

K. Bohdanowicz i S. Jaskólski.

Przyczynek do znajomości piaskowca borysławskiego.

A Contribution to the Study of Borysław Sandstone.

I.

Ropa naftowa jest jedną z części ropnego poziomu, która mogła powstać jednocześnie z tą lub inną ławicą, mogła być wyciśnięta z macierzystej serji pod wpływem różnych czynników, podczas krzepnięcia osadów, lub też mogła być dostarczoną później w skały zestalone. Dla praktyki naftowej nie jest rzeczą obojętną to lub inne rozwiązanie zagadnienia historii skał, które są dziś zbiornikiem ropnym, lub leżą w stropie i spągu takiego zbiornika, zaś materiały do historii utworzenia się i przeistoczenia każdej serji skał, znajdujemy w petrograficznych, chemicznych i facjalnych właściwościach tych skał. Dla różnych powodów, technicznych i przemysłowych, wiertacz śledzi uważnie zmiany skał, przewiercanych w jego otworze, i oczekuje zupełnie słusznie od geologa wskazówek, zwiastujących te lub inne zjawiska pod jego dłutem. Takie oczekiwania są — o ile chodzi o następstwo warstw, ich głębokość i miąższość, oraz o poziomy wodne — dziś zwykle zgóry zaspakajane, gorzej atoli stoi sprawa, jeśli idzie o przewidywanie, jaką okaże się spotkana partja stratygraficznego, a dla danej okolicy roponośnego poziomu — ropną, gazową, suchą czy wodną, t. j. to, co Amerykanie określają słowem „pool“ lub „sand“; nawet na polach, zupełnie sprawdzonych co do ich roponośności, nie da się przewidzieć stopnia wydajności szybu, ani też trwałości produkcji. Jedne bowiem właściwości złoża ropnego są zależne od budowy (tektoniki) pola i dokładna znajomość budowy i stratygrafji lokalnej pozwalają czasem wypowiedzieć zupełnie trafne

przewidywania, podczas gdy inne właściwości ropnego poziomu mogą być wynikiem współzależności wielu czynników, a ropo-
nośność pola — w wyższym czy niższym przemysłowym stopniu —
staje się tylko jednym z epizodów jego geologicznej historii. Nie
rozporządzamy atoli jeszcze dostatecznym materiałem, by mógł
w każdym poszczególnym wypadku stwierdzić, w następstwie ja-
kich warunków muszą takie epizody po sobie następować. O ile
by różnica pomiędzy jakimikolwiek stałymi fizycznymi (konstanty)
ropy i otaczających ją skał była dostatecznie znaczną, możnaby
było stwierdzić bezpośrednio z odległości obecność ropnego po-
ziomu pośród skał płonnych; udoskonalenie więc metod geofi-
zycznych może mieć wielkie znaczenie dla poszukiwań terenów
ropnych. Przy eksploatacji terenów ropnych nie są zwykle wy-
czerpywane wszystkie metody systematycznego badania, mające
praktyczne znaczenie; do takich metod należą np.: metoda staty-
styczna w zastosowaniu do produkcji¹⁾, oraz metoda petrogra-
ficzna w zastosowaniu do serji ropnych utworów. Każda taka
serja jest wynikiem następstwa zjawisk w czasie i wzajemnego
wpływu takich zjawisk w przestrzeni (korelacja zjawisk). W pew-
nych warunkach fizycznych, chemicznych i biologicznych muszą
pewne zjawiska wynikać stale, zaś w następstwie zmienionych
nieco niektórych z tych warunków to czy inne zjawisko staje się
już tylko możliwym, wreszcie przy zupełnie innych warunkach —
nie nastąpi ono już wcale. Ustalenie takich warunków, przy po-
wtórzeniu się których zawsze musi nastąpić takie zbiorowe zjawi-
sko, jak złoża ropne, jest zagadnieniem wypośrodkowania wyni-
ków najwięcej prawdopodobnych z największej liczby oddzielnych
zjawisk, jest więc zagadnieniem po części statystycznym w sto-
sunku do zjawisk geologicznych.

Przy badaniach geologicznych i petrograficznych korzysta się
zawsze z metody statystycznej, stosując w różnym stopniu przy-
bliżone dane, obliczone tą metodą. Na podstawie względnej czę-
stości tych czy innych oddzielnych zjawisk, np. składników w skale,
czyni się starania ustalenia stopnia prawdopodobieństwa pewnych
warunków tworzenia się skały. Każde zestawienie porównawcze,
które zawsze stosuje się do takich zjawisk zbiorowych, jak złoża
kopalin użytecznych, jest właściwie już metodą statystyczną w naj-
prostszej jej formie.

¹⁾ A. P f a f f. Die Lagerstätten im Erdölbecken von Boryslaw. Wien—
Berlin, 1926.

Każde opisowe opracowanie złoza winno koniecznie zawierać materiał do porównania go z innymi takimi złożami, jak i do liczbowego wyrażenia jego różnych cech; tylko bowiem przez liczbowe zestawienia będzie można dojść do wyróżnienia z pośród jego cech takich, które rzeczywiście są charakterystyczne dla warunków powstania złoza, jak i jego przekształcenia. Nie mamy, np., dotychczas liczbowego wyrazu stosunku gliniastych i piaskowcowych utworów dla każdej z naszych karpackich serji ropnych, jak oligoceńska, eoceńska i kredowa.

Oddawna już zwrócono uwagę przy badaniu skał osadowych na typy tych pierwotnych skał, od których mogą pochodzić poszczególne szczątki (okruchy) składające skałę, na geograficzny zasięg takich pierwotnych skał, na procesy chemiczne i fizyczne podczas sedymentacji, na zjawiska w czasie krzepnięcia osadu (diagenetyczne) i na zjawiska późniejsze (epigenetyczne). Sedymentacja skały osadowej jest zakończeniem każdego ciągłego cyklu zjawisk erozji — wietrzenia skał na odcinku lądowym, transportu produktów wietrzenia działaniem czynników mechanicznych (o różnym napięciu i różnym kierunku) i akumulacji tych produktów w odpowiednim zbiorniku (w warunkach subakwalnych lub subaeralnych); serja skał w jednym przekroju daje pewne powtórzenie cyklów, czyli rytm sedymentacji. Materiałem do takiej syntezy paleogeograficznej w stosunku do sedymentacji pewnej serji utworów są:

1. Analiza petrograficzna, jakościowa i ilościowa każdej skały;
2. Zestawienie takich analiz dla całego rzędu skał w poszczególnych przekrojach geologicznych.
3. Dokładna wiedza regionalnej stratygrafji.

