

Filip Bolesta, Adam Gałązka

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska

Katedra Geofizyki

Profilowanie gamma – przeliczanie jednostek

W pracy omówiony został problem przeliczania wyników profilowania gamma, wykonanego sondami starego typu w jednostkach fizycznych, w postaci zliczeń na minutę – [cpm] (*counts per minute*) na standardowe jednostki profilowania gamma – [API] (*American Petroleum Institute*). Przeliczanie jednostek profilowania gamma jest efektem zapotrzebowania na reinterpretację wyników profiliowań geofizyki otworowej z otworów odwierconych przed rokiem 1990, m.in. w celu poszukiwań gazu zamkniętego w łupkach (*shale gas*). Do przeliczenia jednostek wybrano odcinek formacji modryńskiej z otworu A, zlokalizowanego w synklinorium lubelskim, wykorzystując metodę reperów litologicznych. Dokonano także automatyzacji tego procesu poprzez utworzenie skryptu w języku Python, w programie Techlog (Schlumberger).

Słowa kluczowe: profilowania gamma, profilowania geofizyki otworowej, jednostka API, Techlog, skrypt w Pythonie.

Gamma ray log – units conversion

The article presents the problem of gamma ray log units conversion. Gamma ray log was carried out using Soviet – type tools. The process of units conversion from counts per minute [cpm] into standard gamma ray units [API] was made. Recounting of gamma log units results from the need for the reinterpretation of old well logs (made before the 90's), i.e. to find unconventional resources such as shale gas. A part of the Modryń formation in well A, which is located in the area of Lublin Synclinorium was chosen for units conversion. For the recounting the lithology benchmarks method was used. Automatization process was delivered by building up a PYTHON script in the Techlog program (Schlumberger).

Key words: gamma ray logs, well logging, API unit, Techlog, Python script.

Wprowadzenie

Przez wiele lat (umownie można przyjąć, że do początku lat 90. XX w.) w otworach wiertniczych w Polsce były wykonywane analogowe profilowania geofizyczne sondami produkcji radzieckiej. W ich wyniku zgromadzono archiwalne analogowe dane geofizyki otworowej, obejmujące dziesiątki tysięcy otworów [3]. Zawierają one cenną informację geologiczną, geofizyczną oraz złożową. Wraz z rozwojem technik cyfrowych i komputeryzacji jednostek przemysłowych zawiadujących materiałami archiwalnymi w latach 90. wykonano cyfryzację tych danych. Obecnie, dzięki odpowiednim procedurom, możliwe jest odtworzenie ich w postaci cyfrowej oraz poddanie ponownej analizie, w szczególności pod kątem występowania złóż niekonwencjonalnych.

Podstawowym problemem prac reinterpretacyjnych w zakresie profiliowań radiometrycznych jest brak możliwości porównania zapisów wykonanych wprawdzie w tych samych jednostkach (impulsach na minutę), ale przy użyciu różnych typów sond. W związku z tym dokonuje się odpowiednich przeliczeń jednostek, przykładowo opierając się na dostępnych danych geologicznych, przykładowo wynikach badań rdzeni wiertniczych. Warto dodać, że przy tego typu pracach bardzo ważne jest doświadczenie osób, które je wykonują.

W artykule dokonano przeliczenia wyników profilowania gamma wyrażonego w jednostkach fizycznych [cpm] na jednostki standardowe [API] metodą reperów litologicznych.

Profilowania gamma „starego typu” charakteryzują się brakiem porównywalności wyników pomiędzy poszczególnymi otworami. Sprowadzenie jednostek standardowych pozwala na porównywanie wyników z różnych otworów wiertniczych.

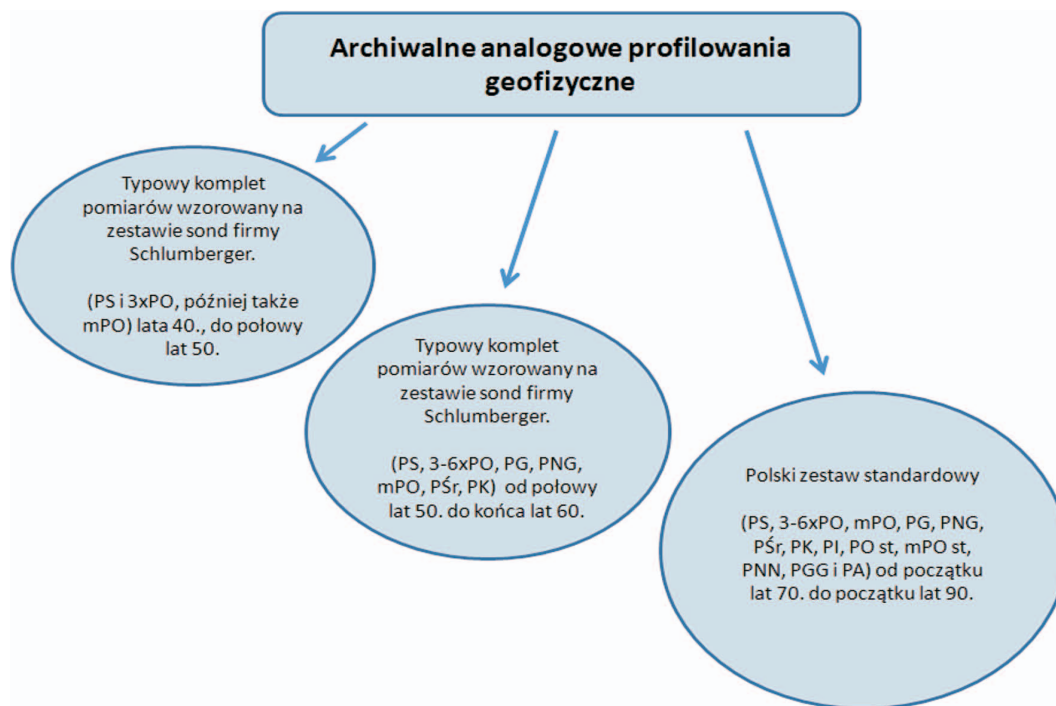
Poprawne przeliczenie jednostek profilowania gamma jest istotne ze względu na informację litologiczną, jaką niesie interpretacja profilowania gamma z odcinków otworu, z których nie pobierano rdzeni wiertniczych [9].

