

ANALIZA STATYSTYCZNA WYBRANYCH PARAMETRÓW FIZYCZNO-CHEMICZNYCH ROP KARPACKICH

UKD 519.2:550.84:543.5:552.578.2+553.982:554.263.23(438—924.51)

Od ponad 100 lat prowadzone są w polskich Karpatach fliszowych prace w poszukiwaniu złóż ropy naftowej i gazu ziemnego. W okresie tym nagromadzono olbrzymi materiał dokumentacyjny rozpoznawanych złóż, a m.in. dużą ilość fizyczno-chemicznych analiz ropy naftowych. Właściwości fizyczno-chemicznym ropy karpackich poświęcono wiele prac (1—12). Ostatnie lata przynoszą coraz szersze stosowanie w analizie informacji geochemicznych metod matematyczno-statystycznych. Wykorzystanie aparatu statystyki matematycznej umożliwia dokonanie pełniejszej, dokładniejszej i jasnej charakterystyki analizowanych zależności.

Praca poświęcona jest matematyczno-statystycznej analizie 8 wybranych parametrów fizyczno-chemicznych ropy karpackich. Opracowane analizy, zawierające analizowane parametry dotyczyły zarówno ropy występujących w obrębie złóż, jak również ropy stwierdzonych pojedynczymi wierceniami w wystąpieniach lokalnych. Przy doborze materiału analitycznego starano się o to, aby był on jak najbardziej reprezentatywny i obejmował maksimum informacji z obszaru całych Karpat fliszowych. Największa ilość analiz pochodziła ze wschodniej części Karpat, co jest zrozumiałe, gdyż rejon zawiera zdecydowaną większość złóż ropy, w miarę dobrze rozpoznanych i udokumentowanych. Analizy pochodziły z prac publikowanych, archiwalnych (Instytutu Geologicznego i Przedsiębiorstw Poszukiwań Naftowych) oraz z wierceń Instytutu Geologicznego.

METODYKA BADAŃ

Do analizy statystycznej wykorzystano 200 oznaczeń laboratoryjnych fizyczno-chemicznych właściwości ropy. Badaniu poddano następujące parametry: ciężar właściwy, zawartość parafiny, zawartość twardych asfaltów, początek temperatury wrzenia, zawartość frakcji destylujących w temperaturze do 150°C, zawartość frakcji destylujących w temperaturze od 150 do 300°C oraz pozostałość destylacyjną. Analizowano również głębokości, z których pochodzą poszczególne próbki analizowanych ropy.

W pracy użyto uproszczonych oznaczeń poszczególnych parametrów, i tak: głębokość oznaczono przez X_1 , ciężar właściwy przez X_2 , zawartość parafiny

przez X_3 , zawartość twardych asfaltów przez X_4 , temperaturę wrzenia przez X_5 , frakcję do 150°C przez X_6 , frakcję od 150 do 300°C przez X_7 , pozostałość destylacyjną przez X_8 .

Zbrane materiały poddano wstępnej analizie statystycznej na maszynie cyfrowej Odra 1304, przy zastosowaniu programu STATISTICAL ANALYSIS ICL 1900 XDS 2/29. Wyliczono wartości średnie, minimalne, maksymalne, odchylenia standardowe. Zbadano rozkłady danych i ich zmienność w poszczególnych zbiorach. Zmienność oceniono poprzez odchylenia standardowe i wskaźnik zmienności określony zależnością:

$$V = \frac{\sigma}{M} 100\% \quad [1]$$

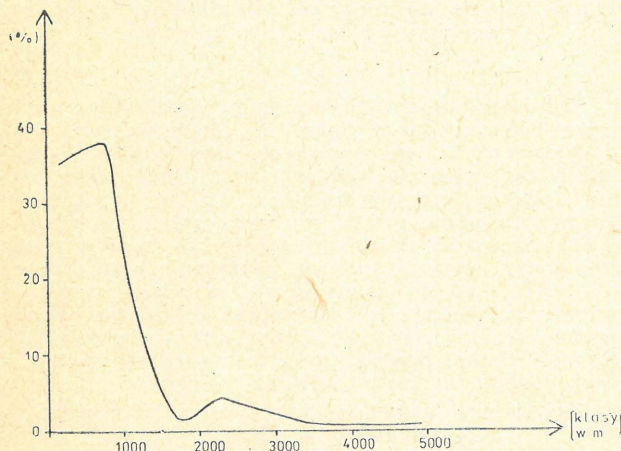
gdzie:

- V — wskaźnik zmienności,
- M — średnia arytmetyczna,
- σ — odchylenie standardowe.