Słusznie jednak podkreśla Milner¹⁾, jeden z autorów najbardziej propagujących badania sedymentacji, że teoretyczne możliwości całokształtu petrograficznej pracy potrzebują jeszcze ogromu studjów. Można powiedzieć, że pierwszy krok w tym kierunku dla znajomości, np. naszego karpackiego fliszu zrobił dopiero prof. Kreutz²⁾.

¹⁾ Henry B. Milner, *A Introduction to sedimentary Petrography*, London, 1922.

²⁾ St. Kreutz et An. Gawel; *Essai d'une caractéristique des roches dans le profil Borysław—Mrażnica—Schodnica*. *Mém. de la 1-ère réunion de l'Assoc. Carpathique en Pologne, Varsovie, 1927.* — Kreutz w pracy Nowaka, *Zarys tektoniki Polski*, Kraków, 1927. — Zerndt, *Mikroskopi-*

Metoda petrograficzna w swojej najprostszej formie otrzymała już oddawna zastosowanie w badaniach zjawisk lodowcowych, bowiem jednym z najczęściej charakterystycznych przejawów akumulacji lodowcowej jest sortowanie materiału nie według wielkości i formy okruchów i głazów, a według ich pochodzenia. Akumulacja materiału pochodzenia erozyjnego jest zjawiskiem polidynamicznym, którego tylko najprostszą cechą jest rytm sedymentacji, zależny od napięcia prądów. Inne warunki zjawiska, jak zasięg mas lądowych, ich układ petrograficzny, postęp i charakter wietrzenia, kierunek prądów erozyjnych, procesy chemiczne i biologiczne w samym zbiorniku, zmiany głębokości i formy zbiornika, stwarzają wielką zmienność facjalną w granicach czasu każdego cyklu erozyjnego. Jednak i w tym wypadku czem większy jest stopień jednostajności w ilości i jakości jakichkolwiek mineralogicznych jednostek według próbek, wziętych z różnych przekrojów badanej serji warstw, tem większe jest prawdopodobieństwo, że materiał wzięty z różnych przekrojów należy do jednej i tej samej serji, a nawet do jednego poziomu takiej serji. W granicach więcej zwężonych metoda petrograficzna otrzymała zastosowanie do porównania i rozróżnienia (korelacja) facjesów i ustalenia tożsamości pewnych utworów w obrębie jednego zbiornika. Takie zastosowanie opiera się na ustaleniu w każdym pokładzie z jakiegokolwiek serji szczególnych charakterystycznych nagromadzeń minerałów; w tych wypadkach, gdzie paleontologiczne materiały są niedostateczne, lub niema ich zupełnie, lub otrzymują się one w formie niepozwalającej na ich określenie (jak z próbek wiertniczych przy wierceniu udarowem i obrotowem — rotary), mineralogiczna charakterystyka każdego utworu może dać praktyczne wskazówki do utożsamienia warstw. Minerale najczęściej stałe chemicznie, do których należą przeważnie ciężkie minerały, mogą charakteryzować szczególne zespoły, bo tylko takie minerały mogą pozostać bez zmiany, podczas długiej czasem drogi od pierwotnego źródła do miejsca sedymentacji.

Metoda petrograficzna badania skał osadowych obejmuje:

1. Określenie jakościowe poszczególnych minerałów, zebranych w najlepszy sposób z próbek skalnych.

sche Zirkone als Leitminerale. Bull. de l'Acad. Polonaise des Sciences, 1927. — Zerndt, Petrographische Studien über Karpathensandsteine der Umgegend von Ciężkowice. Bull. de l'Acad. Polonaise des Sciences, 1924.

2. Ustalenie ilościowe rodzajów tych minerałów (suma procentowa koncentratu ciężkich minerałów i każdego rodzaju).

3. Częstość powtarzania się każdego rodzaju lub stałość jego w kierunku pionowym (w czasie) w serji pokładów i rozmieszczenia jego w kierunku poziomym (facjalne).

4. Dla poszczególnych minerałów stałość lub niestałość pewnych cech fizycznych (krystalograficznych, optycznych, zabarwienia).

5. Mechaniczna analiza skały według wielkości ziaren.

6. Dokładne badanie skały pod mikroskopem.

Według Milnera (l. c. str. 100) w poszczególnych warstwach każdego zbiornika zawartość procentowa koncentratu ciężkich minerałów pozostaje jednostajną w wąskich granicach, więc tylko określenie ilościowe takiego koncentratu nasuwa już niektóre praktyczne wnioski. Przewaga w koncentracie zespołu niektórych minerałów, więc rozróżnienie w koncentracie pewnych grup minerałów, prowadzi do przypuszczenia o pochodzeniu takich grup od osobnych ośrodków (provincji) petrograficznych. Do takich osobnych assocjacji należą grupy: syllimanitu, cyanitu, andalazytu, granatu — pochodzenia ze skał metamorficznych: ilmenitu, anatazu, rutyłu, brookitu — pochodzenia ze skał typu zasadowego; kassyterytu, topazu, wolframitu — pochodzenia ze skał kwaśnych. Natomiast przewaga takich minerałów, jak cyrkon, turmalin, rutil, rudy żelazne i zupełna nieobecność poprzednich grup, pozwala przypuszczać pochodzenie ich raczej od uprzednich skał osadowych. Rozróżniczkowania zgromadzeń pierwotnych minerałów można oczekiwać jednak tylko w wyjątkowo prostych stosunkach paleogeograficznych; skutkiem erozji partji lądowej więcej złożonej zawsze będzie kilkakrotne przepłukanie i sedymentacja pierwotnego materiału, co bardzo utrudnia umiejscowienie zasięgu pierwotnego źródła minerałów. Kreutz i Nowak dali w pierwszym przybliżeniu obraz rozmieszczenia ośrodków pierwotnych skał, jak materiału do fliszu karpackiego, pochodzącego jednak prawdopodobnie w większej części od erozji skał osadowych.

