda J., Drozdowicz K., Igielski A., Kowalik W., Krynicka-Drozdowicz E., Woźnicka U.

Przygotowanie próbek skalnych do pomiaru makroskopowego przekroju czynnego absorpcji neutronów termicznych.*Rap. IFJ* No **1310/AP**, IFJ, Kraków, 1986.

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono proces przygotowywania próbek matryc skalnych do pomiaru makroskopowego przekroju czynnego absorpcji neutronów termicznych techniką impulsową w małych cylindrycznych układach dwustrefowych. Podane są wymagania konieczne do spełnienia podczas przygotowywania próbki ze względu na założenia fizyczne metody. Naczynie pomiarowe napełnia się zmieloną skałą, którą następnie nasyca się medium silnie absorbującym neutrony termiczne - wodnym roztworem kwasu borowego o znanym makroskopowym przekroju czynnym absorpcji. Określa się udziały masowe tak utworzonej próbki, co w końcowej interpretacji konieczne jest do wyliczenia przekroju czynnego absorpcji samej matrycy. Podane są szczegółowe procedury postępowania w celu zapewnienia wymaganej dokładności pomiaru.

Pages:	62
Figures:	4
Tables:	3
References:	21

95.

Czubek J.A., Drozdowicz K., Gabańska B., Igielski A., Krynicka-Drozdowicz E.,
Woźnicka U.

**Thermal neutron absorption cross sections observed on the reference samples of
"Ottawa Sand", "Royer Dolomite" and "Dunite Sand".**

In: *"XXXI Int. Geophys. Symp. Gdańsk 1986 Proc."*, vol. II, 81-92.

ABSTRACT

The absorption cross section measurements performed for thermal neutrons on the samples supplied by the International Atomic Energy Agency are reported. The results in $10^{-3} \text{ cm}^2/\text{g}$ are: 2.45 ± 0.12 for Ottawa Sand, 2.71 ± 0.21 and 1.93 ± 0.14 for Royal Dolomite and 3.72 ± 0.11 for Dunite Sand.

Pages:	12
Figures:	6
Tables:	1
References:	17

96.

Czubek J.A.

Quantitative interpretation of gamma-ray logs in presence of random noise.

Trans. of the SPWLA 27th Annual Logging Symp., June 1986, paper KKK, p. 25.

ABSTRACT

The recorded intensity of gamma -ray log is the subject of random noise due to the counting statistic and other sources of error. The inverse filter applied to the recorded countrate gives an estimate of the natural radioactivity of rocks. This estimate can differ dramatically from the true value unless the proper solution to this ill-conditioned problem is found.

The solution was found both for the point-by-point and digital record methods as a general regularized solution for an arbitrary character of the space correlation of natural radioactivity of rocks. For the case, when the underlying variogram of natural radioactivity is of the spherical type, the optimum solution was found.

The goodness of estimate of natural radioactivity of rocks was checked applying the inverse filter, found here, to the simulated logs, when the true distribution of natural radioactivity was known.

The main advantage of the method presented in the paper is that all solutions to the problem are given in an analytic form easy to handle with any type of computer or even programmable pocket calculators. Simulation technique permits to adjust, for a given geological environment, the best interpretation procedure. The method can be used for interpretation of the gross-count or spectrometric gamma-ray logs everywhere, where they are used to solve the exploration, mining or geochemical problems.

Pages:	25
Figures:	19
Tables:	0
References:	6

97.

Czubek J.A., Drozdowicz K., Igielski A., Krynicka-Drozdowicz E., Woźnicka U.

Methodology of preparation of rock samples for measurement of the thermal neutron macroscopic absorption cross section.

Rap. IFJ No 1320/AP, IFJ, Kraków, 1986.

ABSTRACT

The method of the sample preparation for the Czubek's method of the measurement of the thermal neutron macroscopic absorption cross section for small rock samples is presented. The preparation of the sample consists in filling the measuring container with the crushed and dried rock matrix and in saturating it with a highly absorbing fluid. The geometric dimensions of the sample, the mass contributions of the components of the entire sample, and the absorption cross section of the saturating solution must be well known in order to determine the absorption cross section of the rock matrix. The determination of the optimum grain size of the rock matrix is important for achieving the highest compaction of the rock in the measuring container. Accuracy of weighing of all components of the sample, determination of the concentration of the saturating solution, saturation of the sample under the vacuum conditions are to be taken into account for estimation of the precision of final results of the measurement.

Pages:	44
Figures:	3
Tables:	3
References:	22

98.

Czubek J.A.

Recenzja monografii "Fizyka i Ewolucja Wnętrza Ziemi" pod redakcją R. Teisseyre'a.

Postępy Fizyki, **37**, 1986, 188-195.

Pages: 8

99.

Czubek J.A., Drozdowicz K., Gabańska B., Igielski A., Krynicka-Drozdowicz E.

**"Ottawa Sand", "Royer Dolomite" and "Dunite Sand" as reference samples
for the thermal neutron absorption cross section.**

Rap. IFJ No 1345/AP, IFJ, Kraków, 1986.

ABSTRACT

The absorption cross section measurements performed for the thermal neutrons on the three samples supplied by the International Atomic Energy Agency are reported. The absorption cross section was measured using a method developed at the Institute of Nuclear Physics in Kraków (Poland). The method consists in the irradiation by pulsed fast neutron beam of the system containing the investigated sample surrounded by an outer moderator. The decay constant of the thermal neutron flux in the system is measured as a function of the thickness of the moderator. The absorption cross section of the sample is obtained from combining the experimental results and the theoretical calculation.

Few independent assays were performed for each sample. The average values of the mass absorption cross section in $10^{-3} \text{ cm}^2/\text{g}$ are: 2.45 ± 0.23 for Ottawa Sand, 2.71 ± 0.42 and 1.93 ± 0.28 for Royal Dolomite and 3.72 ± 0.22 for Dunite Sand (at the 95% confidence level). The paper contains individual results of the mass and linear absorption cross sections and the densities of the rock for each assay. Some experimental details and intermediate results in consecutive assays are also included.

Pages:	44
Figures:	6
Tables:	27
References:	25

100.

Czubek J.A., Drozdowicz K., Gabańska B., Igielski A., Krynicka-Drozdowicz E.

**"Ottawa Sand", "Royer Dolomite" and "Dunite Sand" as reference samples
for the thermal neutron absorption cross section.**

Nucl. Geophys. 1, No 4, 1987, 291-300.

ABSTRACT

Thermal neutron absorption cross section measurements on three samples supplied by the International Atomic Energy Agency are reported. The absorption cross section was measured using a method developed at the Institute of Nuclear Physics in Kraków, Poland. The method consists of irradiation by a pulsed fast neutron beam of the system containing the investigated sample surrounded by an outer moderator. The decay constant of the thermal neutron flux in the system is measured as a function of the thickness of the moderator. The absorption cross section of the sample is obtained by combining the experimental results with a theoretical calculation.

Several independent assays were performed for each sample. The average values of the mass absorption cross section (in units $10^{-3} \text{ cm}^2/\text{g}$) are 2.45 ± 0.23 for Ottawa Sand, 2.71 ± 0.42 and 1.93 ± 0.28 for Royer Dolomite, and 3.72 ± 0.22 for Dunite Sand (at the 95% confidence level).

Pages:	10
Figures:	6
Tables:	9
References:	25

1987

Simulation of geological profiles and gamma ray log*Nucl. Geophys.* **1**, 1987, 83-109.

ABSTRACT

In the various quantitative methods of interpretation of γ -ray logs the major question is, how much can one trust of results? This is equivalent to the question, how close are the estimated $q(z)$ data to the true $q(z)$ ones, where q is the grade of radioactive material along the borehole depth z . The $q(z)$ values are never known in the real borehole, whereas the availability of model facilities is very limited and the $q(z)$ profiles offered by these have little in common with the true geological environmental conditions. In the real geological conditions the $q(z)$ values have some statistical distribution and space correlation. The idea was to simulate the real geological profile. The problem was solved for the spherical type of variogram and for the normal and/or logarithmic-normal distribution of the q values. Once the $q(z)$ is known, the intensity of the radiation field is calculated. The following parameters are taken into account: borehole radius, detector length, thickness of the elementary layer, effective linear attenuation coefficient of the rock, calibration factor and the absorption of radiation by the borehole fluid. To calculate the recorded signal one includes the following parameters into the calculation: proper background of the instrument, type of record (digital or point-by-point; which requires the knowledge either of the logging speed or the measurement period), random noise due to the counting statistics and due to the other, non-identified sources of noise. The simulated „true” log data can be used to check the validity of any method of interpretation of γ - ray logs.

Pages:	27
Figures:	18
Tables:	6
References:	12

102.

Czubek J.A.

Solution to the interpretation of gamma ray logs in presence of random noise.*Nucl. Geophys.* **1**, 1987, 125-145.

