

KARPACKIE ŁUPKI BITUMICZNE — ICH ROZWÓJ I PERSPEKTYWY JAKO SUROWCA ENERGETYCZNEGO

UKD 552.578.3+553.983.06:551.781.5]:662.67(438—924.51)

Pogłębiający się w ostatnich latach kryzys energetyczny w świecie i związany z tym gwałtowny wzrost cen paliw płynnych spowodował zainteresowanie się surowcami energetycznymi, których eksploatacja i przeróbka były dotychczas uważane za nieopłacalne. Jednym z tych surowców są znane od wielu lat łupki bitumiczne. W Polsce największe ich zasoby znajdują się w Karpatach. Na mniejszą skalę występują one w Górnośląskim i Lubelskim Zagłębiu Węglowym (przywęglowe łupki bitumiczne i węgle sapropelowe) oraz na Nizinie Polskiej (czwartorzędowe łupki bitumiczne).

W polskich Karpatach Zewnętrznych mianem łupków bitumicznych określa się czarne i brunatnoczarne łupki warstw menilitowych wieku oligoceńskiego. Warstwy te — sfałdowane wskutek procesu gradacji wraz z nadległymi warstwami krosieńskimi — zostały odsłonięte na powierzchni w formie wąskich, wielokilometrowych pasów. Szczególnie licznie występują one we wschodniej części polskich Karpat na wschód od Dunajca (ryc. 1).

Pierwsze informacje o występowaniu łupków bitumicznych w Karpatach fliszowych podaje E. Władkiewicz (23). W późniejszych latach ukazują się wiele prac, m. in. W. Szajnochy (21), R. Zuberka (25), W. Kuźniara (15), w których autorzy obok ogólnej charakterystyki łupków menilitowych podają procentową zawartość substancji oleistych. Tak np. W. Kuźniar podaje, że zawartość oleju w łupkach menilitowych rzadko spada poniżej 20%, a niekiedy dochodzi do 30%. Autor ten nie podaje jednak ani miejsca pobrania próbek, ani metody stosowanej przy badaniach. Zawartości pirobituminów podawane przez innych autorów są znacznie niższe; wahają się one od 2—8%.

W okresie międzywojennym prace badawcze nad łupkami bitumicznymi prowadzono głównie pod kątem ustalenia zawartości oleju łupkowego oraz składu frakcyjnego tego oleju. Z tego okresu pochodzą prace W. Szajnochy (22), K. Bohdanowicza (4, 5), A. Różyckiego (17) i in. A. Różycki (op. cit.) uzyskuje z różnych próbek łupków menilitowych wydajność 33 g ropy surowej i 88 l gazu z 1 kg łupku. W tym czasie podjęto również próby praktycznego wykorzystania łupków bitumicznych przez S. A. Wspólnotę Interesów Górniczo-Hutniczych. Jak podaje Z. Pazdro (4), w wyniku tych badań uzyskano z 5 ton łupku z Synowódzka (Karpaty Wschodnie) destylat olejowy w ilości 3,4%. Analizując dotychczasowy stan badań J. J. Zieliński (24) ocenia obszar wychodni łup-

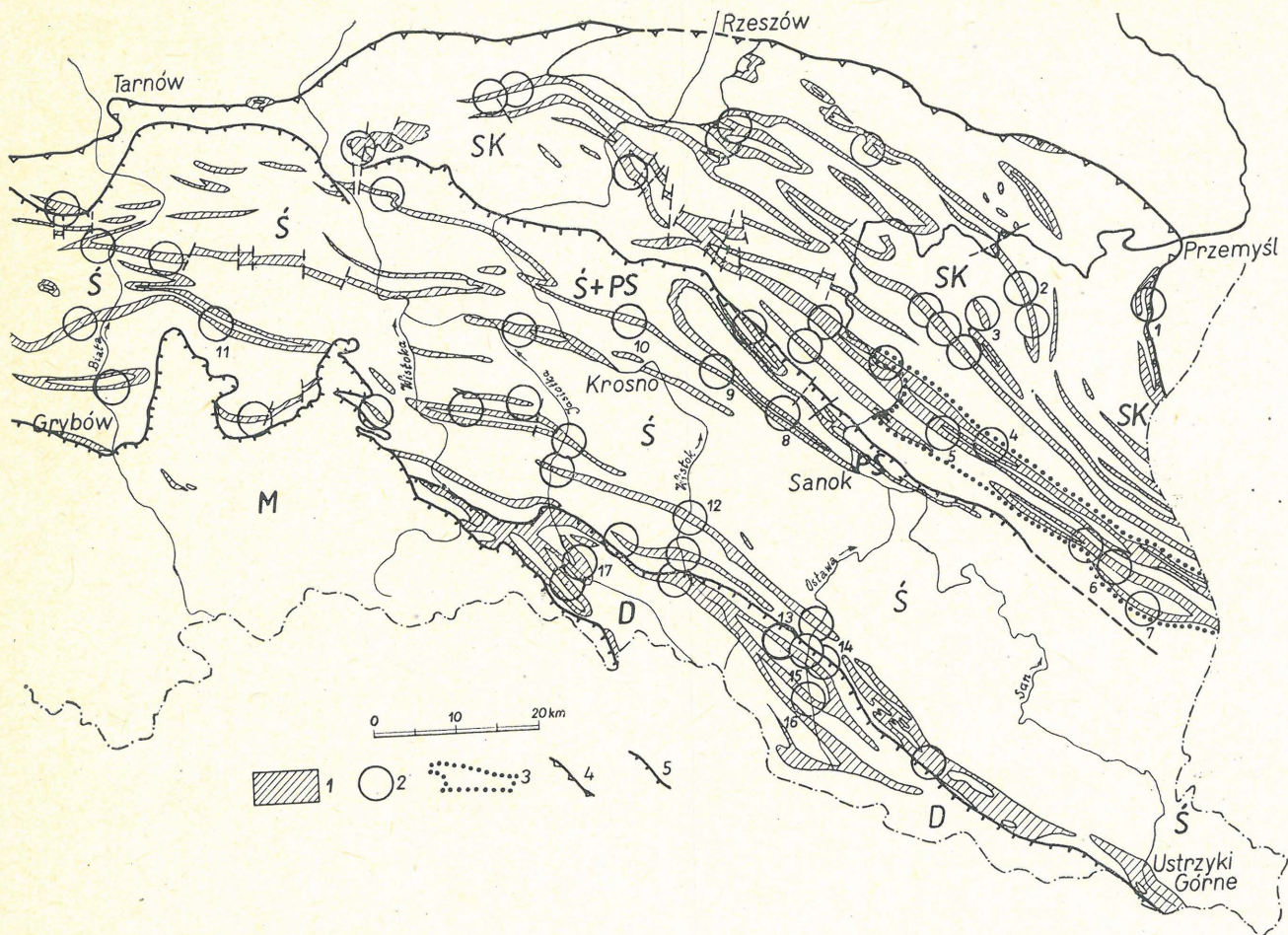
ków menilitowych na ok. 600 km², zastrzegając jednocześnie, że nie wszystkie te wychodnie będą mogły być wyzyskane. Łączna kubatura łupków menilitowych była szacowana przez tego autora na 30 mld m³.

W latach 1955—1961 systematyczne badania prowadzili J. Badak (1) oraz J. Badak i J. Grudzień (3). Obejmowały one swym zasięgiem całokształt zagadnień związanych z karpackimi łupkami bitumicznymi. W późniejszym okresie J. Badak (2) prowadził obserwacje nad zmiennością facjalną warstw menilitowych, wyróżniając w nich 4 facje: ilastą, marglistą, ilasto-piaszczystą i marglisto-piaszczystą. Badania te zmierzały do ustalenia, w której z wydzielonych facji występują łupki bitumiczne o najwyższych zawartościach pirobituminów. W podsumowaniu wyników przeprowadzonych badań autor ten stwierdza, że średnia zawartość oleju łupkowego, liczona dla całego obszaru występowania łupków bitumicznych, waha się od 1 do 2%, natomiast podwyższone jego zawartości koncentrują się w łupkach niższej części warstw menilitowych nad i pod poziomem rogowcowym. W podobnym położeniu występują podwyższone zawartości uranu (13).