W literaturze angielskiej¹⁾ i amerykańskiej²⁾ można znaleźć

¹⁾ Milner: Supplement to an Introduction to sedimentary Petrography, London 1926. Literatura od r. 1922 do r. 1926.

²⁾ Tickel: The correlative Value of the Heavy Minerals, Bull. Am. Ass. Petrol. Geologists, 1924, 158—168. — Reed: Heavy Mineral Investigations of Sediments, Econ. Geol. 1924, 320—337 — Reed: Rôle of heavy Minerals in the Coalinga Tertiary Formations. Econ. Geol. 1924, 730—749. —

wiele przykładów zastosowania metody petrograficznej do rozróżniania i porównania stratygraficznych poziomów na niewielkiej przestrzeni geologicznego zbiornika. Amerykanie zapatrują się mniej optymistycznie, aniżeli Anglicy, zwłaszcza jak Milner i Boswell, na praktyczne zastosowanie metody. Zdaniem Reed'a, metoda petrograficzna daje mało w stosunku do poznania klimatycznych warunków podczas sedimentacji i prawie nic nie dodaje do tego, co można w inny sposób poznać w stosunku do czynników transportujących i do warunków w samym zbiorniku osadowym. Więcej wyników można oczekiwać w stosunku do rozmieszczenia ośrodków pierwotnych skał, a zwłaszcza prądów w granicach zbiornika, co było już dawno (1916 r.) podkreślone przez Cayeux.

Dla rozróżnienia poszczególnych poziomów w miocenie i pliocenie obszaru Coalinga w Kalifornji zespoły ciężkich minerałów nie dały żadnych wyników; natomiast każdy okaz z piaskowców eocenu można rozróżnić według ciężkich minerałów z pierwszego rzutu oka od okazów z miocenu i pliocenu.

Na podstawie dotychczasowych studjów nad skałami osadowymi można jednak stwierdzić, że przy pewnych pomyślnych warunkach można posługiwać się badaniem ciężkich minerałów dla zestawienia stratygraficznych jednostek i poszczególnych w nich poziomów. Takie przystosowanie petrograficznej metody znalazło największe rozpowszechnienie w geologii naftowej, jak wynika z wymienionej wyżej literatury, przytem jednocześnie z metodą mikropaleontologiczną, której jest ona doskonałym dopełnieniem.

Obecność lub nieobecność w poszczególnych pokładach pewnych grup ciężkich minerałów zależy nie tylko od istnienia tych czy innych pierwotnych skał, lecz również od zmian warunków erozji w czasokresie sedimentacji, więc zgóry można być pewnym, że w każdej serji warstw osadzonych w jednym zbiorniku zgromadzenie ciężkich minerałów ulega zmianom od góry do dołu w próbkach wziętych w pewnych odstępach. Stałe minerały ule-

Trowbridge: a. Mortimore, Correlation of Oil-sands, Mid-continent Econ. Geol. 1925, 409—423. — Reed a. Bailey: Subsurface correlation by means of heavy minerals. Bull. Am. Ass. Petr. Geol., 1927, 4, 359—368. — Hoots, Heavy-Mineral. Data at the Southern End of San Joaquin Valley. Bull. Am. Ass. Petr. Geol., 1927, 4, 369—372. — Roth: Correlation of a Well core with outcrop sandstone. Econ. Geol. 1928, 1, 45—54. — Meek: Genesis of a sandstone dyke as indicated by heavy Minerals. Bull. Am. Ass. Petrol. Geol., 1928, 3.

gają takim wahaniom jednak w mniejszym stopniu, aniżeli mniej stałe, jak np. żelazo-magnezowe minerały. Minerały wcale nieobecne w jednym przekroju pewnej serji warstw, mogą być pospolitemi w innym przekroju tychże warstw. Inne minerały rozproszone w niewielkiej ilości na wszystkich poziomach znacznej serji warstw, mogą być zgromadzone w jakimś jednym pokładzie, a w pokładach wyżej lub niżej może ich zupełnie nie być. Dla wniosków o identyfikacji pokładów na podstawie ciężkich minerałów, wziętych w różnych miejscach w kierunku poziomym, trzeba być pewnym, że materiał pochodzi z tego samego pokładu; nie zawsze możemy mieć taką pewność przy badaniach na powierzchni ziemi, i tem bardziej jest to wyjątkowym wypadkiem przy posługiwaniu się próbkami wiertniczymi. Ujmując jakikolwiek pokład wraz z jego stropowemi i spągowemi pokładami litogenetycznie, odtwarzamy pewien rytm zjawisk sedymentacji, który może być dla pewnego czasokresu przewodnim zjawiskiem (Leiterscheinungen, według wyrazu Joh. Walther'a), i z pośród przewodnich pokładów, najwięcej stałych w każdej serji, których jednak może i nie być w poszczególnych wypadkach, staramy się stwierdzić przewodnie zjawiska.