Rys historyczny

Profilowania geofizyki otworowej w Polsce przez wiele lat wykonywano aparaturami produkcji radzieckiej, a także krajowej – konstruowanymi na bazie własnych rozwiązań pracowników polskich jednostek geofizycznych. Były także dostępne aparaty produkcji węgierskiej. Analogowe profilowania radiometryczne w tym okresie zapisywano jedynie w jednostkach fizycznych – impulsach na minutę. Schemat przedstawiający zestawy pomiarowe w geofizyce otworowej, według publikacji dra inż. M. Kiełta [3], przedstawiono na rysunku 1.

Wszystkie profilowania analogowe w Polsce do początku lat 90. były rejestrowane i są do dziś przechowywane w postaci analogowej [3]. Jak już wcześniej wspomniano, w latach 90. zaczęto je poddawać procesom skanowania i cyfrowania [3]. Niestety, w wyniku wpływu czynników ludzkich towarzyszących wymienionym działaniom dane te mogą być obarczone dużą liczbą błędów, które w konsekwencji ograniczają możliwość wykonania poprawnej interpretacji.

Błędy przy analogowych profilowaniach gamma zwią-



Rys. 1. Polskie zestawy archiwalnych analogowych profilowań geofizycznych z lat 50.–90. ubiegłego stulecia [3]

Symbole: PS – profilowanie potencjałów naturalnych, PO – profilowanie oporności, PG – profilowanie gamma, PNG – profilowanie neutron-gamma, mPO – mikroprofilowanie oporności, PO st – profilowanie oporności sterowane, mPO st – mikroprofilowanie oporności sterowane, PŚr – profilowanie średnicy, PK – profilowanie krzywizny otworu, PNN – profilowanie neutron-neutron, PGG – profilowanie gamma-gamma gęstościowe, PA – profilowanie akustyczne

Profilowanie gamma zostało włączone do zestawu pomiarowego dopiero pod koniec lat 50. i charakteryzowało się brakiem standaryzacji oraz kalibracji sond pomiarowych, podobnie jak i inne pomiary radiometryczne wprowadzane w późniejszym czasie [3]. Ponadto pierwsze profilowania gamma (PG) i neutron-gamma (PNG) były często wykonywane w zarurowanych otworach [3].

zane były m.in. z niepoprawnym łączeniem pomiarów interwałowych, np. *łączenie profilowań w skali zapisu bez uwzględnienia zmiennego wpływu otworu oraz typu sondy, sztuczne „zszywanie” krzywych oraz nieuwzględnianie błędnych zapisów w poszczególnych interwałach* [3]. Dodatkowo powstawały także pomyłki podczas interpretacji, polegające na złym przeskalowaniu profilowania gamma. Bardzo poważnym

błędem było jednakowe traktowanie sond radiometrycznych różnego typu. Warto zauważyć, że wraz z rozwojem technologii zmieniały się czułości poszczególnych sond (różne typy liczników, np. Geigera-Müllera lub scyntylacyjne). Kolejny problem stanowi brak uporządkowanych baz danych analogowych profilowań geofizycznych, związany m.in. z wykonywaniem profilowań przez różne firmy, z likwidacją firm czy brakiem odpowiednich procedur archiwizacyjnych [3].

Jednostki profilowania gamma

Działanie licznika Geigera-Müllera opiera się na jonizacji gazu wypełniającego licznik pod wpływem promieniowania (alfa, beta lub gamma). Nowszymi i bardziej dokładnymi licznikami są liczniki scyntylacyjne. Potrzebują one zdecydowanie mniej czasu na wykonanie zliczenia (są $10 \div 100$ razy szybsze od liczników Geigera-Müllera).

W celu umożliwienia porównywania wyników profilowania gamma wprowadzono w USA (już w 1956 roku) standardową jednostkę [API]. Jednostka ta jest oparta na wzorcu wykonanym przez American Petroleum Institute w Houston w Teksasie. Środkową warstwę zajmuje beton radioaktywny o podwójnej radioaktywności średnich ilów amerykańskich. Pozostałe dwie warstwy (zewnątrzne) wypełnione są betonem nieradioaktywnym. W osi studni znajduje się otwór zarurowany rurą stalową o średnicy zewnętrznej 139,7 mm.

Wartość natężenia promieniowania gamma średnich ilów amerykańskich wynosi ok. 100 API [9]. Powyższej jednostki

Należy także uwzględnić trudność związaną z procesem cyfryzacji: *Nieuporządkowane bazy danych są najczęściej przyczyną powstania nieuporządkowanych baz danych cyfrowych* [3]. Często skanowanie arkuszy było wykonywane przez przypadkowych pracowników. Powoduje to, że dane są często niezrozumiałe dla dzisiejszego użytkownika. Na dobre skanowanie składa się szereg różnych czynności szerzej opisanych w pracach dra inż. M. Kiełta [3, 4].

używa się we wszystkich współczesnych profilowaniach gamma, ze względu na możliwość ilościowego porównywania wyników (kalibracja sond do jednego wzorca).

W metodzie pomiarów naturalnej promieniotwórczości gamma sygnał – częstość impulsów elektronicznych sondy – w pierwszym rzędzie zależy od koncentracji pierwiastków promieniotwórczych w badanej formacji geologicznej [2]. Sygnał jest uzależniony od różnych czynników, m.in. warunków panujących w otworze wiertniczym (np. średnica otworu, gęstość płuczki, obecność i grubość rur okładzinowych), a także rodzaju i konstrukcji sondy (użyty w niej licznik, układ geometryczny pomiaru itp.) [2]. W związku z wykonywaniem profilowań gamma przez różne firmy geofizyczne nie można jednoznacznie porównywać wyników. Ze względu na brak porównywalności wyników z ówczesnych pomiarów w jednostkach [cpm] należało je odpowiednio przeliczyć na standardowe, porównywalne – [API].

Materiał badawczy

Dane, na podstawie których dokonano przeliczenia wyników profilowania gamma z jednostek fizycznych na jednostki standardowe, pochodzą z otworu A, zlokalizowanego w synklinorium lubelskim (rysunek 2). Do obliczeń został wybrany odcinek profilowania gamma z dewonu górnego (fran), w jednostce litostratygraficznej zwanej formacją modryńską.