W latach 1975—1977, w ramach prac Instytutu Geologicznego, wykonano badania karpackich łupków bitumicznych, pod względem możliwości kompleksowego ich wyzyskania. Badaniami objęto obszar wychodni warstw menilitowych od Dunajca po wschodnie granice państwa. Badania geologiczne wykonali: w części zachodniej obszaru M. Kita-Badak, w części południowej — J. Skulich, w części północno-zachodniej — J. Jaszczur oraz w części północno-wschodniej — autor. Wyniki tych badań przedstawiono na 85 Sesji Naukowej Instytutu Geologicznego nt: „Perspektywy wykorzystania łupków bitumicznych w Karpatach i węgli sapropelowych w Górnośląskim i Lubelskim Zagłębiu Węglowym” w kwietniu 1978 r. Prace dotyczące innych zastosowań karpackich łupków bitumicznych (niż do uzyskiwania oleju łupkowego) ww. autorzy opublikowali oddzielnie (10, 12, 19).

ROZWÓJ LITOLOGICZNY I ZMIENNOŚĆ FACJALNA WARSTW MENILITOWYCH

W niższej części oligocenu, we wszystkich jednostkach tektonicznych (z wyjątkiem północnej części jednostki magurskiej) występują warstwy menilitowe,



Ryc. 1. Rozmieszczenie wychodni warstw menilitowych według H. Świdzińskiego.

1 — warstwy menilitowe, 2 — miejsca, w których przeprowadzono badania łupków bitumicznych (1 Książce, 2 Huta Brzuska, 3 Rudawka, 4 Zawadka, 5 Rozpucie, 6 Brzegi Dolne, 7 Moczary, 8 Pakoszówka, 9 Trześniów, 10 Odrzykoń, 11 Sitnica, 12 Wernejówka, 13 Jawornik, 14 Preluki, 15 Komańcza, 16 Radoszyce, 17 Tylawa), 3 — obszar perspektywny łupków bitumicznych, 4 — brzeg Karpat, 5 — nasunięcia jednostek tektonicznych: SK — skolska, PS — podśląska, S — śląska, D — dukielska, M — magurska.

Fig. 1. Distribution of outcrops of the Menillite Beds after H. Świdziński.

1 — Menillite Beds, 2 — surveyed occurrences of bituminous shales (1 Książce, 2 Huta Brzuska, 3 Rudawka, 4 Zawadka, 5 Rozpucie, 6 Brzegi Dolne, 7 Moczary, 8 Pakoszówka, 9 Trześniów, 10 Odrzykoń, 11 Sitnica, 12 Wernejówka, 13 Jawornik, 14 Preluki, 15 Komańcza, 16 Radoszyce, 17 Tylawa), 3 — perspective area of bituminous shale deposit, 4 — margin of the Carpathians, 5 — overthrusts of tectonic units: SK — Skole, PS — Sub-Silesian, S — Silesian, D — Dukla, M — Magura.

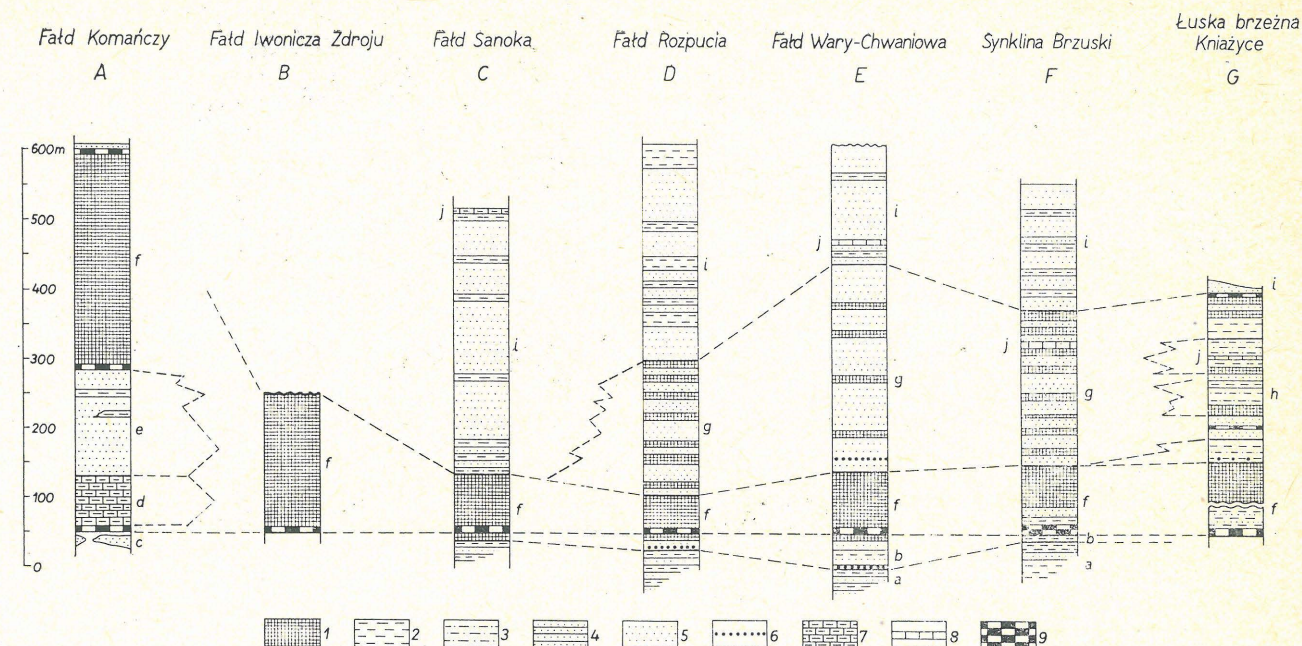
częściowo odsłonięte na powierzchni, w większości przykryte warstwami krosnieńskimi. Rozwój tych warstw przedstawiono w wielu szczegółowych pracach geologów karpaccich, a całokształt zagadnień dotyczących rozwoju, wieku, zmian facjalnych, charakteru dolnej i górnej granicy jest zamieszczony w pracach S. Juchy, J. Kotlarczyka (11) oraz L. Koszarskiego, K. Żytki (14). Na podstawie tych prac oraz własnych obserwacji, autor przedstawi rozwój warstw menilitowych w poszczególnych jednostkach, ze szczególnym uwzględnieniem serii łupków bitumicznych o charakterze złożowym.

W jednostkach: skolskiej, podśląskiej i śląskiej, na marglach globigerynowych, a lokalnie w brzeżnej części jednostki skolskiej na warstwach popielskich, jest rozwinięty gruby kompleks warstw, w którym dominują czarne lub brunatnoczarne łupki bitumiczne. Najniższa część tego kompleksu (o miąższości dochodzącej do 25 m) jest wyróżniana jako warstwy podrogowcowe lub dolna seria przejściowa. Warstwy te są złożone z ciemnych i czarnych, najczęściej marglistych łupków typu menilitowego oraz piaskowców wapnistych cienko- i średnioławicowych w jednostce skolskiej, a gruboławicowych typu dolnokrosnieńskiego w jednostkach podśląskiej i śląskiej. Lokalnie w ich spągu pojawiają się zlepieńce ze Siedlisk. Są one rozwinięte w postaci jednej ławicy zlepieńca, lub też rozrastają się do kilku metrów i wówczas są złożone z szeregu ławic zlepieńców i piaskow-

ców przewarstwionych czarnymi łupkami. W jednostce dukielskiej na pograniczu eocenu i oligocenu rozwinęły się piaskowce z Mszanki, a powyżej — margle podcergowskie.