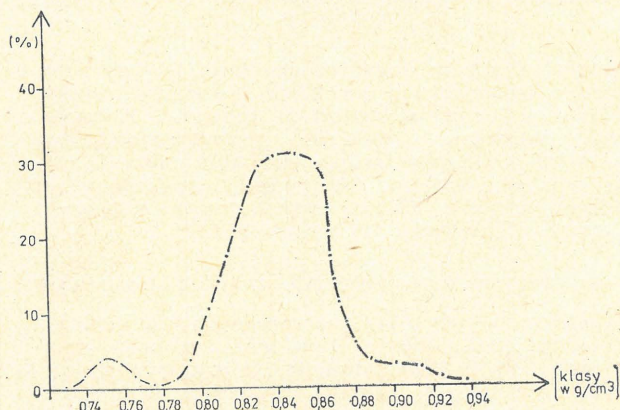
Wychodząc z założenia, że najczęściej rozkłady obserwacji danych w zbiorach podlegają prawom rozkładu normalnego, sprawdzono zgodność rozkładu empirycznego z teoretycznym rozkładem normalnym, testem istotności Kołmogorowa. W przypadku, gdy prawdopodobieństwo rozkładu nie przekraczało granicznej wartości 0,05 zakładano dobrą zgodność rozkładu doświadczalnego z rozkładem normalnym. W przypadku, gdy prawdopodobieństwo przekraczało graniczną wartość zgodności 0,05 podjęto próbę transformacji danych wyjściowych do rozkładu logarytmiczno-normalnego.

Analizowane próbki ropy pochodziły z głębokości od 123 do 4508 m. Najliczniej reprezentowane były próbki do głębokości 1500—2000 m. Poniżej tych głębokości ilość analiz wyraźnie maleje, pokrywając jednak cały pozostały interwał w przybliżeniu w sposób równomierny.

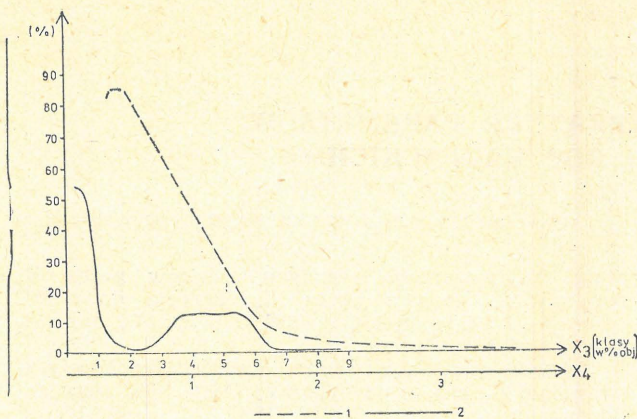
Głębokości pobrania próbek ropy determinujące w dużym stopniu wszystkie pozostałe parametry charakteryzują się rozkładem logarytmiczno-normalnym.



Ryc. 1. Krzywa rozkładu empirycznego głębokości pobrania próbek (X_1).
Fig. 1. Curve of empirical distribution of depth of sampling (X_1).



Ryc. 2. Krzywa rozkładu empirycznego ciężaru właściwego ropy karpackich (X_2).
Fig. 2. Curve of empirical distribution of specific density of Carpathian oils (X_2).



Ryc. 3. Krzywa rozkładów empirycznych zawartości parafiny i twardych asfaltów w ropach karpackich.
1 — twarde asfalty, 2 — parafina.

Fig. 3. Curve of empirical distribution of paraffin and hard asphalt contents in Carpathian oils.
1 — hard asphalts, 2 — paraffin.

	M	min	max	σ	V
X_1	836	123	4508	799	95,6
X_2	0,838	0,725	0,930	0,03	3,94
X_3	2058	0,0	8,0	207	101
X_4	0,34	0,0	5,94	0,8	235
X_5	62,11	25,0	180,0	24,95	40
X_6	24,24	0,0	70,5	12,86	53
X_7	35,35	0,0	92,0	10,43	29
X_8	40,25	0,0	66,0	14,01	34