ABSTRACT

The recorded intensity of γ - ray logs are subject to random noise due to counting statistics and other sources of error. The inverse filter applied to the recorded countrate gives an estimate of the natural radioactivity of rocks. This estimate can differ dramatically from the true value unless the proper solution to this ill-conditioned problem is found.

The solution was found both for the point-by-point and digital record methods as a general regularized solution for an arbitrary character of the space correlation of natural radioactivity of rocks. For the case, when the underlying variogram of natural radioactivity is of the spherical type, the optimum solution was found.

The goodness of the estimate of natural radioactivity of rocks was checked by applying the inverse filter, found here, to the simulated logs, when the true distribution of natural radioactivity was known.

The main advantage of the method presented is that all solutions to the problem are given in an analytical form which can be handled easily with any type of computer and even with programmable pocket calculators. The method can be used for interpreting gross-count or spectrometric γ - ray logs in many exploration, mining and geochemical problems.

Pages:	21
Figures:	19
Tables:	0
References:	9

103.

Czubek J.A., Przewłocki K.

Profilowanie gamma otworów wiertniczych w Polsce i jego wpływ na dalszy rozwój geofizyki jądrowej.*Zeszyty Naukowe AGH im. St. Staszica* Nr **1133**, Fizyka, Zeszyt Nr **13**, 15-26, Kraków, 1987.

ABSTRACT

W artykule przedstawiono główne kierunki badań prowadzonych na przestrzeni ostatnich 38 lat w Akademii Górniczo-Hutniczej oraz Instytucie Fizyki Jądrowej w Krakowie. Celem artykułu było pokazanie, jak tematyka geofizyki jądrowej rozwijała się w tych ośrodkach, poczynając od pierwszej pracy prof. M. Mięśowicza w 1948 roku.

Pages:	18
Figures:	4
Tables:	0
References:	41

104.

Czubek J.A., Kołakowski L.

Symulacja głębokościowego rozkładu warstw geologicznych. Program HQSW.*Rap. IFJ* No **1383/AP**, IFJ, Kraków, 1987.

STRESZCZENIE

Niniejsze opracowanie prezentuje metodę symulacji modelu warstwowego ośrodka geologicznego składającego się z dwóch typów warstw przy założonej rozdzielczości Δh rozpatrywanego parametru geofizycznego odpowiadającej miąższości hipotetycznych warstewek elementarnych.

Uwzględniane są dwa typy rozkładów geostatycznych parametrów ośrodka: zmodyfikowany normalny i ucięty logarytmiczno-normalny, dla których zadawane wartości oczekiwane i wariancje parametrów wprowadzonych typów warstw.

Przedstawiony w pracy program symulacyjny HQSW generuje losowo, ale w sposób powtarzalny, sekwencje typów warstw, ich miąższości, średnie radioaktywności właściwe warstewek elementarnych warstw oraz wariancje radioaktywności właściwej w poszczególnych warstwach.

Pages:	56
Figures:	14
Tables:	1
References:	8

105.

Czubek J.A.

NEWCROSS.BAS program. 26 neutron group cross section library for geophysical application.*Rap. IFJ* No **1388/AP**, IFJ, Kraków, 1988.

ABSTRACT

For the elements: H, B, C, N, O, F, Na, Mg, Al, Si, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni and Pb a 26 neutron group library of cross sections have been calculated for energies ranging from 14 MeV down to 0.215 eV. The following cross sections have been calculated: SR(J) - removal, STR(J) - transport and SL(J,L) - slowing down from the energy group J down to the group J+L. These group cross sections have been calculated using the algorithms proposed by KREFT starting from the microscopic cross section library of ABAGYAN et al. The library is in the form of the program NEWCROSS.BAS written in BASIC for IBM PC microcomputers. This library is used to calculate the slowing down parameters of rocks using the programs SLOWDOWN.BAS, SLOWN1.BAS or SLOWN2.BAS

Pages:	36
Figures:	0
Tables:	1
References:	8

106.

Czubek J.A.

SLOWN2.BAS program for calculation of the rock neutron slowing down parameters.*Rap. IFJ No 1397/AP*, IFJ, Kraków, 1988.

ABSTRACT

The most important parameter needed in numerous methods of neutron calculations in nuclear geophysics is the slowing down length value for a given rock. The SLOWN2.BAS program written in BASIC for the IBM PC was written for this purpose. The model of the rock taken for calculation is a rock matrix which can contain such elements as H, B, C, N, O, F, Na, Mg, Al, Si, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Pb. The pore space of the rock can be filled with brine of a given salinity (in ppm of NaCl) and with hydrocarbons of the form $n.CH_x$. The calculation can be performed for different neutron sources: Ra-Be, Po-Be, Pu-Be, Am-Be, Cf-252, 14 MeV, 10.5 MeV, 6.5 MeV, 4.0 MeV, 2.5 MeV, 1.4 MeV, 0.8 MeV, 0.4 MeV, 0.2 MeV and 0.1 MeV using the 26 neutron group cross section library introduced by another program called NEWCROSS.BAS.

Further parameters calculated by the SLOWN2.BAS program are: the effective diffusion coefficient for the neutron slowing down process, the neutron slowing down time, the probability of the neutron escaping absorption during the slowing down process and space integrated spectrum of the neutron flux as a function of the neutron lethargy. All results can be stored on a disk and retrieved afterwards using an auxiliary program REPRO2.BAS also included in this report.

Pages:	53
Figures:	1
Tables:	10
References:	10

107.

Czubek J.A.

Some problems of geostatistics in the interpretation of geophysical data.

In: *Sciences dla la Terre No 27*, Mars 1988: Informatique Geologique - Geomathematics and Geostatistics Analysis Applied to Space and Time Dependent Data. Editors: B.Namys³owska-Wilczyńska, J.J. Royer. Annales de l'Ecole Nationale Superieure de Geologie Appliquee et de Prospection Miniere de Recherches Petrographiques et Geochimiques (C.N.R.S.) et des Laboratoires des Sciences de la Terre de L'Universite Nancy (France), pp. 317-334.

ABSTRACT

Geostatistical methods are very suitable for well logging measurement interpretation. The derivation of the calibration curves for nuclear well logging methods and the simulation of geological formations are presented in the paper. To establish the calibration curves the multivariate statistical distributions are applied together with some geostatistical characteristics of geophysical data and of geological formations. An algorithm for simulating geological sections with a given underlying variograms is described.

Pages:	18
Figures:	12
Tables:	0
References:	11

108.

Czubek J.A.

**Półempiryczna kalibracja sond neutronowych
(Przybliżenie jedno- i dwu-grupowe).***Rap. IFJ No 1413/AP, IFJ, Kraków, 1988.***STRESZCZENIE**

W Raporcie przedstawiono zasady fizyczne nowej, półempirycznej metody kalibracji sond neutronowych do pomiaru porowatości skał. W pierwszej części Raportu podano krótki opis zagadnień fizyki transportu neutronów w ośrodkach materialnych wraz z omówieniem elementarnych oddziaływań neutronów z jądrami (przekroje czynne, grupowe przekroje czynne). Podano definicje najważniejszych całkowitych parametrów charakteryzujących transport neutronów w skałach. Omówiono trzy podstawowe sposoby kalibracji sond: empiryczny, teoretyczny i półempiryczny, podając dosyć dokładny przegląd tego ostatniego.

W dalszej części Raportu przedstawiono nowe podejście do półempirycznej metody kalibracji sond. Metoda ta opiera się na zdefiniowaniu pozornej długości spowalniania lub migracji neutronów rejestrowanych przez sondy umieszczone w realnych warunkach geometrycznych odwiert-skała. Pozorne długości spowalniania lub migracji obliczane są jako stosunki odpowiednich momentów przestrzennego rozkładu neutronów wzdłuż osi otworu wiertniczego. Podano wyniki teoretyczne dla przybliżenia jedno i dwugrupowego transportu neutronów w układzie geometrycznym odwiert-skała dla nieosiowego położenia sondy w odwiercie.

Dla bloków kalibrujących Bazy Geofizyki Wiertniczej w Zielonej Górze podano parametry fizyczne i chemiczne znane do 1 czerwca 1988 (podano też niektóre parametry tych bloków poznane i później, ale już nie wykorzystano ich do dalszych obliczeń). Na podstawie tych danych obliczono parametry neutronowe bloków kalibrujących w BGW.

W końcowej części Raportu pokazano przykład określania krzywej kalibracji sondy dwudetektorowej bazując na nowej teorii półempirycznej kalibracji i wykorzystując obliczone parametry neutronowe bloków BGW oraz wyniki pomiarów wykonane w tych blokach.

Najważniejszym osiągnięciem półempirycznej metody kalibracji sond neutronowych jest możliwość przedstawienia na jednej krzywej kalibracji punktów doświadczalnych otrzymanych daną sondą w blokach o różnej porowatości, różnej litologii i w odwiertach o różnych średnicach.

Pages:	171
Figures:	53
Tables:	24
References:	52

109.

Czubek J.A.