Formacja modryńska zbudowana jest z wapieni z koralowcami i brachiopodami, które przedzielone są w środkowej części pakietem epigenetycznych dolomitów. Miąższość tej formacji wynosi od 200 m do 470 m. Spąg formacji modryńskiej jest stropem formacji telatyńskiej, natomiast jej strop stanowi dolną granicę formacji firlejskiej. Nazwa pochodzi od wsi Modryń w województwie lubelskim [6]. W skład badanego odcinka wchodzi trzy ogniwa [6]:

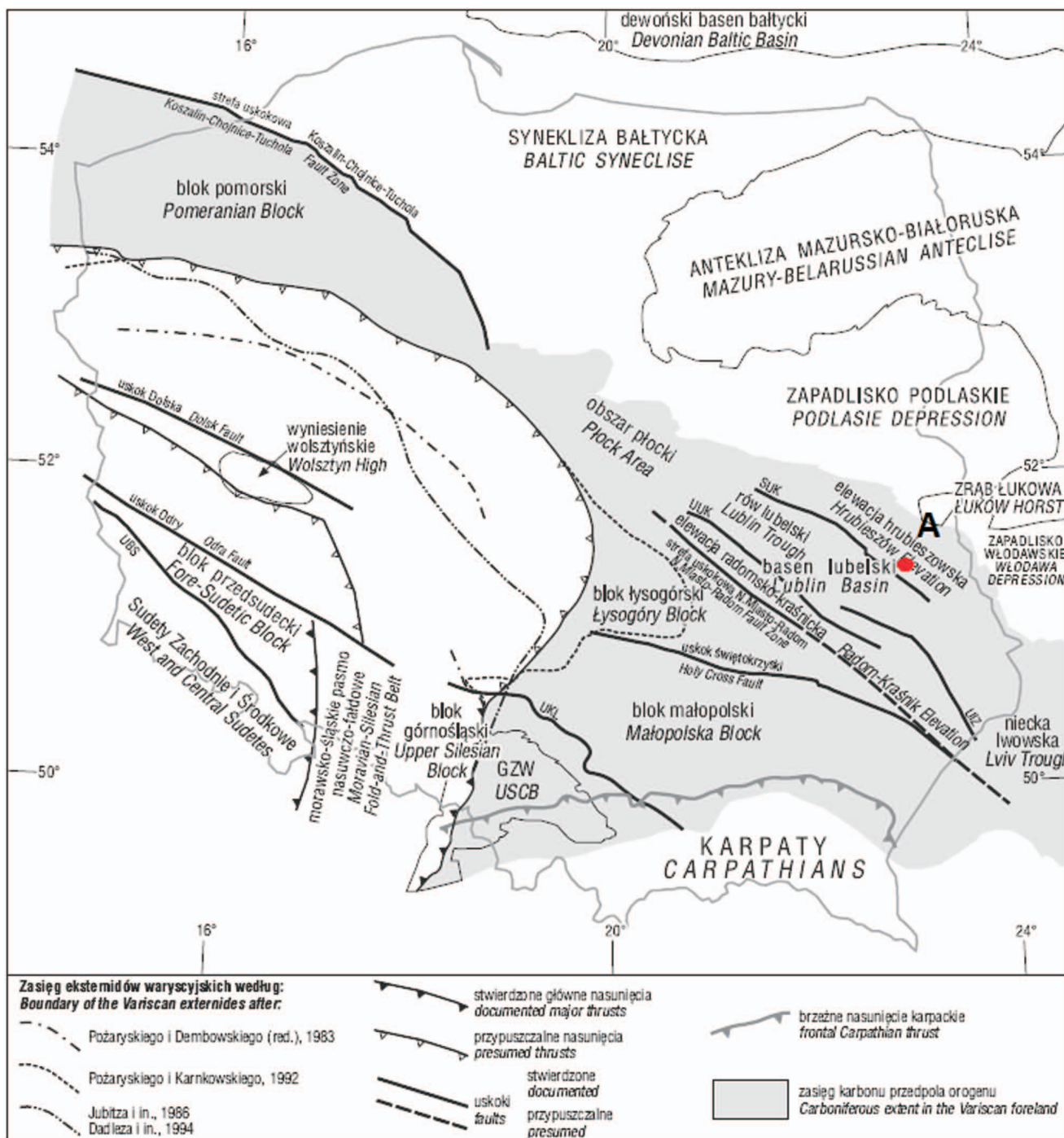
1) ogniwo zubowickie (od 3900 m do 4200 m głębokości): zbudowane z wapieni (często dolomitycznych), wapieni marglistych i dolomitów. W wapieniach obserwuje się stonkowo liczną faunę. Miąższość ogniwa wynosi od 50 m

do 450 m. Jego dolna granica jest heterogeniczna. Nazwa pochodzi od wsi Zubowice w województwie lubelskim;

2) ogniwo werbkowickie (od 4200 do 4356 m głębokości): zbudowane z dolomitów kawernistych oraz z dolomitów masywnych, w górze niekiedy występują wapienie. Dolna i górna granica ogniwa jest heterochroniczna, ze względu na nierówny front wtórnej dolomityzacji. Jej miąższość wynosi ok. 70÷240 m. Nazwa pochodzi od wsi Werbkowice w województwie lubelskim;

3) ogniwo lipowieckie (od 4356 m do 4400 m głębokości): zbudowane z wapieni z relikami koralowców i stromatoroidów. W mniejszej ilości występują ilowce dolomityczne i przeławiczenia anhydrytów. Jego miąższość wynosi ok. 40÷100 m. Nazwa pochodzi od wsi Lipowiec w województwie lubelskim.

Głębokość otworu A sięgała 5028 m (dewon dolny – ems). Celem wiercenia było wyjaśnienie budowy geologicznej centralnej części rowu lubelskiego oraz określenie akumulacji węglowodorów [10].