Na warstwach podrogowcowych występuje szeroko rozprzestrzeniony charakterystyczny poziom rogowców i margli przyrogowcowych. Poziom ten, o miąższości od kilkudziesięciu centymetrów do kilku metrów, jest złożony z cienkich (2—5 cm) warstewek czarnych, brunatnych, niekiedy również kremowobiałych, często pasemkowanych rogowców przewarstwionych czarnymi, silnie bitumicznymi łupkami. Sporadycznie grubość ławic rogowców osiąga 70 cm. W wewnętrznej części jednostki skolskiej i lokalnie w jednostce śląskiej rogowce przechodzą ku górze w zwężone margle krzemieniste brunatne lub czekoladowe.

W wyższej części warstw menilitowych zachodzą znaczne zmiany facjalne zarówno w kierunku poprzecznym, jak i podłużnym w stosunku do przebiegu struktur (ryc. 2). W łuskach brzeżnych jednostki skolskiej (ryc. 2 kolumna G) ponad poziomem rogowców (dolnych) jest rozwinięta seria naprzemianległych ławic kruchych, jasnoszarych piaskowców i czarnych łupków o charakterze drobnorytmicznego fliszu, o miąższości 40 m. Warstwy te przechodzą ku górze w zwarty pakiet czarnych, częściowo marglistych łupków bitumicznych, którego miąższość wynosi 50—60 m. Powyżej jest rozwinięta seria warstw łopia-



Ryc. 2. Profile litostratigraficzne oligoceńskich osadów fliszu karpackiego.

Profil A—B wg A. Ślaczki, C — L. Koszarskiego. A — jednostka dukielska, B—C śląska, D—G skolska; a — warstwy hieroglifowe z marglami globigerinowymi w stropie, b — warstwy podrogowcowe, c — piaskowce z Mszanki, d — margle z Jawornika (podcergowskie), e — piaskowce cergowskie, f — łupki menilitowe z rogowcami w spągu, g — warstwy kliwskie (piaskowce kliwskie), h — warstwy łopanieckie, i — warstwy krosnińskie, j — łupki (wapienie) jasielskie; 1 — łupki bitumiczne, 2 — łupki szare, 3 — mułowce, 4 — piaskowce cienkoławicowe, 5 — piaskowce gruboławicowe, 6 — zlepienie, 7 — margle, 8 — wapienie, 9 — rogowce.

Fig. 2. Lithostratigraphic sections of Oligocene rocks of the Carpathian Flysch.

Sections A—B — after A. Ślaczka, C — after L. Koszarski. A — Dukla Unit, B—C — Silesian Unit, D—G — Skole Unit; a — Hieroglyph Beds with Globigerina Marls at the top, b — Sub-Flintstone Beds, c — Mszanka Sandstones, d — Jawornik (Sub-Cergowskie) Marls, e — Cergowskie Sandstones, f — Menillite Shales with flintstones at the base, g — Kliwia Beds (Kliwia Sandstones), h — Łopianik Beds, i — Krosno Beds, j — Jasło Shales (Limestones); 1 — bituminous shales, 2 — gray shales, 3 — siltstones, 4 — thin-bedded sandstones, 5 — thick-bedded sandstones, 6 — conglomerates, 7 — marls, 8 — limestones, 9 — flintstones.

nieckich, złożona z ciemnoszarych mułowców z egzotykami, popielatych łupków, szarych margli i mułowców marglistych, czarnych łupków menilitowych i jasnoszarych, niewapnistych piaskowców. Seria ta, o miąższości ok. 250 m, kończy się czterometrowym pakietem rogowców górnych (9).

W wewnętrznej części jednostki skolskiej (ryc. 2 D—F), powyżej poziomu rogowców i margli przyrogowcowych występuje zwarta seria czarnych bitumicznych łupków o miąższości 40—70 m. Wśród łupków podrzędnie występują cienkie wkładki rogowców i piaskowców kwarcytowych. Ponad serią łupkową zalega gruby (kilkaset metrów) kompleks piaskowców, wydzielany niekiedy jako odrębne ogniwo piaskowców kliwskich (warstw kliwskich). Ogniwo to jest złożone z bardzo grubych (2—10 m) ławic piaskowców różnoziarnistych, miejscami zlepieńcowatych, słabozwięzłych. Ławice piaskowców są rozdzielone cienkimi pakietami czarnych, również bitumicznych łupków, rzadziej pakietami łupków popielatych. Miąższość piaskowców kliwskich w strefie ich maksymalnego rozwoju, tj. w centralnej części jednostki skolskiej dochodzi do 500 m, przy czym zarówno ku północy, jak i ku południowi miąższość piaskowców maleje aż do całkowitego ich wyklinowania się (ryc. 2).

W południowej, odwodowej strefie jednostki skolskiej, już poza zasięgiem piaskowców kliwskich, warstwy menilitowe są wykształcone w postaci czarnych bitumicznych łupków z wkładkami cienkoławicowych piaskowców. Miąższość ich w tej strefie dochodzi do 100 m.

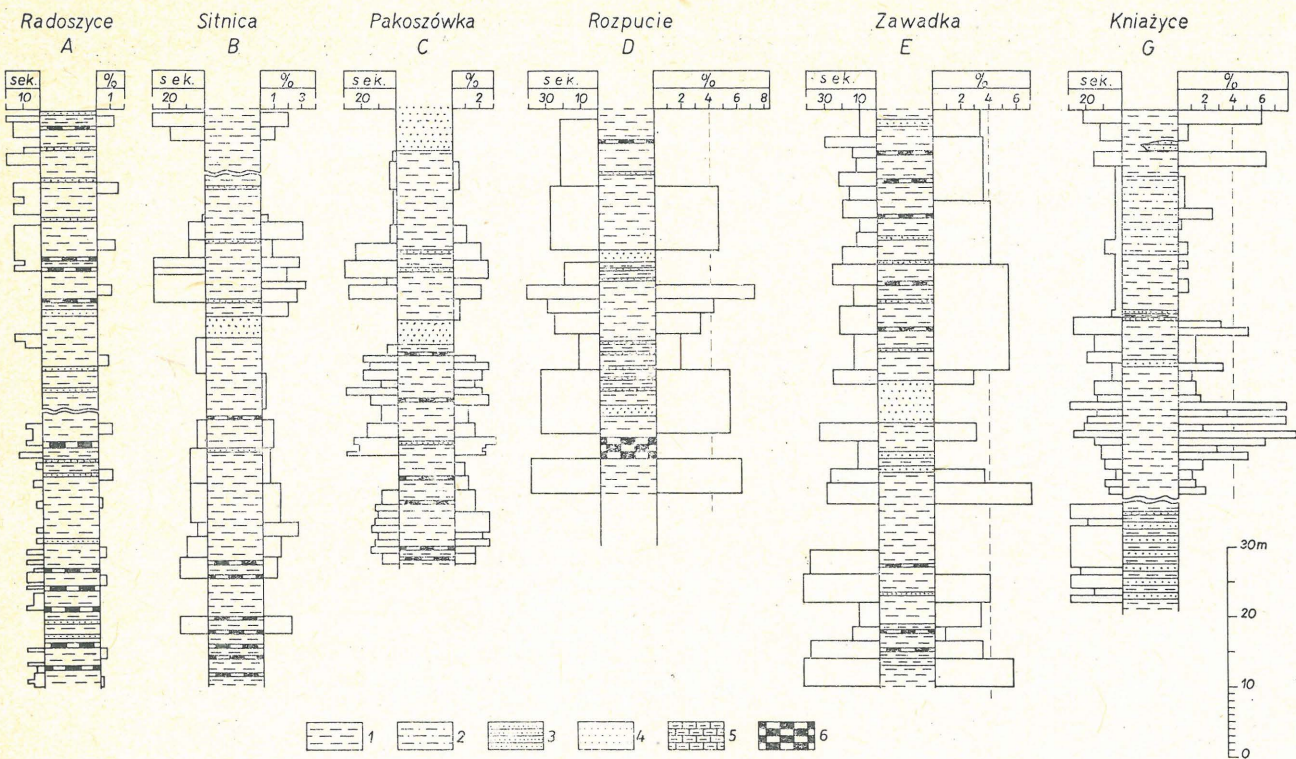
W jednostce podśląskiej seria menilitowa jest złożona głównie z czarnych i brązowych łupków bitumicznych, z wkładkami rogowców w części dolnej oraz wkładkami popielatych łupków ilastych w części górnej. Sporadycznie wśród serii łupkowej występują cienkie wkładki piaskowców. Miąższość warstw menilitowych tej jednostki wynosi ok. 100 m, często