NEROTH.BAS program for rock thermal neutron parameter calculations.*Rap. IFJ* No **1403/AP**, IFJ, Kraków, 1988.

ABSTRACT

The paper gives the NEROTH.BAS program calculating the thermal neutron diffusion rock parameters averaged over the neutron spectrum: absorption cross section, diffusion coefficient and diffusion length. Besides the listing of the NEROTH.BAS program all formulae used to calculate these parameters are reported. The calculation is based on the microscopic neutron cross section data files created by another program THERCROS.BAS, which is also included in this report. The resulting output data can be stored on a disk and then retrieved by using the program REPROTH.BAS. The following input data are needed for the calculation: the elemental composition of the rock matrix, its mineralogical density, porosity, water saturation, brine salinity and the density of hydrocarbons. The calculation can be carried out with varying porosity, or water saturation index or brine salinity. The matrix elemental composition can be introduced into the calculation either in oxide form or as the content of particular elements. There are no technical limitations as concerns the elemental composition of the rock matrix. The results are also given for neutrons of velocity of 2200 m/s.

Pages:	51
Figures:	0
Tables:	6
References:	7

110.

Czubek J.A.

How accurately are the rock neutron parameters known? SLOWN32.BAS program.*Rap. IFJ* No **1140/AP**, IFJ, Kraków, 1989.

ABSTRACT

SLOWN32.BAS program, written in Quick Basic 4.0, allows us to calculate the neutron slowing down parameters together with their standard deviations for a given rock, provided that the standard deviations of the input data are known. The input data are: rock matrix elemental composition (in an elemental or oxide form), rock matrix density, rock porosity, water saturation index of porosity, brine density, brine salinity, and density of saturating hydrocarbons (all data together with standard deviations). The resulting neutron parameters are: slowing down length, slowing down diffusion coefficient, slowing down time (all three parameters both in the length or time units and in mass-length and density-time units), slowing down probability and the lethargy spectrum of slowing neutrons (together with their standard deviations). The size "n" of the "sample" taken for calculation of the standard deviations is optional. All neutron parameters can be calculated for the following "source" neutrons: Ra-Be, Po-Be, Pu-Be, Am-Be, Cf-252, 14 MeV, 10.5 MeV, 6.5 MeV, 4.0 MeV, 2.5 MeV, 1.4 MeV, 0.8 MeV, 0.4 MeV, 0.2 MeV and 0.1 MeV. The final neutron energy is 0.025 eV. An example of calculation for the Indiana Limestone and Mucharz Sandstone is shown.

Pages:	65
Figures:	3
Tables:	7
References:	4

111.

Czubek J.A.

**Confidence belt for the rock thermal neutron parameters.
NEROTH32.BAS program.***Rap. IFJ No 1448/AP, IFJ, Kraków, 1989.*

ABSTRACT

NEROTH32.BAS program, written in Quick Basic 4.0, allows us to calculate the thermal neutron parameters (as averaged over the entire thermal neutron energy spectrum and/or for neutrons of the velocity 2200 m/s) together with their standard deviations for a given rock, provided that the standard deviations of the input data are known. The input data are: rock matrix elemental composition (in an elemental or oxide form), rock matrix density, rock porosity, water saturation index of porosity, brine density, brine salinity, and density of saturating hydrocarbons (all data together with standard deviations) and, if occurred, measured rock matrix, brine and hydrocarbons absorption cross sections, respectively. The resulting neutron parameters are: diffusion length, diffusion coefficient, slowing down cross section and transport cross section (all parameters both in the length units and in the mass-length units). The size "n" of the "sample" taken for calculation of the standard deviations is optional. There is no limitation in the calculations as concerns the elemental composition of the rock matrix. An example of calculation for the Indiana Limestone and Mucharz Sandstone is shown.

Pages:	65
Figures:	0
Tables:	5
References:	9

112.

Czubek J.A.

Rock neutron parameters: how to get and use them?*Proc. 34th Int. Geophys. Symp., Sept. 4-8, 1989, Budapest, Hungary, vol. I, 147-157.*

ABSTRACT

The knowledge of the neutron slowing down and diffusion parameters of rocks is needed for the calibration of neutron porosity tools. Short description of the computer codes SLOWN2.BAS and NEROTH.BAS (written in GWBasic) calculating such parameters like slowing down length, diffusion coefficient of the slowing down process, slowing down time, probability of the slowing down, space integrated neutron spectrum of slowing neutrons, and diffusion length, diffusion coefficient and absorption cross section for thermal neutrons are given in the paper (both for the 2200 m/s and spectrum averaged neutrons). The examples of calculation are shown for typical rocks having variable porosity, salinity etc.

A separate problem is the accuracy with which the neutron slowing down parameters are known. It depends upon the accuracy (or standard deviations) with which the input parameters such like density, porosity, salinity, elemental content etc. are known. The program SLOWN32.BAS (written in QuickBasic 4.0) is solving this problem. An example of such calculation is given for one of the calibration sandstone block used in Zielona Góra.

Pages:	12
Figures :	12
Tables:	0
References:	10

113.

Czubek J.A., Drozdowicz K., Gabańska B., Igielski A., Krynicka-Drozdowicz E.,
Woźnicka U.

**Experimental statistics of thermal neutron mass absorption cross section
measurements for geological samples.**

Proc. 34th Int. Geophys. Symp., Sept. 4-8, 1989, Budapest, Hungary, vol. I, 159-169.

ABSTRACT

The absolute measurement method of the thermal neutron macroscopic absorption cross section has been elaborated in the Henryk Niewodniczański Institute of Nuclear Physics in Kraków. The method is applied to determine this parameter for geological samples with small volumes, e.g. for short segments of cores. The results of measurements performed in the Institute during 1985-1989 years for the samples from well logs with different lithologies and stratigraphies are presented in this paper.

Pages:	11
Figures:	1
Tables:	6
References:	8

114.

Czubek J.A.

Rock neutron parameters - I. Neutron slowing-down parameters.

Int. J. Radiat. Appl. Instrum. Part E., Nucl. Geophys. **4** (2), 1990, 143-167.

ABSTRACT

Knowledge of the neutron slowing-down and diffusion parameters of rocks is needed for the calibration of neutron porosity tools. Short description of the computer codes SLOWN2.BAS and SLOWN32.BAS calculating such parameters as slowing-down length, diffusion coefficient of the slowing-down process, slowing-down time, probability of the slowing-down, and space integrated neutron spectrum of slowing neutrons are given in the paper. The examples of calculation are shown for typical rocks having variable porosity, salinity, elemental composition, etc.

Another problem to solve is the accuracy with which the neutron slowing-down parameters are known. It depends upon the accuracy (or standard deviations) with which the input parameters such as density, porosity, salinity, elemental content etc. are known. The program SLOWN32.BAS (written in QuickBasic 4.0) solves this problem. An example of calculation is given for some rocks used as calibration blocks.

Pages:	25
Figures:	30
Tables:	6
References:	26

115.

Czubek J.A.

**Rock neutron parameters
II. Thermal neutron parameters.***Int. J. Radiat. Appl. Instrum. Part E., Nucl. Geophys.* **4** (3), 1990, 293-304.

ABSTRACT

The paper describes, how to calculate the principal thermal neutron parameters for rocks. The parameters of interest are: absorption cross section, diffusion length and diffusion coefficient. All those parameters should be calculated for two distinct physical situations: one for the thermal neutron velocity 2200 m/s and the other as averaged over a slow neutron energy spectrum which exists in a given rock. The method of calculation is shown on the example of the well known test pits in Houston Texas made from the Carthage Marble, Indiana Limestone and Austin Chalk. An additional example is the Mucharz Sandstone used in Poland for test pits. The results obtained for the test pits show the importance of experimental knowledge of the rock matrix absorption cross section. Without this data any calculation of the rock thermal neutron diffusion parameters is almost meaningless, because the trace elements present in the rock matrix but escaping from its routine elemental analysis give a very significant contribution to the rock absorption cross section and hence to the rest of thermal neutron diffusion parameters.

The method of computation of the accuracy, with which all these parameters can be known for a given rock is also presented in the paper. This accuracy is, in the first approximation, defined by the accuracy with which the hydrogen content in the rock elementary volume is known and by the accuracy of the rock matrix absorption cross section measurements.

Pages:	12
Figures:	6
Tables:	7
References:	17

116.

Czubek J.A.

Calibration of neutron porosity tools using semi-empirical approach.

Trans. of the SPWLA 31st Annual Logging Symposium, Lafayette Louisiana, June 24 -27, 1990, paper QQ, 1-18.

ABSTRACT

The signal of a neutron porosity tool depends upon such parameters as lithology (type of the rock matrix and its properties), rock porosity and the type of its saturation, borehole conditions (borehole diameter, type of casing, cement, drilling fluid, etc.), tool parameters (tool diameter and its position in the borehole, type of the detector(s) used, type of the neutron source, source-to-detector(s) spacing(s), properties of the neutron filters inside the tool, etc.). One of the solutions to the problem of calibration of the neutron porosity tools is the correlation of the tool readings with the rock neutron properties such as slowing down or migration lengths, i.e. with the rock neutron parameters characterising the space behaviour of the neutron field in an infinite rock medium (without borehole or tool) when the point isotropic neutron source is embedded in the rock. This approach eliminates almost entirely the influence of the variable rock lithology on the neutron readings leaving, however, the problem of variable borehole diameter (and in general, variable borehole conditions) unsolved.