Jest to droga jednak bardzo żmudna i niepewna, biorąc rzeczy praktycznie. Strefy więcej bogate w ciężkie minerały są nieuchwytnie nietylko dla wiertacza, lecz i dla doświadczonego geologa; zwykle starają się zanotować inne więcej wyraźne przewodnie poziomy. Dla stwierdzenia wyraźnej strefy ciężkich minerałów, koniecznem jest analiza całej serji próbek z każdego przekroju w pewnych odstępach; zestawienie wyników takiej analizy jest tem pewniejsze, czem mniejszą jest odległość pomiędzy przekrojami w granicach jednego geologicznego zbiornika. Jednak dla przekrojów o setkach metrów miąższości, w których poszukiwanie skamielin zostało bez rezultatów, próbki ciężkich minerałów mogą być jedynym materiałem nadającym się do celów porównawczych, tem bardziej, że obecność tych minerałów może być stwierdzona w każdej skale osadowej, nawet w niewielkiej próbce. Zachowanie ciężkich minerałów zwykle jest znakomite, za wyjątkiem jedynie minerałów żelazo-magnezowych i określenie ich może być wykonane z pewnością, chociaż nie zawsze udaje się to z łatwością. Zwykle strefy wyróżniające się pewnemi ciężkimi minerałami, mają miąższość znacznie mniejszą, aniżeli miąższość samej serji. W trzeciorzędowych utworach Kalifornji stwierdzono, że takie strefy są ogólnie

mniej miąższości w porównaniu do stref paleontologicznych. Prawda, że niektóre organizmy, np. otwornice, również skupiają się w cienkich strefach, co jest skutkiem raczej działalności prądów, a nie rzeczywistej zmiany w rozwoju grup organicznych, lecz i w tym wypadku takie paleontologiczne wskazówki bynajmniej nie przewyższają znaczenia porównawczego (korelatywnego) stref ciężkich minerałów¹⁾.

Badanie skał osadowych pod mikroskopem w cienkich płytkach i badanie ciężkich minerałów, pozwalają rozróżnić minerały pierwotne (okruchowe) i minerały autigeniczne (néoformation autorów francuskich), powstałe w samym utworze podczas jego sedymentacji wskutek procesów chemicznych i biologicznych (syngenetycznie), lub wskutek procesów diagenetyki podczas krzepnięcia osadów, lub wprowadzenia materiału ze strony (epigeneza), więc pozwalają głębiej wejrzeć w geologiczną historję samej skały.

Codzienna praktyka naftowa potrzebuje jednak nietylko stwierdzenia faktów geologicznych, uzależniających te lub inne zjawiska w ropnym złożu, lecz również przewidywania tych lub innych zjawisk. Geologiczna wiedza posunęła się bardzo znacznie w sprawie poszukiwań i osiągnięcia serji utworów, której w danej prowincji ropnej może być podporządkowane ropne złożo; omyłek tu być nie może, mogą być jedynie pomyślne lub niepomyślne wyniki samego wiercenia. Natomiast cały kompleks warunków geologicznych, od których zależą — wydajność złoża, stałość wydajności lub wyczerpanie niespodziewanie prędkie, zróżniczkowanie wydajności na poszczególnych odcinkach złoża w kierunku biegu lub upadu, ześrodkowanie przemysłowych partji (pay streaks) w tej lub innej części serji pokładów na jej pionowym przekroju i t. d. pozostaje nam znanem bardzo niedostatecznie. Główną przyczyną tego jest brak systematycznych badań samej serji roponośnych pokładów w każdym złożu. Istnieją jeszcze inne grupy przyczyn wpływających na wydajność złoża: naturalnych — temperatura wgłębna, ciężar gatunkowy i lepkość ropy, stosunek jej do gazu i wody i sztucznych — sposób eksploatacji, wpływ sąsiednich szybów i pól, odległość pomiędzy szybami, następstwo w ich wykonaniu, różne techniczne środki do zwiększenia wydajności. Tylko wspólnym wysiłkiem osób pracujących w różnych gałęziach prze-

¹⁾ Goudkoff, Correlative value of the microlithology and micropaleontology at the oil-bearing formations in the Sunset-Midway and Kern River oil fields. Bull. Am. Ass. Petr. Geol., 1926, 10, 5, 432.

mysłu naftowego mogą być osiągnięte praktyczne wyniki. Wykonania takich wszechstronnych badań na polach eksploatacyjnych w Stanach Zjednoczonych podjął się ropny wydział Un. St. Geol. Survey wspólnie z Bureau of Mines, geologami i inżynierami poszczególnych towarzystw naftowych. Nie zważając na ogólne tam zrozumienie praktycznego znaczenia takich geologiczno-technicznych badań, robota posuwa się i tam powoli, i mamy dotychczas tylko jedno sprawozdanie, obejmujące część zagadnienia, właśnie pracę Melcher'a¹⁾. Studja były wykonane nad kilkoma tysiącami okazów ropnych i gazowych pokładów Pensylwanji, Oklahomy, północnego Texasu i Wyomingu, przeważnie w stosunku do porowatości pokładów, wielkości ziaren, sposobu ich cementacji i wydajności pokładów.

Fizyczne własności pokładów są, oczywista rzecz, jednym z głównych warunków ropnego zbiornika, lecz nie rozwiązują one całego zagadnienia stosunków pomiędzy sedimentacją w granicach ropnego zbiornika i jego roponośnością.

Śledząc od dłuższego czasu wyniki wierceń na polach Borysławia, Mraźnicy i Tustanowic i literaturę petrografji skał osadowych, zdawało mi się, że może od połączenia badań fizycznych własności ropnych pokładów i badań nad warunkami ich sedimentacji można będzie otrzymać faktyczny materiał ujmujący i takie praktyczne zagadnienie, jak na podstawie próbek wiertniczych z kilku szybów, możliwie sąsiednich, przewidzieć litologiczne zmiany w szybie, który jest na dowierceniu, a jednocześnie i wydajność pokładu.

Główny ropny poziom zagłębia Borysławskiego, tak zwany piaskowiec borysławski, jest złożony z serji poszczególnych ławic piaskowca, zmiennej grubości, przewarstwówionych bliżej do stropu cienkimi wkładkami czarnych łupków, a bliżej do spągu, jednak nie wszędzie, wkładkami łupków szaro-zielonych. Przez takie przewarstwowania serja piaskowca w pionowym przekroju przechodzi stopniowo w leżący na niej kompleks łupków menilitowych i w podścielającą ją serję łupków popielskich²⁾. Granicę więcej wyraźną

¹⁾ Melcher: Texture of oil sands with relations to the production of oil. Bull. Am. Ass. Petrol. Geol. 1924, 6, 716—774. — Drugą pracą takiegoż typu jest zdaje się opracowanie H. C. George a. W. F. Cloud, Oil Sands a. Production Relations. Oklahoma Geol. Surv., Bull. 43, 1927; 142 str. 19 fig., której jednak w oryginale nie mogłem poznać.