jest jednak znacznie mniejsza wskutek redukcji tektonicznych.

W jednostce śląskiej obserwuje się dość znaczne zmiany w rozwoju warstw menilitowych, zachodzące nawet na niewielkich obszarach. Ogólnie można określić, że w północnym obrzeżeniu centralnej depresji w rejonie Sanoka warstwy menilitowe są reprezentowane przez czarne i brązowe łupki bitumiczne, z rogowcami w spągu, o miąższości dochodzącej do 100 m. Dalej ku zachodowi w rejonie Odrzykonja dominującym składnikiem warstw menilitowych są brązowe margle, a jeszcze dalej w przekroju Wisłoka występują ponownie czarne łupki bitumiczne. W południowym obrzeżeniu centralnej depresji, w rejonie Gerlic, seria menilitowa jest reprezentowana przez piaskowce magdaleńskie z wkładkami czarnych łupków, natomiast w rejonie Rudawki Rymanowskiej — przez czarne bitumiczne, często margliste, łupki z wkładkami margli i piaskowców typu cergowskiego. Miąższość warstw menilitowych w tym rejonie wynosi ok. 200 m.

W jednostce dukielskiej na piaskowcach z Mszanki występują kolejno: kilkunastometrowy pakiet czarnych łupków, margle z Jawornika (margle podcergowskie) z wkładkami rogowców (60 m) oraz piaskowce i łupki cergowskie (300 m). Właściwe warstwy menilitowe, występujące powyżej, są złożone z ciemnobrunatnych ilastokrzemionkowych łupków z wkładkami rogowców i piaskowców cienkoławicowych, a w części górnej również z wkładkami łupków popielatych (20). Miąższość tych warstw dochodzi w niektórych rejonach do 500 m.

Z przedstawionej ogólnej charakterystyki warstw menilitowych wynika, że jako serie złożowe łupków bitumicznych mogą być brane pod uwagę: zwarte kompleksy czarnych łupków, występujące powyżej rogowców dolnych w jednostce skolskiej, cała seria tych warstw w jednostkach podśląskiej i śląskiej oraz wyższa ich część w jednostce dukielskiej.



Ryc. 3. Profile litologiczne serii łupków bitumicznych z wykresami zawartości oleju łupkowego.

Fig. 3. Lithological sections of bituminous shale series and graphs of content of shale oil.

Profil A wg J. Skulich, B — M. Kity-Badak, C—J. J. Jaszczura. 1 — czarne łupki bitumiczne, 2 — mułowce, 3 — piaskowce cienkoławicowe, 4 — piaskowce gruboławicowe, 5 — margle, 6 — rogowce; sek. — czas palenia się łupków w sekundach, % — zawartość oleju łupkowego w procentach; A — jednostka dukielska, B—C — śląska, D—G skolska.

Sections: A — after J. Skulich, B — after M. Kita-Badak, C—J — after J. Jaszczura. 1 — black bituminous shales, 2 — siltstones, 3 — thin-bedded sandstones, 4 — thick-bedded sandstones, 5 — marls, 6 — flintstones; sec. — time of burning of shales in seconds, % — content of shale oil in per cents; A — Dukla Unit, B—C — Silesian Unit, D—G — Skole Unit.

BITUMICZNOŚĆ WARSTW MENILITOWYCH

Z dotychczasowych badań nad bitumicznością warstw menilitowych, a szczególnie z prac J. Badaka (2), wiadomo że rozmieszczenie pirobituminów w profilu tych warstw jest nierównomierne. Dla pełniejszej oceny jakości surowca miarodajna będzie średnia zawartość oleju łupkowego z pełnego profilu tych warstw przy rozwoju łupkowym, bądź też z części obejmującej zwartą serię łupków przy rozwoju piaskowcowo-lupkowym. Z tego też względu badaniami objęto większość wychodni warstw menilitowych, w których są odsłonięte pełne profile serii łupkowych. W celu ustalenia, jak zachowuje się bitumiczność na większych głębokościach w stosunku do łupków występujących na powierzchni, wykonano badania rdzeni z 5 otworów wiertniczych. Do badań na zawartość oleju łupkowego pobrano 5 tys. próbek, które poddano wstępnej ocenie, polegającej na pomiarze czasu palenia się łupków w płomieniu palnika Bartla. Istnieje bowiem zależność między czasem palenia się łupków a zawartością w nich oleju łupkowego. Z profili, które w całości dawały najlepsze wyniki w danym rejonie, poddano 500 próbek analizie technicznej metodą Fischer-Schraedera. Wyniki tych badań, przedstawione częściowo w tab. I, zostaną omówione przy poszczególnych profilach.

Profil Książyce (ryc. 3 kolumna G) przedstawia rozwój niższej części warstw menilitowych skiby brzeżnej, występującej na południe od Przemyśla. W profilu tym powyżej rogowców dolnych jest rozwinięta seria naprzemianległych cienkich warstewek czarnych łupków i kruchych jasnoszarych piaskowców. Ponad nią występuje zwarty pakiet czarnych łupków o miąższości 50 m. Niższa część badanej serii łupkowej, w której przewagę stanowiły łupki o rozpadzie płytkowym z obfitymi nalotami jarosytu, wy-

kazywała w badaniach wstępnych wysokie wskaźniki palenia. W wyższej części, w której przewagę stanowiły łupki mułowcowate, wskaźniki te były znacznie niższe. Analizy techniczne potwierdziły znacznie większą zawartość oleju łupkowego w łupkach niższej części serii. Najwyższą ich zawartość, wynoszącą 8,58%, stwierdzono w próbce 14/XL. Średnia zawartość oleju łupkowego dla całego niższego odcinka wynosi tylko 3,2%. W części wyższej, w której przeważają łupki mułowcowate, zawartość oleju łupkowego waha się od 0,5 do 1%, a tylko w pojedynczych wkładkach w najwyższej części dochodzi do 6%. Średnia więc zawartość pirobituminów, liczona dla całego 50-metrowego odcinka łupków, wynosi zaledwie 2,63%.

W górnej części serii menilitowej, w której wyróżniono warstwy łopanieckie, czarne łupki bitumiczne pojawiają się jeszcze kilkakrotnie w pakietach od 2 do 5 m. Ponieważ są one rozdzielone utworami płożnymi znacznej miąższości, mimo zawartości w nich 3—5% oleju łupkowego, nie przedstawiają one większej wartości użytkowej.