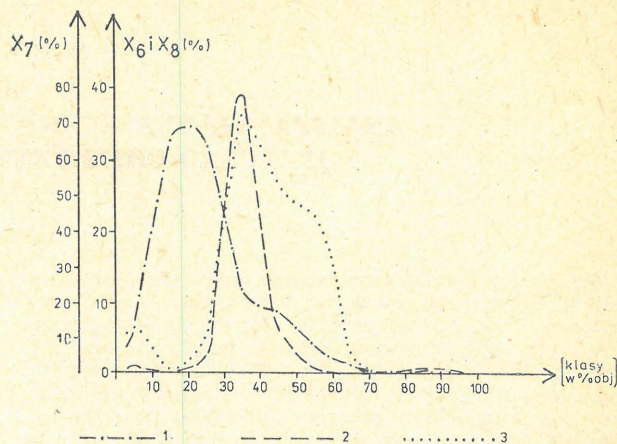
Tabela wartości średnich, minimalnych, maksymalnych, odchylen standardowych oraz współczynników zmienności poszczególnych parametrów. M — wartości średnie, min. — minimalne, max — maksymalne, σ — odchylenia standardowe, V — współczynniki zmienności.

Table of mean, minimum and maximum values, standard deviations, and variability coefficients for individual parameters. Values: M — mean, min. — minimum, max. — maximum, σ — standard deviations, V — variability coefficients.

Zgodność rozkładu empirycznego (ryc. 1) tego parametru z teoretycznym rozkładem logarytmiczno-normalnym stwierdzona kryterium zgodności Kołmogorowa wykazuje wielkość prawdopodobieństwa $P/\lambda = 0,46$. Obliczona średnia głębokość pobrania próbek wynosiła 836 m. Odchylenie standardowe od średniej wynosiło 799 m, współczynnik zmienności obliczony z zależności [1] wynosi 95,6%.

CHARAKTERYSTYKA POSZCZEGÓLNYCH PARAMETRÓW

Cieężar właściwy (X_2) analizowanych rop podlegał rozkładowi normalnemu. Zgodność rozkładu empirycznego (ryc. 2) tego parametru, z teoretycznym rozkładem normalnym, badania kryterium Kołmogorowa, charakteryzuje się wielkością prawdopodobieństwa $P/\lambda = 0,39$. Średni ciężar właściwy wynosi 0,838 g/cm³ (od 0,724 g/cm³ do 0,930 g/cm³), charakteryzując się małą zmiennością; obliczony współczynnik zmienności (V) wynosi 3,94%, a odchylenie standardowe od średniej — 0,03 g/cm³ (tab.).

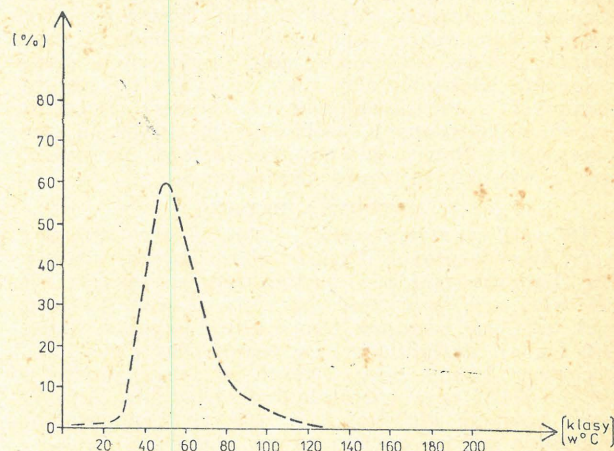


Ryc. 4. Krzywe rozkładów empirycznych frakcji do 150°C, frakcji od 150°C do 300°C oraz pozostałości destylacyjnej rop karpackich.

1 — frakcja od 150 do 300°C, 2 — frakcja do 150°C, 3 — pozostałość destylacyjna.

Fig. 4. Curves of empirical distributions of fractions below 150°C and from 150° to 300°C and post-distillation residua of Carpathian oils.

1 — fraction from 150° to 300°C, 2 — fraction below 150°C, 3 — post-distillation residuum.



Ryc. 5. Krzywa rozkładu empirycznego temperatury wrzenia rop karpackich.

Fig. 5. Curve of empirical distribution of boiling temperature for Carpathian oils.

Kolejnym charakteryzowanym parametrem była zawartość parafiny w ropach X_3 . Zbiór wartości liczbowych (ryc. 3) tego parametru, jako jedyny z wszystkich badanych nie podlegał rozkładowi normalnemu, logarytmiczno-normalnemu, ani też rozkładowi Poissona. Badane próbki rop cechowała duża zmienność zawartości parafiny, obliczony współczynnik zmienności wynosił 101%, a odchylenie standardowe — 2,07%. Jest to niewątpliwie wynikiem tego, iż wśród wszystkich rop były próbki całkowicie pozbawione parafiny, były też takie, które zawierały 8% tego składnika. Średnia zawartość parafiny w badanych ropach wynosiła 2,05% objętościowych.