Rys. 2. Lokalizacja otworu wiertniczego A na tle geologicznego podziału Polski pozakarpackiej w planie podpermsko-mezozoicznym waryscyjskim [7, zmodyfikowany]

Repery litologiczne i obliczenia

Należy zwrócić uwagę, że w każdym ośrodku interpretacyjnym pierwszą rutynową czynnością przed kompleksową interpretacją ilościową materiałów archiwalnych jest standaryzacja i kalibracja profilowań geofizyki jądrowej. W przypadku profilowań gamma od wielu lat stosuje się metodę dwóch reperów, która została przedstawiona przez autorów. W celu przeliczenia jednostek profilowania gamma z [cpm] na standardowe jednostki [API] posłużono się metodą reperów

litologicznych. Reperem nazywa się stałą wartość, do której można się odnieść przy wyznaczaniu zakresu zmienności danego parametru, np. zakresu zmiany [API]. Metoda polega na wyznaczeniu w danym odcinku, jednostce litostratygraficznej, reperów litologicznych, czyli warstw o stabilnych wskazaniach profilowania gamma (np. niezailone węglany oraz iłowce, sole lub anhydryty). Rozpatrując profilowanie gamma, szuka się minimalnej i maksymalnej wartości zliczeń [cpm] w war-

stwach, które mogą być traktowane jako repery. Następnie dobiera się odpowiednie wartości minimalne i maksymalne w standardowych jednostkach [API] w celu przeliczenia całego odcinka. Obliczenie jest wykonane prawidłowo (z matematycznego punktu widzenia), gdy wartość minimalna po przeliczeniu [API] jest przypisana tej samej głębokości, co wartość minimalna przed przeliczeniem [cpm]. Analogicznie postępuje się z odczytami maksymalnymi. Niestety, samo znalezienie minimum i maksimum w jednostkach [cpm] nie wystarczy. Należy posłużyć się także innymi danymi, które upewnią interpretatora, że wartości reperowe są poprawnie dobrane. Badany odcinek (3900÷4400 m) zbudowany jest głównie ze skał węglanowych oraz w mniejszej ilości ze skał ilastych. Niezailone węglany charakteryzują się bardzo niską promieniotwórczością naturalną. Teoretycznie, czyste węglany mogą mieć zerową promieniotwórczość, zatem można się spodziewać najmniejszych wartości zliczeń. Skały ilaste zbudowane są z minerałów ilastych, w których składzie chemicznym jest potas (w obrębie potasu także jego izotop promieniotwórczy ^{40}K). W minerałach ilastych obserwuje się również obecność pierwiastków z rodzin promieniotwórczych uranu i toru. Dlatego też można założyć, że skały ilaste charakteryzują się wysoką promieniotwórczością. W celu potwierdzenia słuszności wskazań wartości minimalnej i maksymalnej autorzy pracy posłużyli się dokumentacją petrograficzną badanego odcinka. Dane pochodziły z analiz wykonanych na rdzeniach wiertniczych [10]. Wartość minimalna, odczytana z głębokości 4066,75 m (ogniwo zubowickie), była przypisana

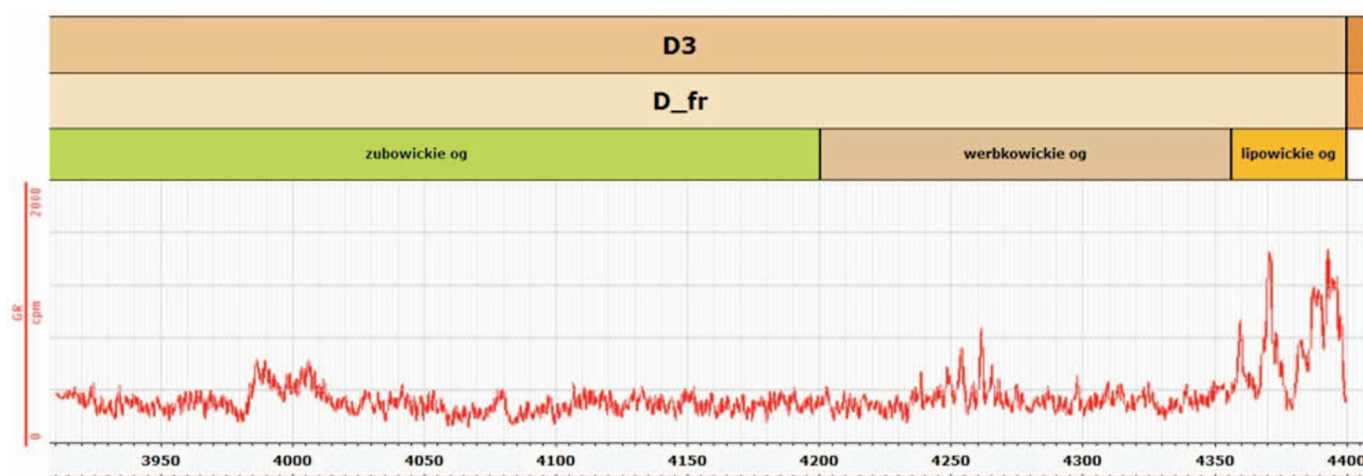
wapieniom mikrytowym, natomiast wartość maksymalna, z głębokości 4393 m (ogniwo lipowickie), przyporządkowana została łożcom.

Przy zastosowaniu reperów litologicznych, potwierdzonych badaniami mineralogicznymi, i przy założeniu, że na całej długości badanego odcinka stosowano tę samą sondę, można przeliczyć wartości profilowania gamma na jednostki [API]. Daje to możliwość ilościowego porównywania wyników. Zależność między [cpm] i [API] jest zależnością liniową, więc przeliczenie sprowadziło się do zmiany zakresów wartości minimalnej i maksymalnej przy zachowaniu proporcjonalności. Autorzy wyprowadzili zatem wzór ogólnie znany i stosowany przez różne ośrodki interpretacyjne [przypr. recenzenta], który umożliwił konwersję jednostek:

$$API_i = (cpm_i - cpm_{min}) \cdot \frac{API_{max} - API_{min}}{cpm_{max} - cpm_{min}} + API_{min} \quad (1)$$

gdzie:

- cpm_{max} i cpm_{min} – wartości maksymalne i minimalne (stałe) odczytane z profilowania gamma w jednostce [cpm] w wybranej jednostce litostratygraficznej,
- API_{max} i API_{min} – założone (stałe) wartości profilowania gamma w jednostce [API], którym odpowiadają wskazania dla poszczególnych reperów litologicznych,
- cpm_i – wartość profilowania gamma na danej głębokości [cpm],
- API_i – wartości przeliczone profilowania gamma na jednostki [API].