W wewnętrznej strefie jednostki skolskiej, w synklinach Brzuski i Rudawki, warstwy menilitowe są rozwinięte w facji łupkowo-piaskowcowej, przy czym piaskowce kliwskie osiągają tu już znaczną miąższość 200—300 m (ryc. 2 F). Seria łupków bitumicznych w północnym skrzydle synkliny Brzuski jest złożona z szeregu pakietów czarnych łupków ilastych z wkładkami piaskowców kliwskich o grubości ławic 20—80 cm. Zawartość pirobituminów w łupkach z profilu Huta Brzuska waha się od 0,5 do 3,5%, średnio 1,5%. Podobny rozwój łupków bitumicznych występuje w profilu Rudawka. Najwyższa zawartość oleju łupkowego stwierdzona w tym profilu wynosi 7,86%. Znaczna jednak liczba pakietów łupkowych zawiera poniżej 1% oleju, dlatego średnia zawartość dla całego profilu jest niska i wynosi 2,36%.

WYNIKI ANALIZ TECHNICZNYCH MET. FISCHER-SCHRAEDERA PRÓBEK KARPACKICH ŁUPKÓW BITUMICZNYCH
WYK W INSTYTUCIE CHEMICZNEJ PRZEROBKI WĘGLA ZABRZE — ZAKŁAD OCHRONY ŚRODOWISKA W KRAKOWIE
ORAZ PRZEZ KOMBINAT GEOLOGICZNY „POŁUDNIE” W KATOWICACH

Miejsce pobrania próbki	Nr próbki	% wag.					
		Olej łupkowy	Półkoks	Woda rozkł.	Gaz + straty	Wilgoć	Popiół
Bachów	B 13—14	2,50	88,50	3,00	6,00	4,00	76,36
Barwinek	51/44—45	2,56	95,96	0,46	1,02	2,55	88,46
Besko	69/24—25	2,01	94,35	2,63	1,01	0,90	82,93
Dobrynia	3	5,67	89,24	4,05	1,04	3,07	68,23
Dukla	97/3	1,02	95,31	2,65	1,02	2,41	79,85
Faliszówka	7	3,36	94,01	2,37	0,26	3,45	87,15
Głobikowa	11	2,66	93,78	3,03	0,53	6,66	84,60
Hadle Szkl.	1/8	3,00	87,40	2,00	7,60	5,50	79,37
Jasionów	49/3	5,57	89,46	1,26	3,71	6,06	77,39
Jawornik	91/95—105	1,48	96,77	0,73	1,02	1,83	77,77
Kniażyce	14/XL	8,58	85,89	1,46	4,07	1,05	73,45
Kniażyce	18/XL	7,82	86,87	1,74	3,57	1,02	74,45
Komańcza	89/40—42	1,03	96,99	0,95	1,03	3,57	89,92
Królik Wołoski	101/53—54	1,02	95,47	3,00	0,51	3,57	89,92
Moczary	65/6	4,57	90,53	3,38	1,52	1,67	80,10
Pakoszówka	3/17—18	2,50	91,30	2,50	3,70	1,00	87,05
Pastwiska	73/29—30	1,76	95,95	1,78	0,51	0,98	89,24
Poraj	21	1,31	94,73	1,85	2,11	5,49	87,34
Prełuki	68/63—64	0,51	96,53	2,45	0,51	2,10	89,15
Radoszyce	60/67—68	1,03	96,91	1,03	1,03	3,50	92,10
Rozpucie	46/5	4,52	92,42	1,47	1,59	6,36	80,36
Rozpucie	46/6	6,89	89,25	1,16	3,70	5,85	78,97
Rozpucie	46/7/1	4,25	90,75	2,88	2,12	6,29	79,28
Rozpucie	46/7/2	3,21	92,54	2,11	2,14	7,03	80,45
Rozpucie	47/1	5,30	90,48	1,04	3,18	6,02	75,86
Rozpucie	47/2	6,13	86,74	1,27	5,86	6,56	72,09
Rudawka	26/2	7,86	88,80	2,29	1,05	1,49	76,28
Sitnica	8	3,12	90,24	4,56	2,08	4,12	80,58
Sitnica	16	2,57	96,51	0,41	0,51	3,10	72,90
Straszydle	7/10—15	2,50	89,40	2,00	6,10	3,50	85,59
Szczawne	65/45—46	1,77	95,40	2,32	0,51	1,46	83,50
Trześniów	2/35—40	3,50	89,50	2,50	4,50	2,00	82,72
Tylawa St.	76/52—54	1,02	96,22	1,23	1,53	1,79	79,17
Wernejówka	77/15—18	5,60	91,22	1,65	1,53	1,88	87,61
Zawadka	28/3	4,29	90,87	3,46	1,08	2,11	74,38
Zawadka	29/1	5,57	87,68	2,66	4,09	1,37	78,69
Zawadka	29/2	3,29	89,76	3,87	3,08	1,43	83,69
Zawadka	29/3	6,96	87,72	3,77	1,55	3,09	78,05
Zawadka	29/4	5,33	91,53	1,06	2,08	1,70	80,57
Zawadka	29/5	4,09	93,04	1,78	1,09	2,25	79,93

W dalszych ku południowi elementach tektonicznych obserwuje się w łupkach menilitowych wzrost zawartości oleju łupkowego. W tych też elementach piaszkowce kliwskie osiągają największą miąższość, dochodzącą do 400 m. W fałdzie Chwaniowa-Wary (profil Zawadka, ryc. 3 F) miąższość serii łupkowej wynosi 95 m, przy czym do serii tej włączono również poziom rogowców oraz wyższą część warstw podrogowców. Poziom rogowcowy jest złożony z szeregu cienkich warstewek rogowców i margli krzemienistych przewarstwionych czarnymi, silnie bitumicznymi łupkami. W odcinku profilu ponad rogowcami występują czarne i brunatne łupki z wkładkami cienko- i średnioławicowych piaszkowców typu kliwskiego oraz cienkimi warstewkami rogowców. Wkładki te stanowią około 15% całości serii łupkowej. Miąższość tej serii wyraźnie maleje w kierunku północno-wschodnim, wzrasta natomiast miąższość piaszkowców kliwskich. Wyniki analiz technicznych metodą Fischer-Schraedera z poszczególnych odcinków badanej serii wykazały, że zawartość oleju łupkowego w łupkach waha się od 1 do 6,96%. Średnia zawartość oleju dla całej serii łupkowej wynosi 4,12%.

W fałdzie Rozpucia rozwój niższej części warstw menilitowych jest zbliżony do rozwoju tej części warstw w skrzydle południowym fałdu Chwaniowa-Wary. Różnica polega na mniejszej miąższości serii łupkowej, wynoszącej w tym elemencie 50—60 m. Zawartość oleju łupkowego stwierdzona w profilu

Rozpucie (ryc. 3 D) jest jeszcze wyższa niż w profilu Zawadka. W poszczególnych odcinkach profilu zawartości te wahają się od 2 do 6,89%, natomiast średnia zawartość oleju dla całej serii łupkowej wynosi 4,56%. Uzyskane wartości są porównywalne z wynikami J. Badaka (2), otrzymanymi z profilu sztolni wykonanej w południowym skrzydle fałdu Rozpucia. Najwyższa zawartość oleju łupkowego, stwierdzona przez tego autora w profilu sztolni, wynosiła 9,13%.

W południowo-wschodniej części odwodowej strefy jednostki skolskiej, w której warstwy menilitowe rozwinięte są w facji łupków ilastych z pojedynczymi wkładkami piaszkowców, łupki te wykazują wysokie zawartości pirobituminów. W fałdzie Ustrzyk Dolnych, w profilu Moczary średnia ich zawartość dla serii o miąższości 50 m wynosi 4,5%. Pełna miąższość warstw menilitowych w tym elemencie wg K. Żytka (26) dochodzi do 100 m.