Następnym badanym parametrem fizyczno-chemicznym była zawartość w ropach twardych asfaltów X_4 . Zbiór wartości liczbowych tego parametru charakteryzował się rozkładem logarytmiczno-normalnym. Zgodność rozkładu empirycznego (ryc. 3) z teoretycznym rozkładem logarytmiczno-normalnym stwierdzono kryterium zgodności Kołmogorowa przy prawdopodobieństwie $P/\lambda = 0,46$. Średnia zawartość

twardych asfaltów w ropach wynosiła 0,34% wagowych, zmieniając się w granicach od 0 do 5,94% wagowych (tab.). Odchylenie standardowe od średniej wynosiło 0,8% wagowych; zawartość twardych asfaltów w ropach jest bardzo zmienna, obliczony współczynnik zmienności (V) tego parametru wynosił 235%. Jest to najwyższy współczynnik zmienności jakim charakteryzowały się wszystkie badane parametry fizyczno-chemiczne rop karpackich.

Kolejnym, piątym, badanym parametrem była temperatura początkowa wrzenia rop X_5 . Zbiór wartości liczbowych tego parametru charakteryzował się, podobnie jak poprzedni, rozkładem logarytmiczno-normalnym. Zgodność rozkładu doświadczalnego (ryc. 4), z teoretycznym rozkładem logarytmiczno-normalnym stwierdzono również kryterium zgodności Kołmogorowa, uzyskując wielkość prawdopodobieństwa $P/A = 0,11$. Średnia początkowa temperatura wrzenia badanych próbek wynosiła 62,11°C, wykazując wahania od 25 do 180°C. Odchylenie standardowe od średniej wynosiło 24,9°C. Obliczony współczynnik zmienności (V) tego parametru wynosił 40%.

Następne trzy badane parametry są efektem podania rop destylacji według Englera. Pierwszy z nich to zawartość w badanych ropach frakcji destylujących w temperaturze do 150°C — X_6 . Rozkład tego parametru zbliżony jest do rozkładu normalnego. Zgodność rozkładu empirycznego z teoretycznym rozkładem normalnym potwierdzona została testem istotności Kołmogorowa, wykazując wielkość prawdopodobieństwa $P/A = 0,86$ (ryc. 5). Średnia zawartość tej frakcji w badanych próbkach rop wynosiła 24,24% objętościowych, wahając się w granicach od 0 do 70,5% objętościowych (tab.). Obliczony z zależności [1] współczynnik zmienności wynosił 53% i był zarazem najwyższy wśród wszystkich trzech badanych parametrów destylacyjnych.

Drugi składnik destylacyjny to zawartość w ropach frakcji destylujących, w temperaturze od 150 do 300°C — X_7 . Wartości liczbowe tej frakcji w badanych próbkach rop charakteryzowały się w przeciwieństwie do poprzedniej frakcji, rozkładem logarytmiczno-normalnym. Zgodność rozkładu empirycznego (ryc. 5) z teoretycznym rozkładem logarytmiczno-normalnym, zbadana testem zgodności Kołmogorowa, wykazała wartość prawdopodobieństwa $P/A = 0,27$. Średnia zawartość tej frakcji w badanych próbkach rop wynosiła 35,35% objętościowych, wahając się w granicach szerszych od poprzedniej frakcji od 0 do 92% objętościowych. Odchylenie standardowe od średniej wynosiło 10,43% objętościowych. Obliczony dla tego parametru współczynnik zmienności (V) wynosił 29% i jest zarazem najniższy wśród analizowanych trzech ostatnich parametrów.

Ostatnim badanym parametrem fizyczno-chemicznym rop była pozostałość destylacyjna X_8 . Zbiór wartości liczbowych tego parametru charakteryzuje się rozkładem zbliżonym do normalnego. Zgodność rozkładu empirycznego (ryc. 5) z teoretycznym rozkładem normalnym stwierdzono podobnie, jak w poprzednich przypadkach kryterium istotności Kołmogorowa, wykazując wielkość prawdopodobieństwa $P/A = 0,17$. Średnia pozostałość destylacyjna badanych próbek wynosiła 40,25% objętościowych, wahając się w granicach od 0 do 66% objętościowych (tab.). Odchylenie standardowe od średniej wynosiło 14,01% objętościowych (największe spośród trzech ostatnich parametrów). Obliczony współczynnik zmienności (V) tego parametru wynosi 34%.