Rys. 3. Profilowanie gamma [cpm] w odcinku formacji modryńskiej (zrzut z ekranu – program Techlog firmy Schlumberger)
Symbole: D3 – dewon górny, D_fr – dewon górny, fran, og – ogniwo litostratygraficzne, GR – profilowanie gamma na danej głębokości [cpm]

Obliczenia

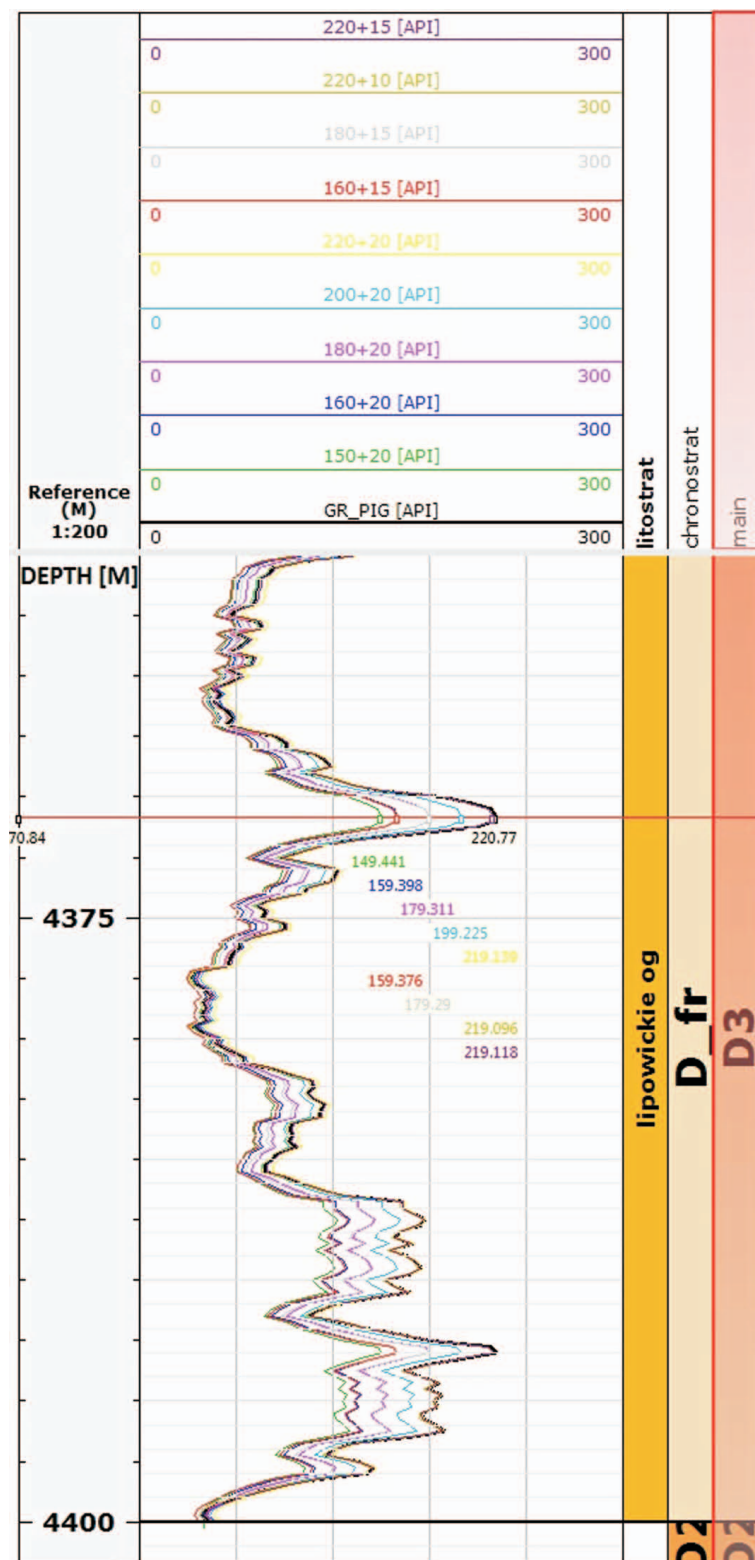
Do obliczeń użyto największych i najmniejszych wartości intensywności naturalnej promieniotwórczości wyrażonej w jednostce [cpm] otrzymanych na głębokości

3910÷4400 m, które zostały potwierdzone badaniami petrograficznymi. Wykonano 10 wykresów dla założonych 10 wartości minimalnych i maksymalnych profilowania

gamma w jednostce [API]. Wartości minimalne, odpowiadające węglanom, zmieniano w zakresie 10÷20 API, a maksymalne, odpowiadające skałom ilastym, w zakresie 150÷220 API. Standardowe wartości profilowania gamma w jednostce [API] stosowane w publikacjach mieszczą się w granicach od ok. 20 API (dla czystych wapieni) do ok. 160 API (dla czystych ilowców) [8]. Autorzy przeanalizowali także, jak wartości profilowania gamma w jednost-

ce [API] zmieniają się dla zadanych przedziałów wartości profilowania gamma w [API] i porównali uzyskane rezultaty z wynikami przeliczeń otrzymanych z Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego. Efekt zaprezentowany został na rysunku 4.

Różnice wskazań dla niskich wartości profilowania gamma są niewielkie, natomiast proporcjonalnie wyższe dla jego wyższych wartości.