What is proposed in the paper is the correlation of the tool readings with some parameter characterising the space behaviour of the neutron field inside the borehole, i.e. in the space where the tool is situated. Such "apparent rock neutron parameter" is taking into account not only the neutron rock properties but the borehole and tool properties too. This parameter (called "apparent migration length") is obtained as the ratio of the 4-th and 2-nd spatial moments of the neutron distribution along the tool (or borehole) axis. As a result of such approach the experimental points (tool readings) obtained for different rocks (lithology) characterised by different porosities and characters of saturating fluids, observed in boreholes of different diameters, when plotted against the apparent neutron migration length, give one smooth correlation line.

The apparent neutron migration length can be calculated for a given tool for any kind of the combination of the rock matrix, porosity, pore saturation, borehole diameters etc., hence, starting from the correlation line mentioned above, any porosity calibration curve is possible to generate for a given neutron tool. Practical examples of calibration curves obtained for real neutron tools are shown. They start from the very simple approximations (one, two or three diffusion energy groups) of the neutron moderation and diffusion in the rock/borehole environments.

Pages:	18
Figures:	12
Tables:	1
References:	12

117.

Czubek J.A.

**Praktyka półempirycznej kalibracji sond neutronowych
(Instrukcja).***Rap. IFJ No 1499/AP*, IFJ, Kraków, 1990.

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono aktualny stan rozwoju półempirycznej metody kalibracji porowatościowych sond neutronowych. Na początku pracy zostały w sposób bardzo krótki podane zasady fizyczne samej metody z położeniem nacisku na sekwencje programów używanych do obliczeń w całej procedurze kalibracji. Podano zasady korelacji wskazań sondy (zarówno termicznej jak i epitermicznej) z kombinacjami pozornych parametrów neutronowych bloków kalibrujących.

W drugiej części pracy przedstawiono własności fizyczne, chemiczne oraz neutronowe bloków kalibrujących znajdujących się w ośrodku kalibrującym w Zielonej Górze. Specjalna uwaga została zwrócona na niepewności, z jakimi znane są istotne parametry bloków takie jak zawartość wodoru w jednym centymetrze sześciennym bloku oraz przekrój czynny absorpcji neutronów termicznych. Podane zostały przykłady korelacji wskazań eksperymentalnej sondy DSN-102 z pozornymi parametrami neutronowymi bloków kalibracyjnych dla 30 cm sondy epitermicznej, 30 i 50 cm sond termicznych oraz dla stosunku wskazań termicznej sondy krótkiej i długiej. Okazało się, że znajomość zawartości wody związanej w szkieletie skalnym niektórych bloków (Biała Marianna, Mucharz i Brenna) jest niewystarczająca oraz, że należy kontynuować badania przekroju czynnego absorpcji neutronów termicznych w matrycach skalnych bloków kalibrujących, zwłaszcza węglanowych.

W trzeciej części pracy pokazano metodę otrzymywania standardowej porowatościowej krzywej kalibracji dla sondy z jednym i dwoma detektorami termicznymi. Przedstawiono obliczenia teoretyczne poprawek porowatości dla zmiennej średnicy odwiertu oraz dla zmiennej litologii na przykładzie sondy eksperymentalnej DSN-102. Dla sondy z pojedynczym detektorem znaleziono, że wpływ zmian przekroju czynnego absorpcji na określanie porowatości jest bardzo duży, natomiast dla sond z dwoma detektorami wpływ ten jest znacznie mniejszy.

Na końcu raportu przedstawiono skróconą instrukcję półempirycznej kalibracji sond neutronowych. W zakończeniu podano plan dalszych badań nad rozwojem półempirycznej metody kalibracji.

Pages:	155
Figures:	46
Tables:	27
References:	14

118.

Czubek J.A.

Rock neutron parameters.*Acta Geoph. Pol.* **38**, 417-455 (Rocznik 1990 wydany w 1992).

ABSTRACT

Some knowledge of the neutron slowing-down and diffusion parameters of rocks is needed for the calibration of neutron porosity tools. The paper contains short descriptions of the computer codes SLOWN and NEROTH. They are calculating such material parameters as slowing-down length, diffusion coefficient of the slowing-down process, slowing-down time, probability of the slowing-down, space interested neutron spectrum of slowing neutrons, diffusion length and diffusion cross section for thermal neutrons. Examples of the calculation are shown for typical rocks of variable porosity, elemental composition, etc.

Another problem to be solved is the accuracy with which the neutron slowing-down parameters are known. It depends upon the accuracy (or standard deviations) of the input parameters, such as density, porosity, salinity, elemental content etc. The programs SLOWN32 and NEROTH32 (written in Quick Basic 4.0) solve the problem. The rock thermal neutron parameters should be calculated for two distinct situations: for the thermal neutron velocity of 2200m/s, and as averaged values over a slow neutron energy spectrum which exists in a given rock. As example of the calculation is given for the rocks used as reference or calibration blocks in USA (API test pits in Houston, Texas) and in Poland (Calibration Centre in Zielona Góra). The results obtained for the test pits show the importance of the experimental knowledge of the bound water content in the rock matrix and rock matrix absorption cross section. Without these data any calculation of the rock neutron parameters (both for slowing-down and for thermal neutron diffusion) is almost useless.

Pages:	39
Figures:	29
Tables:	12
References:	38

119.

Czubek J.A., Drozdowicz K., Gabańska B., Igielski A., Krynicka E., Woźnicka U.

Advances in absolute determination of the rock matrix absorption cross section for thermal neutrons.

Nucl. Geophys. **5** (1/2), 1991, 101-107.

ABSTRACT

A method of measuring the neutron absorption cross section Σ_a of samples gives the absolute value of the parameter in question. The method uses a pulsed 14 MeV neutron beam, and the die-away curve of thermal neutron escaping from the measured sample is recorded. A volume of about 170 cm³ of crushed rock is used to measure the Σ_a value of the sample. Saturation of the sample by highly absorbing solutions is needed for typical rock samples. Calculation of the mass absorption cross section of the rock requires knowledge of the following quantities: the decay constant of neutron die-away curve, the neutron parameters of Plexiglass, the absorption cross section of the saturating fluid, and a correction factor of the method. The standard deviation for the measured mass absorption cross section of samples of different lithology is in the range of 4-20% of the measured value.

Pages:	7
Figures:	2
Tables:	5
References:	8

120.

Czubek J.A., Drozdowicz K., Gabańska B., Igielski A., Krynicka-Drozdowicz E., Woźnicka U.

Advances in absolute determination of the rock matrix absorption cross section for thermal neutrons.

Acta Geoph. Pol. **39** (1), 1991, 97-111.

ABSTRACT

The neutron absorption cross section Σ_a measurement method elaborated in the Institute of Nuclear Physics gives the absolute value of the parameter mentioned above. The volume of about 170 cm³ of a crushed rock is enough to measure Σ_a value of the sample. The sample is surrounded by the Plexiglass moderator of different dimensions, irradiated by pulsed neutron beam and the decay constant of the thermal neutron flux is measured as a function of the thickness of Plexiglass moderator. The diffusion equation for such two-medium cylindrical system is solved and the Σ_a of the inner sample is obtained from combining the experimental results and the theoretical calculation. The saturation of the samples by highly absorbing solution is needed when the existing experimental set-up is used for typical geological rock samples. The calculation of the final results i.e. the mass absorption cross section of the sample needs the knowledge of the following values: experimental data on the decay constants, neutron parameters of Plexiglass, absorption cross section of saturating fluid, correction factor of the method. All the values are measured and/or calculated with high accuracy in order to obtain the final results with standard deviation as small as possible. The deviation for mass absorption cross section measured for samples of different lithology is in the range of (4-20)% of the measured value.

Pages:	15
Figures:	0
Tables:	6
References:	14

121.

Czubek J.A.

Scaling neutron fields in well logging.*Int. J. Radiat. Appl. Instrum. Part E., Nucl. Geophys.* **6** (4), 1992, 445-486.

ABSTRACT

Neutron logging tool readings (both for a single detector and for compensated tools) can be correlated with a General Neutron Parameter (GNP). The GNP is a specific combination for every tool design, of apparent neutron parameters. Apparent neutron parameters are analytical functions of the real neutron parameters of borehole and formation materials, borehole size and tool diameter. They are defined as those neutron field parameters which are sense by a logging tool situated inside a borehole. Analytical formulae are presented for calculating the apparent neutron parameters.