²⁾ Tołwiński: Złoża ropy i wody podziemne Borysławia. St. Geol.

w stropie serji piaskowca borysławskiego zwykle stanowi serja „rogowców dolnych“ z podporządkowanemi im warstwami czarnych łupków i piaskowca; granica spągowa często zaznacza się również wyraźnie pierwszemi warstwami piaszczystych łupków ciemno-szarych i szaro-zielonych.

Liczne wiercenia na polach San-Sabba, Horodyszczce i Mraźnica pokazały, że w stropie piaskowca borysławskiego pod serją rogowców dolnych prawie zawsze zjawia się serja piaskowców, często kwarcytowych i łupków brunatnych; piaskowce przeważają w górnej partji tej serji, łupki brunatne — w dolnej partji. W niektórych wypadkach (Standard II, Mraźnica IV, Mraźnica VI) serja dolnych rogowców zaznacza się tylko kilkoma cienkimi wkładkami rogowca pośród przeważnie kwarcytowych piaskowców i bitumicznych czarnych łupków z wkładkami łupków, znanych pod nazwą jaspisowych. Na załączonej tabeli (I) są zestawione przekroje kilkudziesięciu szybów, dla których więcej dokładnie ustalone są miąższości: 1-serji dolnych rogowców, 2-serji podrogowcowej (kwarcytowych piaskowców i łupków brunatnych) i 3-serji piaskowca borysławskiego. Wahania się miąższości każdej z tych serji są dosyć znaczne: dla 1-serji od 7—40 m, dla 2-serji od 10—25 i nawet 36 m, dla 3-serji od 12—36 m i więcej. W tych wypadkach, gdzie została przewiercona i serja piaskowca borysławskiego, sumaryczna miąższość trzech serji wynosi od 32 do 78 m. W tych wypadkach, gdzie serji drugiej niema zupełnie, jak Halina i Joffre I, sumaryczna miąższość serji 1 i 3 wynosi zaledwie 37—59 m; również jeżeli zanika normalna serja rogowców dolnych, sumaryczna miąższość serji 2 i 3 osiąga tylko 36—50 m (Liwia II, Standard II, Zofia I). W szybie Nahujowice (Standard) pod mniej więcej normalną serją rogowców dolnych, była serja piaskowców i brunatnych łupków, która leży bezpośrednio na zielonych łupkach popielskich i zastępuje tu obydwie serje 2 i 3. Serji piaskowca borysławskiego w jej typowym rozwoju tu nie było, i silny przypływ wody słonej był nawiercony na 1004 do 1006 m w piaskowcu, pośród łupków menilitowych i na 1101 m w piaskowcu serji podrogowcowej. Takie same zaniknięcie piaskowca borysławskiego zaznaczyło się w szybie Mraźnica VI i Mraźnica III.

Biul. 5, 1922. — Hempel: Zarys budowy Borysławskiego zagłębia naftowego. Kosmos, 1925, t. 50, II. III. — Tołwiński: Skolskie Karpaty brzeżne z uwzględnieniem geologii Borysławia, Stacja Geol. Biul. 8, 1925 i inne prace.

Kompleksy menilitowych łupków (dolny oligocen) i warstw popielskich (górný eocen), mają charakter wybitnie łupkowy; w warstwach popielskich łupki są jednak piaszczyste. Charakter trzech wyżej wyróżnionych serji jest przeważnie piaskowcowy tylko na dole i stopniowo przez serję 2 i 1 zmienia się na łupkowy. Zwykle wszystkie trzy serje są ropnemi, jednak poziomem eksploatacyjnym jest tylko serja piaskowca borysławskiego. W serji łupków popielskich są również warstwy piaskowców częściowo ropnych, zwłaszcza na głębokości około 70—80 m pod spągiem piaskowca borysławskiego; w kompleksie łupków menilitowych w ich górnej partji pośród rogowców górnych są także ławice piaskowca często ropnego lub gazowego. Na wykształcenie górnego eocenu w facjesie popielskim na obszarze borysławsko-skolskim dawno już zwrócono uwagę (Kropaczek, Tołwiński); ten facjes jest jakby pierwszym zwiastunem mających nastąpić lokalnych warunków sedymentacji, które miały doprowadzić do rozwoju piaskowca borysławskiego. Wyraźne granice u góry i dołu kompleksu trzech wymienionych serji, wahania się ich sumarycznej miąższości mniejsze od wahań miąższości poszczególnych członków, pozwala przyjąć te trzy serje za jednostkę litogenetyczną, z którą jest wyraźnie związana roponośność zbiornika. Ta jednostka wyraża zmniejszenie głębokości zbiornika po czasie sedymentacji kompleksu popielskiego i przed czasem nowego pogłębienia w czasokresie sedymentacji łupków menilitowych. Porównanie miąższości tych kompleksów (łupki menilitowe 130 do 230 m; warstwy popielskie około 100—150 m) z miąższością jednostki roponośnej (67—78 m), zwłaszcza jeżeli przyjąć pod uwagę większą szybkość akumulacji takich piaszczystych utworów, jak piaskowiec borysławski w porównaniu z akumulacją utworów ilowych i gliniastych (pelitowych), pozwala stwierdzić, że czasokres sedymentacji całej jednostki roponośnej był tylko krótkim epizodem w geologicznym życiu zbiornika; ten epizod był związany z chwilowem zahamowaniem tempa zapadania podłoża (geosynkliny), częstem wahaniami się warunków głębokości i zmianą prądów, wynoszących materiały okrucowy. Zupełnie synchronicznych analogów serji piaskowcowej Borysławia nie znamy dotychczas; piaskowce kliwskie w dolnej partji łupków menilitowych, naprzykład w okolicach Bitkowa, mogą być zjawiskiem bliskim, homotaksowem, lecz nie synchronicznym, co dla wytłumaczenia ropnych własności borysławskiej serji rogowcowo-piaskowcowej może