Rys. 4. Profilowania gamma (odcinek 4360÷4400 m) po przeliczeniu z [cpm] na [API] dla wybranych kombinacji wartości profilowania gamma dla reperów litologicznych w jednostce [API]

Symbol:

220+15 – krzywa wynikowa dla przyjętych reperów litologicznych: wartość minimalna 15 API, wartość maksymalna 220 API;

220+10 – krzywa wynikowa dla przyjętych reperów litologicznych: wartość minimalna 10 API, wartość maksymalna 220 API;

180+15 – krzywa wynikowa dla przyjętych reperów litologicznych: wartość minimalna 15 API, wartość maksymalna 180 API;

160+15 – krzywa wynikowa dla przyjętych reperów litologicznych: wartość minimalna 15 API, wartość maksymalna 160 API;

220+20 – krzywa wynikowa dla przyjętych reperów litologicznych: wartość minimalna 20 API, wartość maksymalna 220 API;

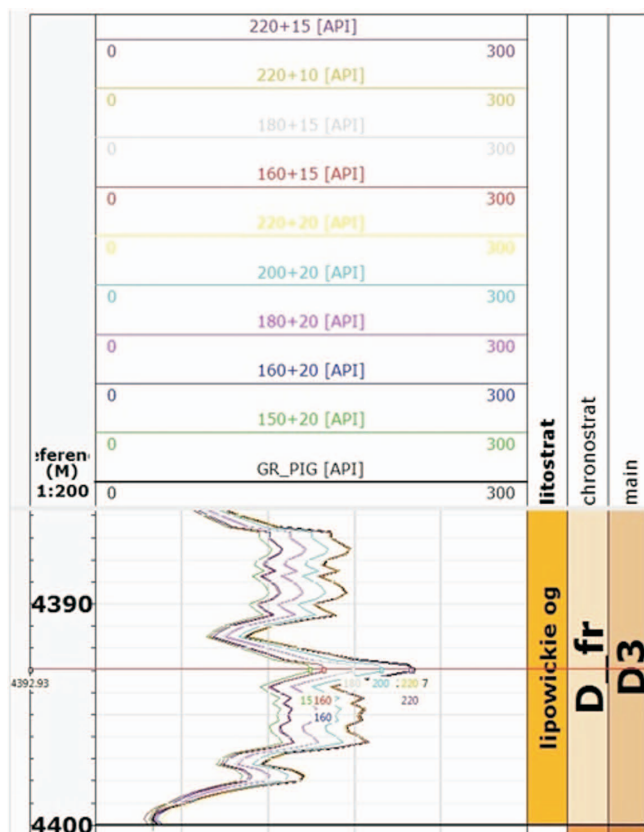
200+20 – krzywa wynikowa dla przyjętych reperów litologicznych: wartość minimalna 20 API, wartość maksymalna 200 API;

180+20 – krzywa wynikowa dla przyjętych reperów litologicznych: wartość minimalna 20 API, wartość maksymalna 180 API;

160+20 – krzywa wynikowa dla przyjętych reperów litologicznych: wartość minimalna 20 API, wartość maksymalna 160 API;

150+20 – krzywa wynikowa dla przyjętych reperów litologicznych: wartość minimalna 20 API, wartość maksymalna 150 API;

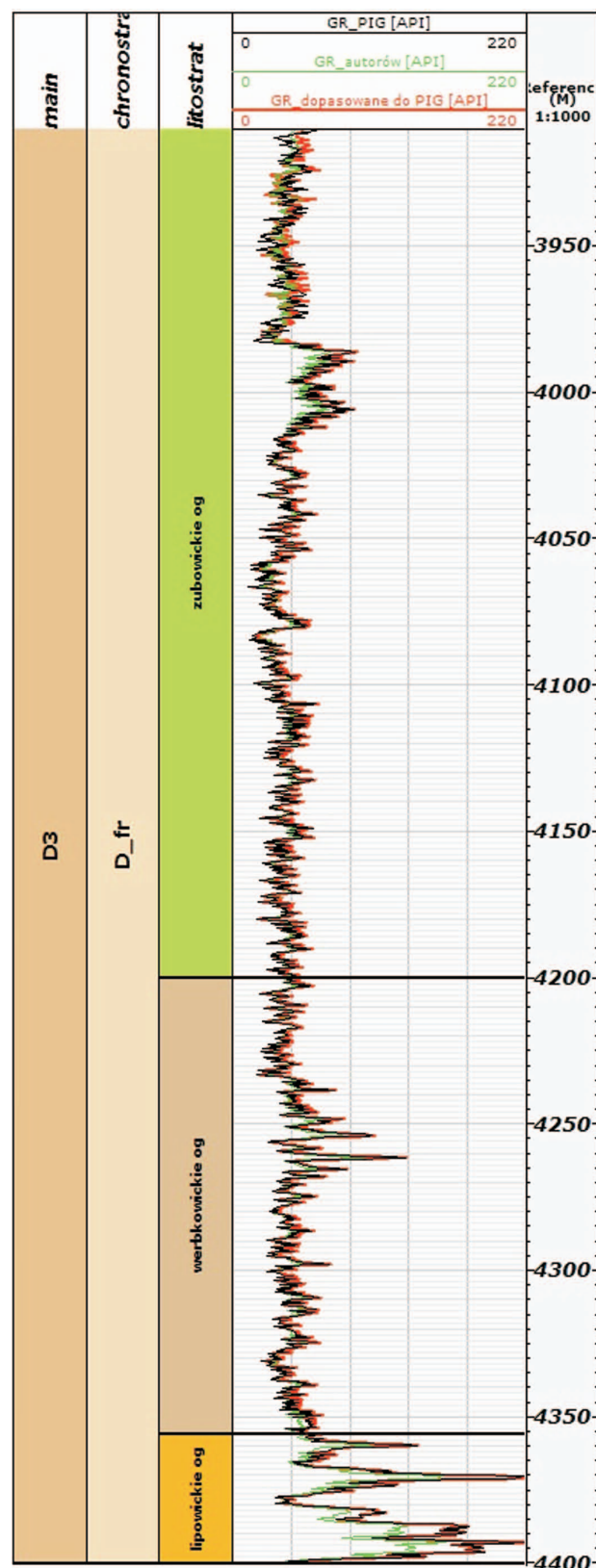
GR_PIG – krzywa wynikowa otrzymana z Państwowego Instytutu Geologicznego [10]



Rys. 5. Profilowania gamma po przeliczeniu z jednostek [cpm] na [API] dla wybranych kombinacji wartości reperów litologicznych z interwału głębokościowego 4386÷4400 m

Na powiększeniu (rysunek 5) można zauważyć, jak bardzo mogą różnić się wyniki profilowań, gdy niepoprawnie przyjmie się do przeliczeń zakres jednostek [API]. Wraz z rezultatami profilowań geofizyki otworowej otrzymano wyniki przeliczeń profilowania gamma z Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego (rysunek 6). Dopasowano do nich jedną z analizowanych 10 krzywych wynikowych (GR dopasowane do PIG) oraz naniesiono krzywą wynikową wyliczoną z wartości przyjętych przez autorów (GR_autorów). Efekt obliczeń przedstawiono na rysunku 6.