The method of determining values of the GNP is demonstrated for four real tools. All examples relate to the variation of porosity in the following conditions: a single lithology with a variable borehole diameter for fresh water saturation (single detector tool) a single borehole diameter for a variable lithology for fresh water saturation (dual detector tool); a single lithology saturated with fresh water with variable borehole diameter inside which brine of variable salinity exists (dual detector tool); a variable lithology for a single borehole diameter when both borehole and formations are filled with brine or fresh water (dual detector tool).

By a scaling procedure one General Calibration Curve is obtained, where all experimental tool readings fall on one relationship irrespective of the nature of the calibration facility (the borehole diameter, lithology, fluid salinity, etc.). Further application of scaling by the GNP parameter permits the porosity calibration curves to be established for all borehole any formation conditions.

Pages:	41
Figures:	37
Tables:	7
References:	21

122.

Czubek J.A.

Neutron parameters of brines.*Nucl. Geophys.* **7**, 1993, 1-34.

ABSTRACT

Analytical approximations have been established for following parameter of brines: density, slowing down length, slowing down diffusion length, slowin down time, probability to escape resonance absorption during the slowing down process, diffusion length, diffusion coefficient, absorption cross-section. All analytical approximations are given as functions of temperature, pressure and salinity. Brine is considered as a solution of NaCl in H₂O. The validity of such a brine model has been checked against real brines. For the range of physical parameters (temperature, pressure, salinity), where the experimental data were available, the approximations proposed in the paper give very good agreement between the calculated and measured values. The analytical formulae for brine neutron parameters are needed in semi empirical calibration method of neutron porosity tools in well logging. The temperature influence has been found more important than the salinity for all brine neutron parameters but the absorption cross section of thermal neutrons. It has been also shown that the published results on brine elemental content has to be very carefully checked before being accepted for use.

Pages:	34
Figures:	36
Tables:	9
References:	34

123.

Czubek J.A.

Krytyczna ocena rutynowych pomiarów radonu w atmosferze kopalnianej wykonywanych w Polsce.*Postępy Techniki Jądrowej* **36** (3/4), 1993, 2-38.

STRESZCZENIE

Przedstawione zostały metody i strategie pomiarowe stosowane w Polsce do pomiaru stężeń radonu i produktów jego rozpadu w atmosferze kopalnianej. Problematyką tą zajmują się przede wszystkim takie Instytuty jak IMP, GIG i sporadycznie CLOR i IFJ. Są to metody bazujące na pomiarze tylko radonu w komorach dyfuzyjnych z detektorami śladowymi, pomiarze tylko krótkożyciowych produktów rozpadu radonu detektorami śladowymi lub termoluminescencyjnymi. Ponadto używa się metod pomiarów chwilowych stężeń produktów rozpadu radonu bazujących na metodzie Markowa. Zebrano istniejący materiał porównawczy pozwalający na ewentualną ocenę zgodności wyników otrzymywanych przez te instytucje. Okazało się, że poza metodami klasycznymi (typu komory Lucasa) oraz metodami chwilowymi (typu metody Markowa) trudno jest znaleźć wiarogodny materiał doświadczalny pozwalający na jednoznaczne porównanie stosowanych metod. Wydaje się, że wskazania dozymetrów używanych przez IMP są zazwyczaj wyższe niż wskazania dozymetrów bazujących na innych metodach pomiarowych. U wszystkich instytucji zajmujących się problematyką radonową stwierdzono niedostateczne dopracowanie statystycznej obróbki wyników pomiarowych.

Pages:	36
Figures:	35
Tables:	2
References:	66

124.

Czubek J.A.

Neutron tool calibration by a scaling procedure.*Nucl. Geophys.* **8** (3), 1994, 261-279.

ABSTRACT

The practical application of the scaling procedure to establish the calibration curve and the related interpretation charts for the dual-detector neutron porosity tool is this paper. The Western Atlas CNL No. 2435 tool was taken as an example. The basic calibration curve was designed for this tool for an $^{241}\text{Am-Be}$ neutron source in CaCO_3 formation saturated with fresh water in a 200 mm borehole. The tool was in sidewall position. The entire set of porosity correction curves has been obtained for the following variable parameters: borehole diameter, rock matrix, absorption cross section, borehole and formation salinity, tool stand-off, lithology and rock matrix density. The lithologies treated were: sandstone, limestone, dolomite and basalt. The latter was used to show the feasibility of the scaling procedure in designing the calibration curves and interpretation charts for environments not usually treated in common calibration facilities. The possible application of this type of calibration for variable pressure and temperature conditions has also been given. All calculation have been performed using the special codes: SLOWN22, NEROTH2, REPRNT22, LMBRIN22, PLM21 and LITHOS1 designed by the author.

Pages:	17
Figures:	21
Tables:	1
References:	14

125.

Czubek J.A.

Dead time of dual detector tools.*Nucl. Geophys.* **8** (4), 1994, 317-326.

ABSTRACT

A theory of the dead time for the dual detector nuclear tool with the analogue signal transmission is given in the paper. At least two different dead times exist in such tools: the dead time of detectors (for final computation they are assumed identical to each other) and the dead time of the signal transmission set-up. A method of two radioactive sources is proposed to measure these two different dead times. When the times used for measuring of every contrate needed in the dead time determination algorithm are taken into account, the statistical accuracy of the dead time determinations can be obtained. These estimations are performed by the computer simulation method. Four computation codes have been elaborated for different measurement conditions. The theory and the numerical solutions were checked both by the simulation calculations and by the experiments performed with the ODSN-102 tool (The experiments were performed by T.Zorski).

Pages:	10
Figures:	3
Tables:	4
References:	3

126.

Czubek J.A.

Oprogramowanie półempirycznej metody kalibracji sond neutronowych.

"Ekologia w Górnictwie a Geofizyka", Ustroń, 19-21 październik 1994, 85-95.

STRESZCZENIE

W latach 1988-1993 opracowano metodę ilościowej kalibracji sond neutronowych do pomiaru porowatości skał, która uzyskała nazwę metody półempirycznej. W pracy przedstawiono sekwencję obliczeń i pomiarów przy stosowaniu tej metody kalibracji. Programy używane w tej kalibracji: NEWCROSS, SLOWN22A, NEROTH22, DEADT2D, DEADT2DS, DEAD2D, DEAD2DS, DEADTIME, REPRNT22, LMBRIN22, PLM21 i LITHOS1. Dla każdego programu podano, jakie dane wejściowe są stosowane i co jest wynikiem obliczeń. Podano całą logiczną sekwencję przetwarzania danych, poczynając od własności fizyko-chemicznych modeli kalibrujących, do obliczania dla modeli ich prawdziwych parametrów neutronowych. Na podstawie znajomości prawdziwych parametrów neutronowych modeli kalibrujących oraz średnicy sondy, jej położenia w odwiercie oraz charakterystyki samego odwiertu oblicza się pozorne parametry neutronowe "odczuwane" przez sondę dla konkretnej konfiguracji sonda-odwiert-warstwa. Przez odpowiednią korelację pozornych parametrów neutronowych ze wskazaniami sondy otrzymanymi w każdym z modeli kalibrujących otrzymuje się tzw., generalny parametr neutronowy oraz uogólnioną krzywą kalibracji. Cała procedura kalibracji została przygotowana z myślą o jej zastosowaniu do modeli w BGW Zielona Góra oraz krajowych konstrukcji sond neutronowych.

Pages:	11
Figures:	4
Tables:	0
References:	19

127.

Czubek J.A.

Czas martwy pojedynczego detektora promieniowania jądrowego.

"Ekologia w Górnictwie a Geofizyka", Ustroń, 19-21 październik 1994, 61-72.

STRESZCZENIE

W pracy podano podstawy teorii czasu martwego pojedynczego detektora. Przedstawiono opis metody pomiaru czasu martwego przy pomocy dwu źródeł promieniotwórczych. Podano rozwiązania analityczne tego problemu spotykane w literaturze kładąc nacisk na ich przybliżony charakter. W pracy podano nową metodę rozwiązywania równania opisującego wpływ czasu martwego detektora na jego wskazania w metodzie dwu źródeł. Jest to rozwiązanie numeryczne. Poprzez wprowadzenie do rozważań czasów pomiaru poszczególnych intensywności oraz wykorzystując możliwości symulacji liczb przypadkowych o rozkładzie normalnym, opracowano program DEADTIME, który rozwiązuje postawiony problem podając jako wynik końcowy zmierzony czas martwy detektora oraz odchylenie standardowe, z jakim ten czas martwy został wyznaczony. Zwrócono również uwagę na konieczność zebrania odpowiedniej statystyki impulsów (znacznie przewyższającą tzw. statystykę 1%) pozwalającą na zmierzenie wyznaczanego czasu martwego z zadaną dokładnością.

Pages:	12
Figures:	2
Tables:	0
References:	10

128.

Czubek J.A.

Dwa czasy martwe sond dwudetektorowych.

"Ekologia w Górnictwie a Geofizyka", Ustroń, 19-21 październik 1994, 73-83.