mieć znaczenie. Miejscowe znaczne zmniejszenie się miąższości kompleksu rogowcowo-piaskowcowego (szyby Liwia II, Halina i inne), jak również zanikanie wyraźnego wyodrębnienia serji piaskowca (szyb Nahujowice), a prawdopodobnie, też w szybach (Mrażnica III, Mrażnica VI i Robert-Fanto) świadczą o tem, że epizod sedimentacji jednostki roponośnej był ograniczony w przestrzeni. Czy można przewidzieć w jakim kierunku od dzisiejszych pól eksploatacyjnych należy oczekiwać realnych granic roponośności? Czy ten epizod nie był złączony również z jakąkolwiek stałą zmianą w materiale sedimentacyjnym, więc z jakimi facjalnymi warunkami? Czy ta serja rogowcowo-piaskowcowa nie ulegała jakim specjalnym zjawiskom przekształcenia, wywołanym tak jej materiałem, jak i współzależnością od kompleksów bezpośrednio niżej i wyżej leżących?

Rozwiązania tych pytań można oczekiwać tylko od systematycznych studjów petrograficznych nad interesującą nas serją. Niemiejsza praca musi być rozpatrywana jedynie jako pierwsza próba studjów, których muszą podjąć się i do których muszą przede wszystkim zbierać systematycznie materiały wszyscy geolodzy, pracujący w nafcie.

Praktyczne zastosowanie naukowych metod wymaga ich uproszczenia do stopnia możliwego ich wykorzystania w realnych warunkach pracy naszych geologów naftowych; w każdej metodzie można znaleźć takie czynności, które można wyeliminować jako zbędne dla ostatecznych wyników, nie zmniejszając przez to stopnia dokładności samej metody.

Krytyka przyjętej przez Melcher'a metody określania porowatości doprowadziła do wprowadzenia w Stanach Zjednoczonych metody Russel'a¹⁾, która znacznie uprościła pomiary objętości próbek w kawałku i w proszku. Zmudną czynnością pozostawała jeszcze maceracja okazów ropnego piaskowca w przyrządzie Soxhleta; kontrolujące doświadczenia jednak stwierdziły, że maceracja próbek może być zastąpiona ich prażeniem i to nie tylko dla piaskowców wyłącznie kwarcowych.

Również i analiza mechaniczna okazów była przeprowadzona do rozróżnienia nie 8 klas wielkości ziaren, jak to robią Amerykanie, a tylko do 6 klas. Natomiast każda próbka była zbadana na stratę w kwasie solnym, dla określenia procentowego węgla-

¹⁾ Russel: „A quick Method“, Bull. Am. Ass. Petr. Geol. 10, 1926.

nów; badanie próbek w płytkach cienkich bez próby na HCl i bez określenia porowatości skały nie daje całego obrazu charakteru lepszca piaskowców.

Przy wyodrębnieniu ciężkich minerałów był zrobiony nacisk na procentowe określenie głównych minerałów, zwłaszcza pirytu, krzemianów i siarczanów.

Ja opieram się jedynie na części materiału skrupulatnie zebranego (przekroje szybów, próbki szybowe) przez Inż. górń. Józefa Zielińskiego i następnie opracowanego przez dr. Stanisława Jaskólskiego, który dalej poda szczegóły o stosowanych przez niego metodach.

Naszem zadaniem było jedynie wyróżnić, o ile to jest możliwym, najbardziej charakterystyczne i najłatwiej uchwytnie cechy pokładów ropnych i gazowych, przytem takie cechy, które zwykle przy badaniach makroskopowych i pod lupą binokularną, nie mogą być spostrzeżone. Jasna i prosta charakterystyka ropnych pokładów może otrzymać praktyczne zastosowanie tem większe, im więcej będziemy mieli materiału porównawczego z pokładów nie tylko ropnej serji, lecz również z całego przekroju.

Wyników pewnych otrzymaliśmy może niewiele; częściowo one były już znane poprzednio, np. w stosunku do niektórych typów piaskowca borysławskiego; inne zagadnienia, które wyłoniły się z naszego opracowania, jak przeważający wpływ sedymentacji, a nie wtórnych przyczyn, na własności piaskowców borysławskich, jak bierność utworów leżących nad i pod piaskowcami borysławskimi na procesy przeistoczenia tych piaskowców i t. d. są raczej materiałem do dalszego omówienia.

II.

Materiał zebrany z kilkudziesięciu szybów Zagłębia Borysławskiego nie zawsze nadawał się w równym stopniu do badań ze względu na jego jakość i ilość. Piaskowce znajdowały się bardzo często nie w kawałkach, a w stanie rozkruszenia przez świder, zmieszane z okruchami łupków, tworzących wkładki w piaskowcu, nadto pełne niejednokrotnie odłamków utlenionego żelaza, okruchów miedzi z „kapelusza“ rury, wiertniczej i stopu do zalewania liny wiertniczej. Cyfry otrzymane są nie zawsze jednako ściśle, tak jakby to było naszym życzeniem, a nawet dla wielu ważnych szybów jest brak bliższych danych.

TAB. 1.

Nazwa pola i szybu	Strop rogów- ców dolnych głęb. m	Miąższość w m			RAZEM	Wysokość szybu nad po- ziomien morza	Strop piaskow- ca borysław- skiego pod po- ziom morza	Produkcja ropy i gazu		U W A G I
		Series of lower cherts 1.	Series be- low the cherts 2.	Series of the Bor. ss. 3.				Series do- gówców 1.	Series pia- skowca bo- ryśławskie- go 2.	
Leases & Wells	Top of the lo- wer cherts	Thickness in m			TOTAL	The Wells' Altitude	Top of the Bor. ss. below the sea level.	Initial Produc- tion T. C./daily a. m/m	Total to Jan 1. 1928 Tank-cars.	REMARKS
Borysław.										
San Sabba.										
Brugger I	—	—	—	32*	—	499	804	4,2	3541	
Ralli II	—	—	—	36	—	492	828	—	—	
Galatti III	—	14	—	31	14	498	821	—	76	
Camus IV	1306	25	16	28*	16	523	824	2; 1,8 cb. m/m	2443	
Brunner V	1314	35	20	14	20	521	848	—	—	
Dumba VI	1338	28	18	32	18	535	849	—	—	
Drasch VII	1308	35	16	19	16	516	843	—	429	
Rena VIII	1331	30	14	24	14	553	822	—	47,5	
Jerzy IX	1392	18	13	4,2*	13	574	849	5,5	2617	
Hunt XI	1386	18	12	—	12	590	836	—	—	
Sadler XII	1410	21	22	9,5*	22	608	845	1,7	—	
Konrad I	—	—	32	—	32	—	—	3 cb. m	—	
Konrad II	—	—	18	—	18	544	—	2,7 cb. m	—	
Konrad IV	1406	23	16	27,6*	16	588	859	7; 2,8 cb m/m	—	