W południowym obrzeżeniu centralnej depresji czarne lub brunatnoczarne łupki bitumiczne występują bezpośrednio powyżej poziomu rogowców. Miąższość serii łupkowej w tej strefie waha się od 40 do 100 m. Lokalnie jednak, np. w Trześniowie i Odrzykoniu, ponad rogowcami występują margle — również bitumiczne. W fałdzie Sanoka, w profilu Pakoszówka, zestawionym z trzech płytkich otworów wiertniczych (ryc. 3 C), warstwy menilitowe są złożone z brunatnych, płytkowo się rozpadających łupków oraz cienkich wkładek rogowców i piaszkowców.

Łupki tych warstw charakteryzują się wysokimi wskaźnikami palenia, natomiast wydajność pirobituminów jest niska. Najwyższa stwierdzona zawartość oleju łupkowego wynosi 3%, najniższa — 0,6%. Średnia zawartość z całej serii wynosi zaledwie 1,78%. Podobne zawartości pirobituminów stwierdzono w profilu Trześniów; w marglach brązowych wynosiły one 1,5—1,8%, natomiast w łupkach czarnych 1—3%.

W niektórych elementach tektonicznych południowej części centralnej depresji, jak np. w fałdzie Biecha (ryc. 3 B), Iwonicza-Tokarni oraz w fałdach przeddukielskich stwierdzono podwyższone zawartości oleju łupkowego, dochodzące niekiedy do 3%, sporadycznie do 5,67%. Jednak większość łupków bitumicznych wykazuje niskie zawartości oleju i dlatego średnia zawartość dla tego obszaru jest mała, wynosząca 1,25%. W profilu Sitnica (fałd Biecha) zawartość oleju łupkowego w brunatnoczarnych łupkach waha się od 0,51 do 3,12%, natomiast średnia zawartość z całego profilu, liczącego ok. 70 m miąższości, wynosi 1,4%. Podobnie przedstawia się bitumiczność serii łupkowej fałdu Iwonicza-Tokarni. Dalej ku południowi w profilu Wernejówka (fałd Bukowej-Królika Wołoskiego) warstwy menilitowe są rozwinięte w postaci silnie skrzemionkowanych, czarnych i brunatnych łupków ilastych, z przerostami łupków marglistych oraz licznymi wkładkami piaskowców cienkoławicowych i rogowców. Miąższość ich jest oceniana na 150 m. Najwyższa zawartość oleju łupkowego stwierdzona w dwumetrowej warstwie tego profilu wynosi 5,6%. Wyniki uzyskane z 34 analiz dla pozostałej części warstw menilitowych wahają się od 0,5 do 1,5%, tak że średnia zawartość oleju łupkowego z całego profilu wynosi ok. 1%.

Na obszarze jednostki dukielskiej łupki menilitowe występują ponad piaskowcami cergowskimi. W serii tej dominują brunatne, silnie skrzemionkowane łupki ilaste, podrzędnie występują w nich wkładki cienkoławicowych piaskowców i rogowców. Badania bitumiczności serii łupkowej, przeprowadzone w różnych częściach tej jednostki, m. in. w przekroju Jawornika, Prełuk, Komańczy, Radoszyc, Tylawy i in., wykazują niską zawartość oleju łupkowego, co stwierdzono zarówno w badaniach wstępnych, jak i w analizach technicznych. Na przykład w profilu Radoszyc (ryc. 3 A) zawartość oleju łupkowego waha się od 0,26 do 1,02%, natomiast średnia zawartość nie przekracza 0,5%.

Jak już wcześniej wspomniano, w celu ustalenia różnicy w zawartości pirobituminów w łupkach występujących na powierzchni i w łupkach występujących na większych głębokościach, przeprowadzono pod tym kątem badania rdzeni wiertniczych z sześciu otworów. Szczególnie korzystne dla tych celów były rdzenie z otworu Trześniów, w którym łupki bitumiczne na znacznym odcinku były ustawione prawie pionowo, tak że można było uzyskać wyniki zawartości oleju z tej samej warstwy ze strefy przy powierzchniowej i co najmniej 20 m głębiej. Do tego samego celu wyzyskano również głęboki rów badawczy (4 m) w Brzegach Dolnych, w którym łupki menilitowe były ustawione pionowo, bądź też zapadały pod bardzo dużym kątem (70—80°). Z przeprowadzonych obserwacji i badań laboratoryjnych wynika, że istnieje bardzo duża różnica między zawartością oleju łupkowego w łupkach zwietrzałych o zmienionej barwie z czarnej na czekoladową lub brudnożółtą a zawartością oleju w łupkach nie zwietrzałych. Łupki zwietrzałe nie zawierają bituminów lub zawierają je w minimalnych ilościach. Bitumiczność łupków wzrasta w miarę zbliżania się do strefy łupków nie zwietrzałych. Łupki zwietrzałe najczęściej występują na wierzchołkach lub pogrążonych zboczach, a grubość pokrywy zwietrzalej wynosi 1—4 m. Nie stwierdzono natomiast różnicy między zawartością pirobituminów w łupkach nie zwietrzałych występujących na powierzchni, np. w korytach rzek, bądź też w strefie przypowierzchniowej a ich zawartością w łupkach występujących na większych głębokościach.

Tabela II
ZESTAWIENIE LICZBY ANALIZ TECHNICZNYCH METODĄ FISCHER-SCHRAEDERA W POSZCZEGÓLNYCH PRZEDZIAŁACH PROCENTOWEJ ZAWARTOŚCI OLEJU ŁUPKOWEGO

Obszar	0,25-1 %	1,1-2 %	2,1-3 %	3,1-4 %	4,1-5 %	5,1-6 %	6,1-7 %	7,1-9 %
	Liczba analiz							
Jednostka skolska	47	68	20	26	11	16	8	3
Jednostka podśląska i śląska	88	65	22	9	—	3	—	—
Jednostka dukielska	46	20	2	—	—	—	—	—

OCENA KARPACKICH ŁUPKÓW BITUMICZNYCH JAKO SUROWCA ENERGETYCZNEGO

Powierzchnia wychodni warstw menilitowych wschodniej części Karpat polskich jest szacowana na ok. 600 km², natomiast serie łupkowe, a zatem te części warstw menilitowych, które mogą stanowić potencjalne złoża łupków bitumicznych, ocenia się na 75—100 km² powierzchni. Zawartość oleju łupkowego w poszczególnych próbkach z tych serii waha się od 0,25 do 8,58%. Średnia zawartość oleju łupkowego, liczona dla całego badanego obszaru, na podstawie 457 analiz technicznych metodą Fischer-Schraedera wynosi zaledwie 1,5%. Przy zawężeniu tych obliczeń do mniejszych obszarów, okazuje się że w niektórych z nich średnie zawartości oleju łupkowego są dość wysokie.