STRESZCZENIE

Przedstawiona została teoria czasu martwego dla sond dwudetektorowych z analogową transmisją sygnału. W sondach takich są przynajmniej dwa różne czasy martwe: czas martwy detektorów (w końcowych obliczeniach przyjmuje się, że jest on jednakowy dla obu detektorów), oraz czas martwy układu transmisyjnego. Ponadto, z uwagi na znacznie większą częstość zliczeń rejestrowaną przez detektor bliski źródła (kanał 1) w stosunku do detektora umieszczonego daleko od źródła (kanał 2), w torze detektora "bliskiego" stosuje się zazwyczaj dzielniki częstości zliczeń tak, aby częstości zliczeń rejestrowane z obu detektorów były ze sobą porównywalne. Zaproponowano metodę dwu źródeł radioaktywnych do pomiaru obu tych czasów jeżeli znana jest wartość dzielnika częstości zliczeń w pierwszym kanale sondy. Otrzymano algorytm iteracyjny pozwalający na obliczenie tych czasów martwych na podstawie pomiarów. Przez wprowadzenie do algorytmu obliczeniowego zmierzonych intensywności i czasów ich pomiaru otrzymano algorytm pozwalający na ocenę dokładności wyznaczania czasów martwych. Ocena ta jest dokonywana przy pomocy symulacji komputerowej. Stworzono cztery programy obliczeniowe DEADT2D (DEAD2D) oraz DEADT2DS (DEAD2DS). Pierwszy z nich oblicza czasy martwe na podstawie zmierzonych intensywności, zaś drugi prowadzi obliczenia symulacyjne i dostarcza informacji o dokładności wyznaczenia tych czasów martwych. Dwie opcje każdego z programów wynikają ze wzajemnych stosunków zmierzonych czasów martwych do wartości dzielnika częstości zliczeń pierwszego kanału. Rozwiązania teoretyczne sprawdzono zarówno obliczeniami symulacyjnymi jak i wynikami eksperymentalnymi otrzymanymi dla sondy ODSN-102 (pomiaru wykonane przez T. Zorskiego).

Pages:	11
Figures:	2
Tables:	0
References:	3

129.

Czubek J.A.

Półempiryczna metoda kalibracji sond neutronowych do pomiaru porowatości.*Nafta-Gaz* **50** (9), 1994, 378-388.

ABSTRACT

W pracy przedstawiono zasady półempirycznej kalibracji sond neutronowych do pomiaru porowatości skał. Przy opisie metody położono nacisk na omówienie poszczególnych programów obliczeniowych oraz sekwencji ich stosowania. Zasada półempirycznej metody kalibracji opiera się na korelowaniu wskazań sondy otrzymanych w różnych modelach z tzw. pozornymi parametrami neutronowymi. Parametry te odzwierciedlają charakterystyki pola neutronowego „widzianego” przez sondę umieszczoną w odwiercie.

Przedstawiane wyniki zostały otrzymane przez autora w ramach projektów badawczych KBN No 9.0609.91.02, 6.6318.91.02, 9.9047.91.02 oraz 9.9211.93c.

Pages:	11
Figures:	7
Tables:	2
References:	21

130.

Czubek J.A.

Metodyka i oprogramowanie semiempirycznej metody kalibracji sond neutronowych.*Geologia (AGH)* **20** (2), 1994, 121-146.

ABSTRACT

W latach 1988-1993 opracowano metodę ilościowej kalibracji sond neutronowych do pomiaru porowatości skał, która uzyskała nazwę metody półempirycznej. W pracy przedstawiono sekwencję obliczeń i pomiarów przy stosowaniu tej metody kalibracji. Opisano stosowane oprogramowanie oraz podano przykłady obliczeń. Programy używane w tej kalibracji: NEWCROSS, SLOWN22A, NEROTH22, DEADT2D, DEADT2DS, DEAD2D, DEAD2DS, DEADTIME, REPRNT22, LMBRIN22, PLM21 i LITHOS1. Dla każdego programu podano, jakie dane wejściowe są stosowane i co jest wynikiem obliczeń. Podano całą sekwencję przetwarzania danych, poczynając od własności fizyko-chemicznych modeli kalibrujących, do obliczania dla modeli ich prawdziwych parametrów neutronowych. Na podstawie znajomości prawdziwych parametrów neutronowych modeli kalibrujących oraz średnicy sondy, jej położenia w odwiercie oraz charakterystyki samego odwiertu oblicza się pozorne parametry neutronowe "odczuwane" przez sondę dla konkretnej konfiguracji sonda-odwiert-warstwa. Przez odpowiednią korelację pozornych parametrów neutronowych ze wskazaniami sondy otrzymanymi w każdym z modeli kalibrujących otrzymuje się tzw. generalny parametr neutronowy oraz uogólnioną krzywą kalibracji.

Uogólnioną krzywą kalibracji transformuje się następnie do standardowej krzywej kalibracji określonej dla jednej średnicy odwiertu, jednych warunków odwiertowych i jednej litologii. Cała procedura podzielona jest na dwa etapy: etap kalibracji oraz etap obliczania poprawek porowatości (względem standardowej krzywej kalibracji) ze względu na zmienną średnicę odwiertu, zmienną litologię (w tym zmienny przekrój czynny absorpcji neutronów termicznych w szkielecie skały, zmienną gęstość mineralogiczną szkieletu skały), zmienne zasolenie wód nasycających skałę oraz znajdujących się w odwiercie, zmienne położenie sondy w odwiercie (tzw. *stand-off effect*), zwrócono uwagę na możliwości obliczania poprawek temperaturowych. Podano przykłady stosowania tych programów do danych fizyczno-chemicznych modeli kalibrujących w BGW Zielona Góra oraz dla sondy DSN-102 i niektórych sond zagranicznych (Schlumberger i Western Atlas). Praca zawiera również katalog własności fizyko-chemicznych modeli w BGW Zielona Góra według stanu ich znajomości w październiku 1992.

Pages:	26
Figures:	7
Tables:	13
References:	19

131.

Czubek J.A.

Czas martwy detektora promieniowania jądrowego.*Geologia (AGH)* **20** (2), 1994, 185-200.

STRESZCZENIE

W pracy podano podstawy teorii czasu martwego pojedynczego detektora. Przedstawiono opis metody pomiaru czasu martwego przy pomocy dwu źródeł promieniotwórczych. Podano rozwiązania analityczne tego problemu spotykane w literaturze kładąc nacisk na ich przybliżony charakter. W pracy podano nową metodę rozwiązywania równania opisującego wpływ czasu martwego detektora na jego wskazania w metodzie dwu źródeł. Jest to rozwiązanie numeryczne bazujące na metodzie Newtona. Poprzez wprowadzenie do rozważań czasów pomiaru poszczególnych intensywności oraz wykorzystując możliwości symulacji liczb przypadkowych o rozkładzie normalnym, opracowano program DEADTIME, który rozwiązuje postawiony problem podając jako wynik końcowy zmierzony czas martwy detektora oraz odchylenie standardowe, z jakim ten czas martwy został wyznaczony. Poprawność działania programu została sprawdzona na rachunkach symulacyjnych opisanych szczegółowo w pracy. Zwrócono również uwagę na konieczność zebrania odpowiedniej statystyki impulsów (znacznie przewyższającą tzw. statystykę 1%) pozwalającą na zmierzenie wyznaczanego czasu martwego z zadaną dokładnością.

Pages:	16
Figures:	3
Tables:	4
References:	10

132.

Czubek J.A.

Czas martwy sond dwudetektorowych.*Geologia (AGH)* **20** (2), 1994, 201-216.

STRESZCZENIE

Wskazania sondy dwudetektorowej są silną funkcją czasów martwych sondy. W takiej sytuacji występuje konieczność z jednej strony pomiaru tych czasów martwych, a z drugiej strony włączenia poprawek na czas martwy do procesów interpretacyjnych. Poprawki te mogą dochodzić nawet do parudziesięciu procent. Zmierzone czasy martwe sondy metodą dwu źródeł niekoniecznie pokrywają się z czasami martwymi anonsowanymi przez konstruktorów elektroniki. Jest to efekt, dla którego nie znaleziono jeszcze racjonalnego wytłumaczenia. Metoda obliczeń była sprawdzana jako rozwiązanie zagadnienia wprost, a potem to rozwiązanie służyło jako dane wejściowe do rozwiązania zagadnienia odwrotnego. Test ten pozwala zakładać, że obliczanie czasów martwych według metody zaprezentowanej w pracy jest jedyną drogą do poprawnego interpretowania mierzonych stosunków wskazań detektorów sondy.

W pracy zostały wykorzystane wyniki pomiarów czasu martwego sondy dwudetektorowej ODSN-102 wykonane przez dr T.Zorskiego (Zakład Geofizyki Wydz. Geol., Geof. i Ochrony Środowiska AGH) we wrześniu 1993.

Pages:	16
Figures:	5
Tables:	4
References:	3

133.

Czubek J.A.

Neutron logging tool readings and neutron parameters of formations.