Ratoczyn.																			
Ratoczyn I (Stand.)	1384	26	19	27	72	614	815		—	—									
Apollo I	1420	35	22	31	88	625	854		0,5	—									
Apollo II	1442	17	19	27	63	633	845		0,6	—									
Mrażnica.																			
Horodyszcze.																			
Livia II	1460	9	15	12	36	607	877		—	820									
Zawisza Czarny	1427	40	19	17*	76	539	947		3,6	—									
Halina	1524	23	—	14	37	560	987		—	—									
Horod II. Stand.	1412	23	4	9*	36*	493	947		3,3	1059									
										29 mil.									
										cb. m									
										36 m³/m w rogowcach na 1419,45 m; samoczynnie.									
										36 cb. m/m in the flints at 1419,45 m; self-flowing.									
Horod. IV Stand.	1415	25	—	—	—	—	—		—	—									
Gwido (Gibian II)	1508	26	19	28	73	458	1095		—	371									
Horodyszcze.																			
(Cont.)																			
Horodyszcze VII	1395	20	16	24*	—	—	—		1,5 i następnie 8,5	—									
Horodyszcze VIII	1378	27	11	16*	—	—	—		25 cb. m/m	—									
(Galicja)									4,0	—									
Joffre I	1410	35	—	15	50	441	1001		1,3	—									
Joffre II	1431	10	13	10*	50*	450	1004		9,5; 34 cb. m/m	—									
Standard II	1433	7	15	25*	50	472	988		11,5; 12 cb. m/m	—									
Mela	1417	23	29,5	10*	62,5*	—	1049		0,8	—									
Union V	1318	29	23	4*	—	—	—		1,0	—									

* Oznaczone serie nieprzewiercone. — Untraversed series.

Nazwa pola i szybu	Stop rogowców dolnych głęb. m	Miaższość w m			RAZEM	Wysokość szybu nad poziomem morza	Stop piaskowca doryślawskiego pod poziomem morza	Produkcja ropy i gazu		U W A G I
		Seria dolnych rogowców	Seria podrogowcowa	Seria piaskowca doryślawskiego				Początkowa w/d i m ³ /m	Sumaryczna do 1/1 1928	
Leases & Wells	Top of the lower cherts	Thickness in m			TOTAL	The Wells' Altitude	Top of the Bor. ss. below the sea level.	Oil & Gas Production		RE M A R K S
		Series of lower cherts	Series below the cherts	Series of the Bor. ss.				Initial Production T. C./daily a. ob. m/m	Total to Jan. 1 1928 Tank-cars.	
Mrażnica.										
Zofja I	1549	9	—	35*	44*	—	1078	8; 24 cb. m/m 2,5; 16 cb. m/m	22,057	4 w/dz w serii podrogowcowej; w piask. bor. ropa i solanka. 4 T. C./daily in the series below the cherts; in the Bor. ss. oil and brine.
Zofja III	—	—	10	32*	—	—	—	—	—	20—22% zanieczyszczenia. Contamination 20%—22%.
Zofja VI	1545	28	22	6*	—	493	1102	1; 6 cb. m/m	—	50% zanieczyszczenia. Contamination 50%.
Zofja VIII	1619	28	25	4*	—	521	1151	1,7	—	
Mrażnica.										
Józef I	1467	19	21	15*	55*	456	1030	24; 27 cb. m/m	5112	W rogowcach dolnych 4-5 m ³ /m; w serii podrogowcowej 11—14 m ³ /m.
Józef II	1519	18	7	(fault)	—	—	—	—	—	In the lower cherts 4—5 cb. m/m; in the series below the cherts 11—14 cb. m/m.
Józef III	1569	17	15	9*	—	475	1126	— 3	—	W serii rog. doln. na 1575 m: 5 w/dz i 40% wody; w piask. bor. wody 54%; ostatecznie ropy 0,7 w/dz i 24% wody.

Fanto 58	1407	28	23	4*	55*	429	1029	2,7	—	W ser. podr. na 1478 m 2,5 w/dz. In the series below the cherts at 1478 m 2,5 T. C. d.
Foch I	1461	18	14	10	—	429	1054	5,5; 12 cb. m/m	—	Wody 10-25% — Water 10-25%.
Tryskaj	1440	10	17	18*	45*	433	1029	2,4—0,9	—	Wody 50% — Water 50%.
Tadzio	1435	18	14	—	—	424	1043	3	—	Na do
Mrażnica I (Stand.)	1466	18	22	30	70	450	1056	1,8	837	At 1516 m.: to 3 T. C./d
Mrażnica II	1483	14	17	10,8*	42*	460	1054	12	2598	" 1524,9 " : 2 " "
Mrażnica.									8,7 mil	" 1526,8 " : 0,66 " " "
Mrażnica III	1522	18	17	—	35	475	1069	—	—	At 1524,8 m 14 T. C./d & następnie
Mrażnica IV	1573	13	20	—	—	480	1126	—	—	subsequently 3,5 T. C./d and 9 cb. m/m.
Mrażnica VI	1644	31	18,4	4,6	54	524	1170	—	—	W rog. doln. na 1667 m — 1000 kg/d; 1,9 m ³ /m i wody do 56%.
Mrażnica XII	1514	29,8	20,7	1,5*	52*	481	1083,5	3; 9 cb m/m	—	In the lower cherts at 1667 m 1000 kg/d; 1,9 cb. m/m & water to 50%.
Ulmann	1513	13	14	1,2*	—	485	1055	2,5	—	Wody do 12% — Water to 12%.
Ludwik	1464	31	20	12*	63*	466	1049	3	—	Wody do 30% i następnie ropy 0,7 w/dz, wody 12%.
Jakób	1565	19*	—	—	—	—	—	—	—	Water to 30% and subsequently oil only 0,7 T. C./d, water 12%.
Aldona	1450	21	22	13	56*	445	1048	3 emulsia	—	Na
Tustanowice.									—	At 1471 m : 0,6 T. C./d
Stateland 19	1472	33	25	—	—	—	—	11 płynu; 7 m ² /m	—	Wody 35%, ropy 7 w/dz.
Robert (Fanto)	1679	25	25	2*	52*	557	1172	0,5	—	Wody 80%; ropy 0,5 w/dz.
Kinga II (Stand.)	913	2	5	32	39	392	528	—	—	Water 80% (2 T. C. water per each 0,5 T. C. oil).
Nahujowice.									—	Zawodniomy. — Flooded.
Nah. I (Stand.)	1074	25	36	—	61	453	680	—	—	