Dopasowano krzywą wynikową do uzyskanej z PIG – PIB, różni się ona jednak znacząco od krzywej obliczonej przy założeniu wartości profilowania gamma w jednostkach [API] w granicach 20÷160 API. Jest to najlepiej widoczne w dolnej części badanego odcinka. Różnicę spowodowało przyjęcie odmiennych wartości maksymalnych i minimalnych profilowania gamma dla reperów litologicznych. Interpretator dysponował dodatkowymi informacjami, a także doświadczeniem w przeliczaniu wartości profilowania gamma. Krzywej wynikowej z PIG – PIB odpowiada przeliczenie dla wartości minimalnej profilowania gamma równej 15 API i maksymalnej 220 API. Zauważyć zatem można, jak wielką rolę w reinterpretacji danych otworowych odgrywa wiedza



Rys. 6. Profilowanie gamma w jednostkach [API] analizowanego odcinka (zrzut z ekranu – Techlog firmy Schlumberger)

Symbole: **GR_PIG** – krzywa otrzymana z Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego;
GR_autorów – krzywa, której skrajne wartości profilowania gamma przyjęte do obliczeń wynosiły 20 API i 160 API; **GR dopasowana do PIG** – krzywa pokrywająca się z krzywą GR_PIG [10]

interpretatora, dostęp do jak największej ilości danych na temat danego terenu i doświadczenie w tej dziedzinie, by

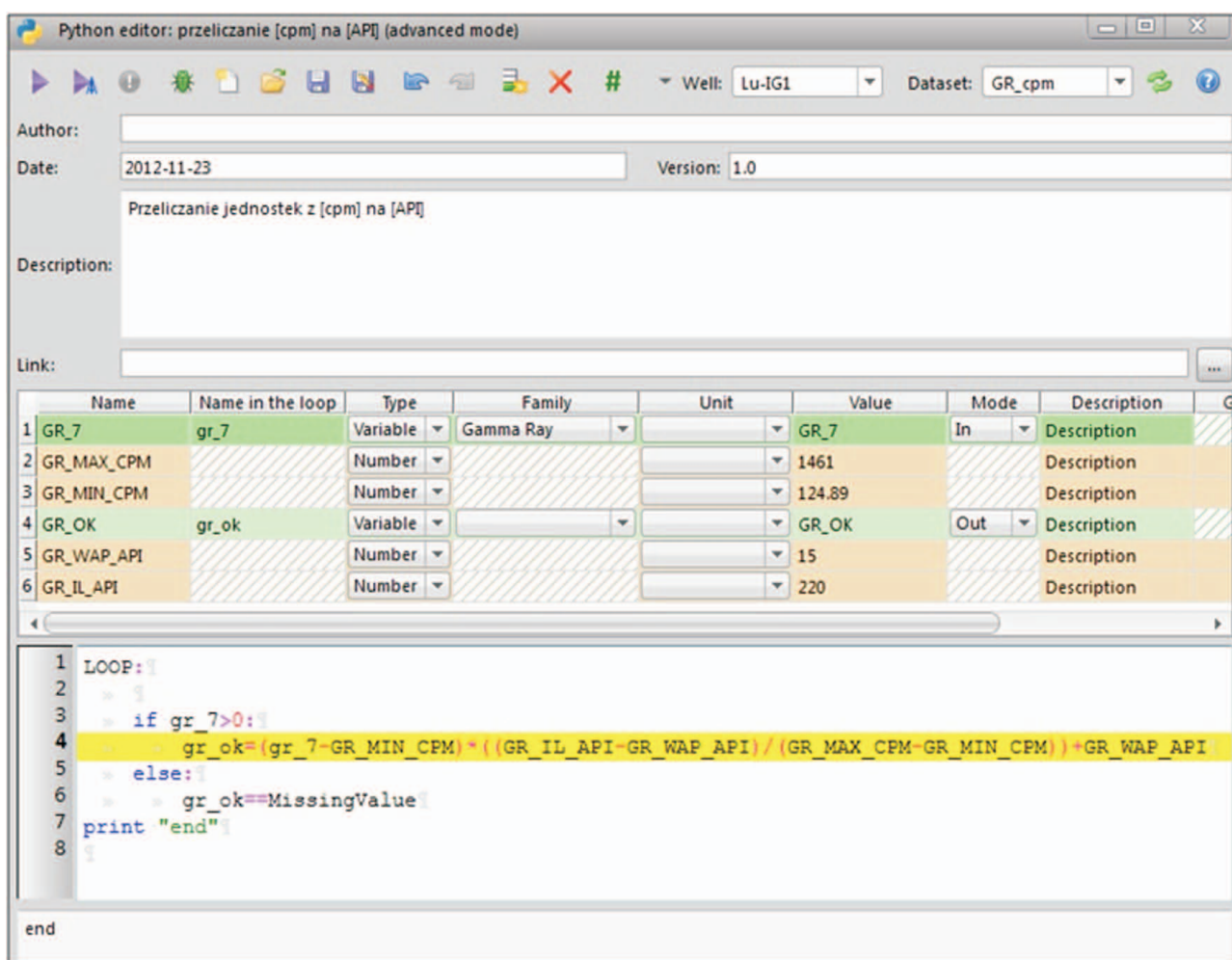
umiejętnie dobrać repery litologiczne oraz odpowiadające im wartości.

Skrypt w języku Python w programie Techlog firmy Schlumberger

W celu optymalizacji procesu przeliczania jednostek profilowania gamma przygotowano skrypt w języku Python, w module Python programu Techlog firmy Schlumberger. Techlog jest rozbudowanym narzędziem do przetwarzania danych otworowych, które wykorzystuje się z powodzeniem w wielu firmach naftowych. Skrypt zawiera wyprowadzony powyżej wzór, instrukcję pętli (wykonanie obliczeń dla wszystkich wartości profilowania gamma) oraz wszelkie niezbędne polecenia do wykonania kodu w języku Python.