Invited paper at 4th International Conference on Applications of Nuclear Techniques: "Neutron and their Applications", Crete, Greece, June 12-18, 1994.

ABSTRACT

A case history of the calibration of neutron porosity tools is given in the paper. The calibration of neutron porosity tools is one of the most difficult, complicated and time consuming tasks in the well logging operations in geophysics. A semi empirical approach to this problem is given in the paper. It is based on the correlation of the tool readings observed in known environments with the apparent neutron parameters sensed by the tools. The apparent neutron parameters are functions of the true neutron parameters of geological formations and of the borehole material, borehole diameter and the tool position inside borehole. The true integral neutron transport parameters are obtained by the multigroup diffusion approximation for slowing down of neutrons and by one thermal neutron group for the diffusion. In the latter, the effective neutron temperature is taken into account. The problem of the thermal neutron absorption cross section of rocks is discussed in details from the point of view of its importance for the well logging results.

Pages:	16
Figures:	22
Tables:	0
References:	42

134.

Czubek J.A., Drozdowicz K., Gabańska B., Krynicka E., Igielski A., Woźnicka U.

Wykorzystanie zjawiska zaniku impulsowego strumienia neutronów termicznych do pomiaru makroskopowego przekroju czynnego absorpcji próbek skał.

W Materiałach VI Krajowej Konferencji Naukowo-Technicznej: Najnowsze Osiągnięcia Metodyczno - Interpretacyjne w Geofizyce Wiertniczej. Dobczyce k/Krakowa, 28-30.09.1994, 143-152.

STRESZCZENIE

Makroskopowy przekrój czynny absorpcji neutronów termicznych Σ_a jest istotnym parametrem w interpretacji pomiarów czasu życia neutronów termicznych w odwiertach oraz przy kalibracji sond neutronowych. Dla tych zastosowań najbardziej adekwatna jest znajomość ww. parametru zmierzonego wprost na próbkach danego materiału geologicznego. Do pomiaru Σ_a na próbkach skał wykorzystano zjawisko zaniku strumienia neutronów termicznych w ośrodkach dwustrefowych składających się z próbki (o objętości około 170 cm³) i otaczającego ją moderatora. Stwierdzono występowanie silnej korelacji pomiędzy stałą zaniku strumienia neutronów termicznych w takim złożonym ośrodku a przekrojem czynnym absorpcji wewnętrznego ośrodka. Efektem przeprowadzonych obliczeń jest opracowanie prostej, szybkiej metody wyznaczania Σ_a dla próbek skalnych. Metoda sprowadza się do jednokrotnego pomiaru stałej zaniku strumienia neutronów termicznych w ściśle określonej geometrii próbka-moderator i wyznaczeniu Σ_a próbki na podstawie krzywych kalibracyjnych. Metoda pozostaje w bardzo dobrej zgodności z opracowaną w latach 80-tych w IFJ metodą Czubka bezwzględnej pomiaru Σ_a na małych próbkach.

Pages:	10
Figures:	3
Tables:	1
References:	7

1994-1995

135.

Czubek J.A., Drozdowicz K., Gabańska B., Igielski A., Krynicka E., Woźnicka U.

**Thermal neutron macroscopic cross section measurement
(theory, experiments and results) for small environmental samples.**

In: *Nuclear Data for Science and Technology*, vol. I, pp.170-172, Proc. Int. Conf. Gatlinburg, Tenn., May 9-13, 1994. Am. Nucl. Soc. Inc., 1994, La Grange Park, Ill.

ABSTRACT

Czubek's method of measurement of the thermal neutron macroscopic absorption cross section of small samples has been developed at the Henryk Niewodniczański Institute of Nuclear Physics in Kraków, Poland. Theoretical principles of the method have been elaborated in a one-velocity approach where thermal neutron parameters used have been averaged over the Maxwellian. The method does not use any reference absorption standard and is independent of the transport cross section of the measured sample.

A volume of about 170 ccm of a fluid or a crushed rock is used to measure the absorption of the sample. The standard deviation for the measured mass absorption cross section of rock samples is in the range of 4-20% of the measured value and for brines is on the order of 0.5%. Until now about one hundred rock samples of different lithology and stratigraphy have been measured with the method. Three important rock absorption standards: Ottawa Sand, Royer Dolomite, and Dunite Sand, have also been measured with the method under an intercomparison programme for determining the macroscopic neutron absorption cross section for rocks, guided by the International Atomic Energy Agency in Vienna.

Pages:	3
Figures:	1
Tables:	1
References:	8

136.

Czubek J.A.

**Basic foundations of the internal structure of the calibration factor
for the gamma-ray log.**

Nucl. Geophys. **9**, 1995, 169-192.

ABSTRACT

The problem of the γ -ray log calibration factor is discussed with relation to the determination of the ore grade and to geochemical applications. The influence of the physical parameters of the formation (bulk density, porosity) and its elemental composition (equivalent atomic number) on the calibration factor is shown. The two calibration factors: "wet" and "dry" are distinguished in order to determine the "dry" ore grade (in mass of radioactive material per unit mass of dry ore) and the "wet" ore grade (in mass of radioactive material per unit mass of ore in the natural geological formation). Primary and scattered photons are taken into account in the study of the calibration factor characteristics. The entire uranium and thorium radioactive families are taken into account, as well as the case, when all three major sources of natural rock radioactivity are present: i.e. potassium, uranium and thorium. The influence of borehole conditions on the calibration factors are discussed. As a result the best experimental conditions for the γ -ray tool calibration have been established. The link of the calibration factors with the API γ -ray units are also presented.

Pages:	24
Figures:	15
Tables:	4
References:	32

1995

**Σ_a laboratory measurements for geological samples
(by pulsed method).**

Trans. of the SPWLA 36th Annual Logging Symposium, Paris, France, June 26-29, 1995, paper R.

ABSTRACT

The advances in a method of measurement of the thermal neutron macroscopic absorption cross section Σ_a of small rock samples are presented. Theoretical principles of the method have been established in a one diffusion group approach, where thermal neutron parameters used have been averaged over the modified Maxwellian. In the consecutive measurements the investigated sample is enveloped in shells of a moderator of varying thickness. The neutron parameters of the moderator should be well known. The entire sample-moderator system is irradiated by a pulsed beam of fast neutrons. The neutrons are slowed down in the system and the die-away rate of escaping thermal neutron flux is measured. The time decay constant *versus* the thickness of the moderator creates an experimental curve. The absorption cross section of the sample is found from the intersection of the experimental curve with a theoretical one which is calculated for the case, when the dynamic material buckling of the inner sample is set to zero.

No reference absorption standard is required and the method is independent of the transport cross section of the measured sample.

For geological formations the measured samples are composed from the crushed rock matrix saturated with a highly absorbing liquid. A calculation of the mass absorption cross section of the rock matrix requires the knowledge of the following quantities: the decay constant of the neutron die-away curve, the neutron parameters of the external moderator (Plexiglass), and the absorption cross section of the saturating fluid. The sample volume is about 170 ccm. The standard deviation of the measured mass absorption cross section of the rock matrix is in the range of 4 to 20 per cent of the measured value and for brines is of the order of 0.5 per cent. The highest value of the standard deviation arrives for the lowest values of the measured absorption cross section *i.e.* for pure silica. About one hundred rock samples of different lithology and stratigraphy have been measured until now. The Polish neutron calibration facility (at Zielona Góra) was also sampled by this method.

Another faster and cheaper procedure was developed in the frame of this method for its routine applications. This method was established through a careful consideration of all experimental results obtained till now. It requires a single die-away measurement performed with only one size of the Plexiglass moderator. A detailed discussion of the procedure has allowed to apply a computer simulation of the behaviour of the statistical errors to estimate the accuracy for each fast assay of the sample.

Pages:	10
Figures:	5
Tables:	2
References:	17

138.

Czubek J.A., Drozdowicz K., Gabańska B., Igielski A., Krynicka E, Woźnicka U.

**Pomiar makroskopowego przekroju czynnego absorpcji neutronów termicznych
na małych próbkach materiału
przy użyciu impulsowego generatora neutronów.**

Krajowe Sympozjum "*Technika jądrowa w przemyśle, medycynie, rolnictwie i ochronie środowiska*", Warszawa, 24-26 kwietnia 1995.