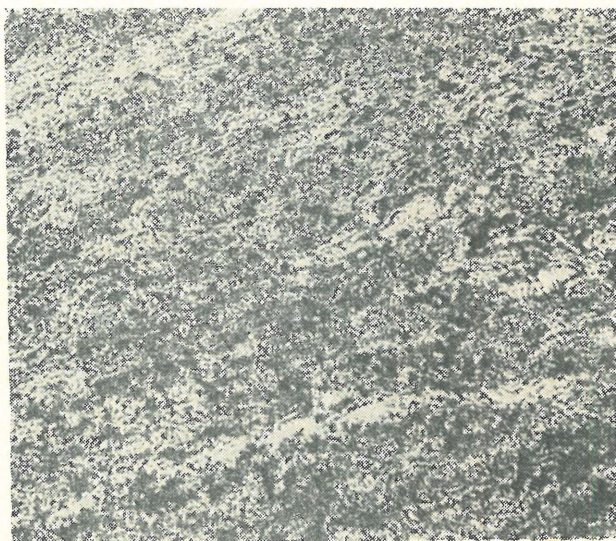
Dla celów porównawczych wykonano w układzie tabelarycznym zestawienie liczby analiz technicznych łupków bitumicznych w przedziałach procentowej zawartości oleju łupkowego dla poszczególnych jednostek tektonicznych Karpat (tab. II). Z zestawienia tego wynika, że największa liczba analiz o wysokich 4—9% zawartościach oleju łupkowego pochodzi z łupków bitumicznych jednostki skolskiej. Jednocześnie na łupki o zawartości oleju 0,25—2% proporcjonalnie przypada najmniej analiz. Wyliczona średnia zawartość oleju łupkowego dla tego obszaru wynosi 2,68%. W obrębie tej jednostki istnieją jednak mniejsze obszary, w których średnia zawartość oleju będzie jeszcze wyższa. Najkorzystniej pod tym względem przedstawiają się łupki bitumiczne wschodniej części odwodowej strefy jednostki skolskiej od Sanu po wschodnie granice państwa, obejmujące fałdy Chwaniowa-Wary i Rozpucia oraz fałdy Łodyny Wsi i Ustrzyk Dolnych. Średnia zawartość oleju łupkowego, liczona dla łupków bitumicznych tego obszaru, wynosi 4,18%. W pozostałej części jednostki skolskiej koncentracja pirobituminów w łupkach menilitowych jest znacznie mniejsza, przy czym średnia ich zawartość dla części wewnętrznej wynosi 1,7%, dla skiby brzeżnej — 2,63%.

W jednostkach podśląskiej i śląskiej zawartości pirobituminów wahają się od 0,25% do 6%. Przeważająca jednak liczba analiz wykazuje zawartości oleju poniżej 2%, a tylko w pojedynczych próbkach wartości te przekraczają 3%, przy czym wyższe zawartości stwierdzono w łupkach menilitowych, występujących w północnym obrzeżeniu centralnej depresji, niższe w części południowej. Średnia zawartość oleju łupkowego jest niska i wynosi 1,32%.

Jeszcze uboższe w bituminy są łupki menilitowe jednostki dukielskiej. Najwyższe zawartości oleju stwierdzono w profilu Barwinek (2,56%), natomiast we wszystkich pozostałych profilach wartości te są niższe od 2%. Średnia zawartość oleju łupkowego wyliczona z 68 analiz wynosi 0,83%.

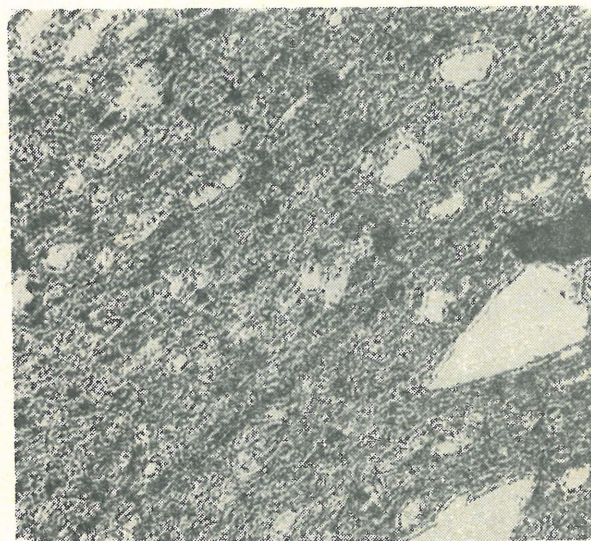
W świetle przytoczonych danych, łupki menilitowe jednostki skolskiej mają najwyższe koncentracje

Składniki oleju łupkowego w %	Tyrawa Solna	Moczary	Rozpucie	Kreców	Rudawka
Benzyna do 200°C	12,34	11,58	8,29	9,90	1,58
Nafta 200—300°C	21,31	20,01	20,49	21,50	14,14
Olej pow. 300°C	33,28	37,90	36,52	37,20	41,29
Parafina	1,54	5,26	3,89	5,20	3,50
Związki kwaśne do 260°C	0,88	1,02	0,88	1,10	0,84
Związki kwaśne pow. 260°C	0,92	0,95	1,59	2,30	0,80
Żywice kwaśne pon. 260°C	1,73	1,08	1,50	1,80	1,08
Żywice kwaśne pow. 260°C	10,46	14,84	15,62	10,50	25,09
Asfalt	14,35	7,36	6,37	10,50	8,80
Zasady piryd.	0,69	—	0,75	0,90	—
Straty prażenia	2,50	—	3,10	—	2,32
Własności oleju łupkowego:					
Gęstość właściwa	brak danych	0,9698	brak danych	0,9889	0,9579
Lepkość w 50°C	„	37,10	„	36,30	40,58
Lepkość w 100°C cSt	„	6,71	„	6,70	7,283
Wskaźnik lepkości	„	+36,9	„	+35,86	+52,72
Analiza gazu — oznacz. % obj.					
CO ₂	brak danych	15,9	brak danych	21,0	19,8
CnHm	„	4,9	„	5,4	5,9
O ₂	„	1,2	„	1,2	1,2
CO	„	4,8	„	3,8	3,7
H ₂	„	30,1	„	25,9	27,8
CH ₄	„	35,2	„	34,5	32,6
N ₂	„	7,9	„	8,2	9,0



Ryc. 4. Łupek bitumiczny z profilu Zawadka. Szlif z próbki 29/1, pow. ok. 200 X.

Fig. 4. Bituminous shale from the Zawadka section. Thin section of sample 29/1, x c. 200.



Ryc. 5. Łupek bitumiczny z profilu Rozpucie. Szlif z próbki 47/2, pow. ok. 200 X. Fot. W. Burzyński.

Fig. 5. Bituminous shale from the Rozpucie section. Thin section of sample 47/2, x c. 200, photo by W. Burzyński.

kerogenu, co pozwala na określenie ich mianem łupków bitumicznych jako surowca energetycznego. Należy tu zaznaczyć, że w światowej ocenie za łupki nadające się do odzyskiwania oleju łupkowego uważano do niedawna takie łupki, z których można uzyskać co najmniej 40—50 l oleju łupkowego z jednej tony surowca (18). Warunek ten spełniają łupki menilitowe południowo-wschodniej części jednostki skolskiej.

Łupki menilitowe jednostki dukielskiej, w przeciwieństwie do wyżej opisanych, charakteryzują się bardzo małą zawartością kerogenu i dalsza penetracja tego rejonu wydaje się bezcelowa. Stwierdzenie bowiem pojedynczych pakietów łupków o większej zawartości pirobituminów nie zmieni wskaźnika śred-

niej wydajności tak znacznie, by mogły one być rozważane jako surowiec do otrzymania oleju łupkowego.

Bitumiczność łupków menilitowych jednostki podśląskiej i śląskiej kształtuje się na poziomie średnim. Dostatecznie częste zawartości oleju łupkowego powyżej 3%, stwierdzone w niektórych pakietach łupków, przy korzystnym rozwoju litologicznym warstw menilitowych (90—95% łupków) pozwala przypuszczać, że w obrębie tych jednostek istnieje jeszcze możliwość wyodrębnienia mniejszych obszarów, w których średnia zawartość oleju łupkowego w warstwach menilitowych będzie wyższa od 3%.

Już od czasów C. Englera (6) wiadomo, że łupki bitumiczne nie zawierają ani ropy, ani gazu w sta-

nie gotowym, lecz tylko materiałem organicznym, zwany kerogenem. Kerogen poddany suchej destylacji ulega rozkładowi na proste cząsteczki węglowodorów gazowych, płynnych i stałych oraz ich pochodnych zbliżonych do produktów destylacji ropy naftowej. Różnica polega głównie na mniejszej ilości węglowodorów lekkich do 300°C oraz na zwiększonej ilości oleju powyżej 300°C w łupkach bitumicznych, w stosunku do karpaccich rop naftowych. W płytkach cienkich kerogen uwidacznia się w formie nieregularnych impregnacji wśród substancji ilastej złożonej głównie z illitu i montmorylonitu (ryc. 4, 5).