WNIOSKI

W wyniku przebadania rozkładów zbiorów wartości liczbowych poszczególnych parametrów stwierdzono, że rozkładowi normalnemu podlegają trzy z badanych parametrów: ciężar właściwy (X_2), zawartość w ropach frakcji w temperaturze do 150°C (X_6) oraz pozostałość destylacyjna (X_8). Rozkładowi logarytmiczno-normalnemu podlegają zbiory wartości liczbowych czterech parametrów: głębokości pobrania próbek (X_1), zawartości twardych asfaltów w ropach

(X_4), początkowej temperaturze wrzenia rop (X_5) oraz zawartości w ropach frakcji destylujących w temperaturze od 150 do 300°C (X_7). Parafina czyli parametr (X_3), jako jedyny z wszystkich badanych, nie podlegał rozkładowi normalnemu, logarytmiczno-normalnemu, ani też rozkładowi Poissona.

Analizowane zbiory wartości liczbowych poszczególnych parametrów wykazywały bardzo różną zmienność. Najwyższą 235% charakteryzował się parametr (X_4), czyli zawartość w ropach twardych asfaltów, przy czym 85% analizowanych próbek rop mieściło się w przedziale od 0 do 1% wagowego. Niższą zmiennością 101% charakteryzowała się zawartość parafiny w ropach, czyli parametr (X_3). Maksimum analiz (54%) mieściło się w przedziale od 0 do 1% objętościowego. Pozostałe parametry wykazywały zmienność poniżej 100% (X_1 — 96%, X_5 — 40%, X_6 — 53%, X_7 — 29%, X_8 — 34%). Najniższą zmiennością spośród wszystkich badanych parametrów, wynoszącą 3,94% charakteryzował się parametr (X_2), czyli ciężar właściwy badanych rop.

LITERATURA

1. Arctowski H., Gottlieb I. — O ropach Paszowej, Ropienki, Wańkowej, Brelkowa, Kiczera, Leszczowatego i Łodyny. Kosmos 55 A Lwów 1931.
2. Arctowski H., Jaworski R. — O ropach Harkłowej i Pogorzyny. Ibidem.
3. Arctowski H., Deisenberg K. — O ropach Biecha, Lipinek, Kobylanki, Krygu, Męciny Wielkiej, Sękowej, Ropicy Ruskiej i Ropienki. Inst. Geophys. Uniwers. Lwów Com. 1933 nr 74.
4. Calikowski J., Głogoczewski J. J. — Badania geochemiczne bituminów w Polsce. Nafta 1976 nr 7.
5. Freund E. — Podstawy nowoczesnej statystyki. Warszawa 1971.
6. Katz K. — Analizy rop polskich. Warszawa 1936.
7. Karcew A. A. — Osnovy geochemii nefti i gaza. 1969.
8. Kisielow W., Marzec A., Kozikowski H. — Analityka rop naftowych jako podstawa nowej definicji stopnia przeobrażenia rop i jego geologiczna interpretacja. Nafta 1968 nr 2.
9. Kozikowski H. — Geochemiczno-geologiczna charakterystyka Polskich prowincji ropoносnych. Pr. Inst. Gór. Naft. i Gazow. 1977 nr 3.
10. Kwaciszewska A., Pohl J. — Fizyko-chemiczne własności rop z niektórych pól naftowych w Polsce. Ibidem. 1962 nr 71.
11. Miller R., Kan J. — Statisticeskij analiz w geologicheskich naukach. Moskwa 1965.
12. Wdowiarz S. — Ropa naftowa i gaz ziemny na tle geologii Karpat. Biul. Inst. Geol. 1960.

SUMMARY

The search for oil and gas in the Polish Flysch Carpathians has been carried out for over a hundred years. This resulted in gathering of a vast amount of data concerning the surveyed deposits, especially very numerous results of physico-chemical analyses of oils. The last years witnessed marked progress in use of mathematical-statistic methods in analysis of geochemical data. The use of mathematical statistics apparatus makes also possible to obtain more complete characteristics of the analysed interrelations.

The present paper deals with mathematical-statistic analysis of eight selected physico-chemical parameters of Carpathian oils. The analysed parameters were obtained for both oils from the known oil fields and those encountered by single drillings in isolated areas. Attempt was made to select most representative material, comprising the maximum information from the whole area of the Flysch Carpathians.