STRESZCZENIE

W Instytucie Fizyki Jądrowej została opracowana oryginalna metoda pomiaru makroskopowego przekroju czynnego absorpcji neutronów termicznych Σ_a materiałów. Do wykonania pomiaru potrzebna jest pojedyncza próbka materiału o objętości około 170 cm³. Próbka otaczana jest koncentryczną warstwą moderatora i naświetlana impulsowym strumieniem neutronów z generatora. Neutrony spowalniają się w układzie próbka-moderator i rejestrowany jest zanikający w czasie strumień neutronów termicznych. Stałe zaniku podstawowej harmonicznej tego strumienia λ_0 zmierzone dla kilku układów, różniących się rozmiarami zewnętrznego moderatora \tilde{R}_2 , stanowią krzywą eksperymentalną $\lambda_0(\tilde{R}_2)$ potrzebną do wyznaczenia Σ_a próbki. Podstawy teoretyczne metody zostały opracowane w oparciu o jednogrupowe przybliżenie dyfuzyjne z uwzględnieniem widma energetycznego neutronów termicznych w badanym małym układzie dwustrefowym. Z rozwiązania równania dyfuzji dla takiego układu, przy założeniu zerowania się dynamicznego bucklingu materiałowego wewnętrznego ośrodka, otrzymuje się teoretyczną zależność $\lambda_0^*(\tilde{R}_2)$. Punkt przecięcia krzywych $\lambda_0(\tilde{R}_2)$ oraz $\lambda_0^*(\tilde{R}_2)$ wyznacza Σ_a próbki. Metoda nie wymaga stosowania danych standardowych i jest niezależna od własności rozpraszających próbki.

Metoda stosowana jest m.in. do wyznaczania Σ_a ośrodków geologicznych. Dla wód złożowych odchylenie standardowe mierzonego Σ_a jest rzędu 0.5%, dla skał: 4÷20%. Dotychczas w IFJ wykonano pomiary dla licznych próbek geologicznych z różnych rejonów Polski. Oprócz tego wykonano pomiary dla bloków skalnych geofizycznego stanowiska kalibracyjnego w Zielonej Górze i dla standardów skalnych Ottawa Sand, Royer Dolomite i Dunite Sand. Te ostatnie próbki były wybrane do przeprowadzenia porównawczych pomiarów Σ_a przez różne laboratoria na świecie. Program ten był kierowany przez Międzynarodową Agencję Energii Atomowej w Wiedniu. Metoda jest wykorzystywana również jako test eksperymentalny do badania niestacjonarnych pól neutronów termicznych w niejednorodnych ośrodkach ograniczonych.

Pages:	6
Figures:	3
Tables:	0
References:	20

139.

Czubek J.A. , Ossowski A. , Zorski T. , Massalski T.

**Semiempirical neutron tool calibration
on rock models at Zielona Góra.***Int. Conf. Modern Exploration and Improved Oil and Gas Recovery Methods*, Kraków, 12-15. 09. 1995, Extended Abstracts Book, B-02.

ABSTRACT

The semiempirical calibration method applied to the neutron porosity tool is presented in the paper. It was performed for the ODSN-102 tool of the 70 mm diameter, equipped with the Am-Be neutron source, at the calibration site of Zielona Góra (Poland) inside the natural and artificial blocks of rocks: 4 sandstone, 4 limestone and one dolomite blocks with borehole diameters of 143 and 216 mm, and 3 artificial ceramics blocks with borehole diameter of 90 and 180 mm. All blocks have been saturated with fresh water, fresh water was also inside all boreholes. In four blocks the mineralised water (250,000 ppm NaCl) was introduced inside the boreholes. All neutron characteristics of the calibration blocks are given in the paper.

The semiempirical method of calibration correlates the tool readings observed experimentally with the general neutron parameter *GNP*. It results in a general calibration curve, where the tool readings *TR* vs *GNP* are situated at one curve irrespective of their origin, i.e. of the formation lithology, borehole diameter, tool stand-off, brine salinity, etc. The general neutron parameter *GNP* is defined as

$$GNP = L_{map} \Sigma_{ap}^n Pr_{ap}^m$$

where L_{map} is the apparent neutron migration length in the tool-borehole-formation geometry, and Σ_{ap} and Pr_{ap} are the apparent absorption cross section and slowing down probability for neutrons in the same real geometry, respectively. The n and m power coefficients are obtained experimentally during the calibration procedure. The apparent neutron parameters are defined as these sensed by a neutron tool situated inside the borehole in real environmental conditions. When they are known, the *GNP* parameter can be computed analytically for the whole range of porosity at any kind of borehole diameter, formation lithology (including variable rock matrix absorption cross section), borehole and formation salinity, tool stand-off and drilling fluid physical parameters. By this approach all porosity correction in respect to the standard (limestone) calibration curve can be generated.

Before using this calibration method at the blocks of the Zielona Góra calibration centre, its validity was checked for the four porosity calibration curves known for tools of other manufacturers, both single and dual detector types (Gearhart, Schlumberger and Western Atlas).

Pages:	3
Figures:	4
Tables:	0
References:	0

140.

Czubek J.A., Ossowski A., Zorski T., Massalski T.

**Rock models at Zielona Góra (Poland)
applied to the semiempirical neutron tool calibration.**

Nucl. Geophys. **9** (6), 1995, 517-531.

ABSTRACT

The semiempirical calibration method applied to the neutron porosity tool is presented in the paper. It was performed for the ODSN-102 tool of the 70 mm diameter, equipped with the Am-Be neutron source, at the calibration facility of Zielona Góra (Poland) inside the natural and artificial blocks of rocks: 4 sandstone, 4 limestone and one dolomite blocks with borehole diameters of 143 and 216 mm, and 3 artificial ceramics blocks with borehole diameter of 90 and 180 mm. All blocks have been saturated with fresh water, fresh water was also inside all boreholes. In five blocks the mineralised water (200,000 ppm NaCl) was introduced inside the boreholes. All neutron characteristics of the calibration blocks are given in the paper.

The semiempirical method of calibration correlates the tool readings observed experimentally with the general neutron parameter *GNP*. It results in a general calibration curve, where the tool readings *TR* vs *GNP* are situated at one curve irrespective of their origin, i.e. of the formation lithology, borehole diameter, tool stand-off, brine salinity, etc. The general neutron parameter *GNP* is defined as

$$GNP = L_{map} S_{ap}^n Pr_{ap}^m$$

where L_{map} is the apparent neutron migration length in the tool-borehole-formation geometry, and Σ_{ap} and Pr_{ap} are the apparent absorption cross section and slowing down probability for neutrons in the same real geometry, respectively. The n and m power coefficients are obtained experimentally during the calibration procedure. The apparent neutron parameters are defined as these sensed by a neutron tool situated inside the borehole in real environmental conditions. When they are known, the *GNP* parameter can be computed analytically for the whole range of porosity at any kind of borehole diameter, formation lithology (including variable rock matrix absorption cross section and density), borehole and formation salinity, tool stand-off and drilling fluid physical parameters. By this approach all porosity corrections in respect to the standard (limestone, for example) calibration curve can be generated.

Pages:	15
Figures:	10
Tables:	6
References:	11

141.

Czubek J.A., Drozdowicz K., Gabańska B., Igielski A., Krynicka E, Woźnicka U.

Thermal neutron macroscopic absorption cross section measurement applied for geophysics.*Progress in Nucl. Energy* **30**, 1996, 295-303.

ABSTRACT

Czubek's method of measurement of the thermal neutron macroscopic absorption cross section of small samples has been developed at the Henryk Niewodniczański Institute of Nuclear Physics in Kraków, Poland. Theoretical principles of the method have been elaborated in the one-velocity diffusion approach in which the thermal neutron parameters used have been averaged over a modified Maxwellian. In consecutive measurements the investigated sample is enveloped in shells of a known moderator of varying thickness and irradiated with a pulsed beam of fast neutrons. The neutrons are slowed-down in the system and a die-away rate of escaping thermal neutrons is measured. The decay constant vs. thickness of the moderator creates the experimental curve. The absorption cross section of the unknown sample is found from the intersection of this curve with the theoretical one. The theoretical curve is calculated for the case when the dynamic material buckling of the inner sample is zero. The method does not use any reference absorption standard and is independent of the transport cross section of the measured sample.

The volume of the sample is form of fluid or crushed material is about 170 cm³ The standard deviation for the measured mass absorption cross section of rock samples is in the range of 4÷20% of the measured value and for brines is of the order of 0.5%.

Pages:	9
Figures:	5
Tables:	2
References:	19

142.

Czubek J.A.

A new idea of pulsed neutron experiments with bulk materials.*Int. Jour. Appl. Radiat. and Isot.*, **48**, 1997, 237-239

ABSTRACT

In pulsed neutron experiments with bulk materials the problem of variable bulk density may arise. PROFESSOR Jan A. CZUBEK who, during 25 years was our supervisor and guide, suggested to us a simple formula which resolves this problem. A few months after we received this information Professor Czubek died (December 19, 1995). This paper is a tribute to Professor Czubek from the members of the group who worked under him (J. Burda, J. Dąbrowska, K. Drozdowicz, B. Gabańska, A. Igielski, W. Janik, E. Krynicka, U. Woźnicka and T. Zaleski) at the H. Niewodniczański Institute of Nuclear Physics in Kraków.

Pulsed thermal neutron macroscopic parameters are density dependent. This leads to a serious difficulty in interpreting the experiments when bulk materials are investigated. A method of using the density-removed neutron diffusion parameters as well as the generalized time-decay constant and geometric buckling are presented in the paper.

Pages:	5
Figures:	1
Tables:	2
References:	4