Wartości zaznaczone kolorem pomarańczowym można

dowolnie modyfikować wewnątrz okna programu, zależnie od posiadanych danych i potrzeb interpretatora. Po wczytaniu profilowania do programu wystarczy tylko odczytać minimalną oraz maksymalną wartość profilowania gamma (widoczne na dolnym pasku) i wpisać je w odpowiednie okno (rysunek 7). Następnie po wpisaniu wartości minimalnej i maksymalnej w jednostkach [API] w odpowiednie miejsca program generuje krzywą wynikową w tych jednostkach. Ten prosty skrypt ułatwia pracę z profilowaniem gamma starego typu w programie Techlog firmy Schlumberger.



Rys. 7. Skrypt w module Python do przeliczenia jednostek profilowania gamma [cpm] na [API] (zrzut z ekranu w Techlogu)

Symbole: GR_7 – zmienna odpowiadająca wartościom profilowania gamma przed przeliczeniem z [cpm] na [API], GR_OK – zmienna odpowiadająca wartościom profilowania gamma po przeliczeniu jednostek z [cpm] na [API], GR_MAX_CPM – wartość stała odpowiadająca maksymalnej wartości profilowania gamma w [cpm], GR_MIN_CPM – stała odpowiadająca minimalnej wartości profilowania gamma w [cpm], GR_WAP_API – stała odpowiadająca przyjętej minimalnej wartości profilowania gamma w [API] (dla niezailonych wapieni), GR_IL_API – stała odpowiadająca przyjętej maksymalnej wartości profilowania gamma w [API] (dla ilowców)

Wnioski

Przeliczanie jednostek profilowania gamma z [cpm] na [API] jest konieczną procedurą prowadzącą do ujednoczenia profilowań starego typu. Ujednoczone, do porównywalnych jednostek [API], profilowania gamma stanowią podstawę do reinterpretacji profilowań geofizyki otworowej w zastosowaniu do różnych zagadnień, np. poszukiwania gazu zamkniętego w łupkach lub piaskowcach.

Należy podkreślić fakt, że przy przeliczaniu jednostek profilowania gamma z [cpm] na [API] bardzo ważne jest doświadczenie interpretatora. Znaczącą rolę odgrywa znajomość budowy geologicznej obszaru oraz dostęp do wyników analiz mineralogicznych, petrograficznych i geochemicznych oraz makroskopowego opisu skał, ułatwiających poprawne ustalanie wartości naturalnej promieniotwórczości reperów litologicznych.

Skrypt do przeliczania jednostek profilowania gamma z [cpm] na [API] w języku programowania Python, w module programu Techlog firmy Schlumberger, pozwala na szybkie przeliczanie profilowań gamma wyrażonych w jednostkach fizycznych.

Skrypt do przeliczania jednostek profilowania gamma z [cpm] na [API] w języku programowania Python, w module programu Techlog firmy Schlumberger, pozwala na szybkie przeliczanie profilowań gamma wyrażonych w jednostkach fizycznych.

Podziękowania

Autorzy składają podziękowania Dyrekcji i Pracownikom Archiwum Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego za udostępnienie dokumentów i wyników profilowań geofizyki otworowej. Licencjonowany program Techlog (Schlumberger) jest dostępny dla studentów WGGiOŚ AGH na podstawie grantu uczelnianego realizowanego przez AGH i firmę Schlumberger. Szczególne podziękowania autorzy składają mgr inż. Paulinie Krakowskiej za pomoc i cenne uwagi w tworzeniu artykułu i zwięzłego referatu wygłoszonego podczas 53. Sesji Kół Naukowych Pionu Górniczego w AGH.

Prosimy cytować jako: Nafta-Gaz 2014, nr 8, s. 493–501

Literatura

- [1] Halliday D., Resnick R., Walker J.: *Podstawy fizyki*. PWN, t. 5, rozdz. 43, Warszawa 2009.
- [2] Jarzyna J., Bala M., Zorski T.: *Metody geofizyki otworowej pomiaru i interpretacja. Profilowania jądrowe*. Wydawnictwa AGH, Kraków 1999.
- [3] Kiełt M.: *Archiwalne analogowe profilowania geofizyczne: zestawy profilowań geofizycznych, reanimacja, restandaryzacja, bazy danych*. Wiadomości Naftowe i Gazownicze 2007, nr 8, s. 4–11.
- [4] Kiełt M.: *Interpretacja profilowań geofizycznych w Geofizyce – Toruń: profilowania geofizyczne i statystyka, komputery, oprogramowanie, bazy danych, kierunki interpretacji: Najnowsze osiągnięcia metodyczno-interpretacyjne w geofizyce wiertniczej*. VII Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna z zakresu geofizyki wiertniczej, kwiecień 1998, Koninki, s. 205–224.
- [5] Kopec M., Lenda A., Zorski T.: *Określenie odpowiednika jednostki API dla sond do profilowania naturalnej promieniotwórczości skał*. Kwartalnik AGH Geologia 1994, t. 20, z. 2, s. 161–168.
- [6] Marcinowski R.: *Słownik jednostek litostratygraficznych Polski*. Wersja podstawowa (grudzień 2004). Tom I: jednostki formalne prekambriu i paleozoiku. PIG – PIB, Centralna Baza Danych Geologicznych 2004: SJLP, <http://geoportal.pgi.gov.pl/cbdg/dane/sjlp>
- [7] Narkiewicz M., Dadlez R.: *Geologiczna regionalizacja Polski – zasady ogólne i schemat podziału w planie podkenozoicznym i podpermskim*. Przegląd Geologiczny 2008, vol. 56/5, s. 391–397.
- [8] Rider M.: *The Geological Interpretation of Well Logs*. Second Edition, Whittles Publishing 2002, 199.
- [9] Szewczyk J.: *Statystyczno-stratygraficzna standaryzacja profilowań naturalnego promieniowania gamma*. Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego 2000, nr 392, s. 121–152.
- [10] Waksmundzka M. I. (red.): *Profile głębokich otworów wiertniczych – Lublin IG I*. Zeszyt 119, 2007.



Inż. Filip BOLESTA
AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Geologii Geofizyki i Ochrony Środowiska.
E-mail: filipbolesta@gmail.com



Adam GAŁAZKA
Student 4 roku geofizyki stosowanej na Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.
E-mail: adamg119@gmail.com