W tabeli III przedstawiono skład frakcyjny oleju łupkowego, jego własności oraz analizy gazu, uzyskane przez odgazowanie w piecu modelowym ICHPW łupków bitumicznych z obszaru południowo-wschodniej, najbardziej perspektywicznej części jednostki skolskiej (z wyjątkiem łupku bitumicznego z Rudawki). Na podstawie wyników tych badań J. Grudzień i E. Zabiegaj (7) stwierdzają, że uzyskany olej stanowi dobry surowiec do chemicznej przeróbki na produkty naftopodobne.

PERSPEKTYWY KARPACKICH ŁUPKÓW BITUMICZNYCH

Z przeprowadzonych rozważań wynika, że łupki bitumiczne z południowo-wschodniej części jednostki skolskiej, określone wstępnie jako złożo „Rozpucie-Zawadka”, stanowią najbardziej odpowiedni surowiec do odzyskiwania oleju łupkowego. Złożo to należy do typu złóż pokładowych sfałdowanych o skomplikowanej budowie geologicznej. Powierzchnia wychodni łupków bitumicznych, obliczona z map geologicznych 1:25 000, wykonanych przez F. Szymakowską, J. Zgieta, K. Żytkę i autora, wynosi 6,5 km². Na obszarze tym istnieje możliwość udokumentowania odpowiednio dużych zasobów łupków bitumicznych o znaczeniu przemysłowym.

UWAGI KOŃCOWE

Problem karpaccich łupków bitumicznych jako surowca do otrzymania węglowodorów był dyskutowany zarówno przed, jak i po drugiej wojnie światowej. Podejmowane nieliczne próby wyzyskania tego surowca kończyły się jednak niepowodzeniem, najczęściej z powodu małej wydajności oleju łupkowego i wiążącym się z tym brakiem opłacalności. Narastający kryzys energetyczny w świecie dotyczący szczególnie paliw płynnych oraz gwałtowny wzrost cen tych paliw spowodował, że eksploatacja i przeróbka nawet ubogich w bituminy surowców staje się opłacalna. Upoważnia to do kontynuacji dalszych prac badawczych nad karpaccimi łupkami bitumicznymi. Prace te powinny w pierwszej kolejności doprowadzić do udokumentowania surowca w wytypowanym złożu „Rozpucie-Zawadka”, w którym łupki bitumiczne zawierają najwyższe koncentracje kerogenu. Niezależnie od prac dokumentacyjnych, powinny być prowadzone prace poszukiwawcze w obszarach przyległych, zwłaszcza w jednostce podśląskiej, w celu rozpoznania dalszych wystąpień łupków bitumicznych o wysokich zawartościach pirobituminów.

LITERATURA

1. Badać J. — Charakterystyka pozawęglowych łupków bitumicznych w Polsce. Koks Smoła Gaz 1958 nr 6.
2. Badać J. — Łupki bitumiczne w utworach serii menilitowej w Karpatach Środkowych. Biul. Inst. Geol. 1966 nr 199.
3. Badać J., Grudzień J. — Wyniki badań łupków bitumicznych w utworach serii menilitowej obszaru Bezmiechowa — Monasterzec. Ibidem 1961 nr 154.
4. Bohdanowicz K. — Tereny i złoża naftowe. Tow. Naft. „Bracia Nobel” i „Oleń skalny” 1923.
5. Bohdanowicz K. — Surowce mineralne świata. Ropa naftowa. Państw. Inst. Geol. Pr. Specj. 1953 t. 3 cz. 2 nr 3.

6. Engler C. — Die Chemie und Physik des Erdöls. Das Erdöl Leipzig 1913 Bd 1.
7. Grudzień J., Zabiegaj E. — Omówienie i ocena przeprowadzonych w ICHPW badań dot. analizy łupków bitumicznych przy- i pozawęglowych oraz olejów łupkowych. Ekspertyza 80/75. Arch. Oddz. Karp. IG 1975.
8. Grudzień J., Zabiegaj E. — Badania kompleksowe łupków bitumicznych przywęglowych i karpaccich (menilitowych). Arch. Oddz. Karp. IG 1977 (maszynopis).
9. Gucik S. — Rozwój serii menilitowej w skibie brzeźnej polskich Karpat fliszowych. Kwart. Geol. 1977 nr 4.
10. Jaszczur L. — Przydatność niektórych utworów serii menilitowych do produkcji wypełniaczy drogowych mas asfaltowych (w druku).
11. Jucha S., Kotlarczyk J. — Seria menilitowo-krośnieńska w Karpatach fliszowych. Spraw. z Pos. Kom. PAN Oddz. w Krakowie 1961 nr 4.
12. Kita-Badać M. — Przydatność łupków menilitowych do produkcji kruszyw lekkich (w druku).
13. Kita-Badać M., Badać J., Saldan M. — Charakterystyka łupków uranonośnych serii menilitowej w Karpatach środkowych. Kwart. Geol. 1965 z. 1.
14. Koszarski L., Żytka K. — Łupki jasielskie w serii menilitowo-krośnieńskiej w Karpatach środkowych. Biul. Inst. Geol. 1961 nr 166.
15. Kuźniar W. — W sprawie wielkiego przemysłu opartego na warunkach przyrodniczych ziem polskich. Czas. Krak. Tow. Techn. 1917 nr 1.
16. Pazdro Z. — Łupki bitumiczne Karpat. Nafta 1948 nr 4.
17. Różycki A. — Badania wstępne nad karpaccimi łupkami bitumicznymi. Spraw. Państw. Inst. Geol. 1929 t. 5 z. 1—2.
18. Ruhl W. — Schwerstöl-sande und Ölschiefer. Oel-Zeitschr. für die Mineralölwirtschaft 1974 nr 8.
19. Skulich J. — Promieniotwórczość naturalna warstw menilitowych we wschodniej części Karpat polskich (w druku).
20. Ślaczka A. — Geologia jednostki dukielskiej. Pr. Inst. Geol. 1971 nr 63.
21. Szajnocha W. — Pochodzenie karpacciego oleju skalnego. Nafta 1899 nr 7.
22. Szajnocha W. — W sprawie łupków bitumicznych w Galicji. Czas. Naft. 1920.
23. Windakiewicz E. — Über die Wichtigkeit des Vorkommens von bituminösen Schiefer in Galizien. Österr. Z. Berg. Hüttenw. 1875 Bd 23, H. 196.
24. Zieliński J. J. — Łupki bitumiczne Karpat środkowych. Zesz. Nauk. AGH nr 9, Geologia 1956 z. 1.
25. Zuber R. — Flisz i nafta. Pr. Nauk. Tow. Lwów 1918.
26. Żytka K. — Możliwości występowania ropy naftowej w okolicy Ustrzyk Dolnych. Biul. Inst. Geol. 1961 nr 154.

SUMMARY

The paper deals with occurrences of bituminous shales in the Menillite Beds in eastern part of the Polish Carpathians. The shales of deposit value were found to occur throughout the Menillite Beds in the Sub-Silesian and Silesian Units, being limited to their lower parts in the Skole Unit and upper part in the Dukla Unit. Content of bitumens in rocks of the above series is plotted in the sections (Fig. 3). Content of shale oil is the highest in rocks of the Menillite Shales in south-eastern part of the Skole Unit, 4.18% at the average, increasing often up to 7% in single samples. That area is here tentatively treated as the Rozpucie-Zawadka bituminous shale deposit. Resources of raw materials of commercial value may be estimated for that area and, according to some premises, for adjoining ones, especially in the case of the Sub-Silesian Unit.