* Oznaczone serje nieprzewiercone. — Untraversed series.

Badania petrograficzne skał osadowych doznały ostatnimi czasy bardzo poważnego rozszerzenia i pogłębienia w dużej części dzięki ogromnemu rozwojowi przemysłu naftowego. Obok badań geologicznych polowych, są stosowane w coraz szerszym zakresie także badania petrograficzne i laboratoryjne, a ilość rozpraw z tej dziedziny jest coraz większa.

Odsyłając czytelnika po bliższe szczegóły do odnośnej literatury angielskiej i amerykańskiej, podamy obecnie pokrótce opis biegu pracy laboratoryjnej przez nas wykonanej, wraz z kilku uwagami krytycznymi, które się nam z konieczności w toku pracy nasunęły.

W piaskowcach naszych badano po kolei, co następuje:

a) Wielkość ziarn w procentach, które otrzymano zapomocą analizy mechanicznej,

b) minerały ciężkie, wydzielone za pomocą cieczy ciężkich,

c) strata w stężonym kwasie solnym,

d) porowatość

e) płytki cienkie.

a) Mechaniczna analiza piaskowców za pomocą sit różnej gęstości daje możność rozdzielenia skały na grupy ziarn o jednakowych wielkościach i wyrażenia ciężaru ich w procentach wagowych. W większości wypadków brano tę samą próbkę piaskowca, która była użyta do oznaczenia porowatości, także i do oznaczenia wielkości ziaren. Piasek odważony w ilości 5—15 gr. ucierano z lekka na moździerzu stalowym, tak, aby nie pogruchotać poszczególnych ziarn, poczem macerowano go na łaźni wodnej w stężonym, technicznym kwasie solnym przez przeciąg kilku godzin, przepłukiwano wodą, suszono i ważono. Tą drogą otrzymywano stratę piaskowca w HCl w % wag. i zarazem jego całkowite rozkruszenie. Materiał w ten sposób rozdrobniony był przesiewany przez sita.

W wyborze sit ograniczono się do pięciu wielkości oczek, a mianowicie: 1 m/m; $\frac{1}{2}$ m/m, $\frac{1}{3}$ m/m, $\frac{1}{5}$ m/m, $\frac{1}{7}$ m/m, co dawało sześć frakcji ziarn. Podczas przesiewania piasku przez sita, zachowywano ostrożności zalecone przez A. F. Melchera (op. cit. pg. 737): Materiał pozbawiony uprzednio śladów wilgoci na misce kwarcowej w suszarce, przesiewano przez system sit zczepionych ze sobą od najgrubszego na górze, aż do najdrobniejszego na dole. Zawartość każdego sita, idąc kolejno od frakcji

najgrubszej, aż do najdrobniejszej, była zlekka przecierana na moździerzu w tym celu, aby na nacisk tłuczka były wystawione ziarna mniej więcej jednakowej wielkości. Równocześnie kontrolowano pod lupą czy pokażniejsze ziarna danej frakcji nie zostały rozkruszone, a wszystkie spojone ziarna należycie rozdzielone. W wypadku rozkruszenia całego kawałka piaskowca na moździerzu równocześnie, a nie poszczególnych frakcji, zachodzi możliwość uprzedniego rozgniecenia większych ziarn, zanim drobniejsze okruchy zostaną całkowicie rozdzielone. Następnie zawartość poszczególnych sit ważono. Tego rodzaju analiza mechaniczna może być zdaniem naszym stosowana jedynie do piaskowców o słabej konsystencji, lub do piaskowców o lepszemu łatwo rozpuszczalnemu, jak np. żalazistem, wapnistem i t. d. Dla piaskowców scementowanych opalową krzemionką, drobnoziarnistych, twardych i zbitych (np. z formacji eoceńskiej) otrzymane liczby okazywały się nieściśle, bo sprzeczne z danymi, otrzymanymi podczas badania płytek cienkich.

b) Minerale ciężkie wydzielano za pomocą bromku acetyleny w lejkach rozdzielczych Harada. Celem otrzymania tej cieczy ciężkiej przepuszczano acetylen z cylindra stalowego przez kilka płuczek szklanych, napełnionych do połowy bromem i kilkocentymetrową warstwą wody, i umieszczonych w chłodni wodnej¹⁾. Z pośród wielu cieczy ciężkich, używanych w badaniach petrograficznych, okazał się bromek acetyleny najpraktyczniejszy. Bromoform, tak zalecany przez H. Milnera²⁾, jest, jak doświadczenie okazało, cieczą o wiele mniej odpowiednią do badań skał osadowych, a to głównie z powodu jego łatwego parowania, kilkakrotnie wyższej ceny i trudności przy ponownym jego zagęszczaniu. W przeciwieństwie do bromoformu, bromek acetyleny rozcieńczony toluolem i pozostawiony w otwartym naczyniu, przybiera ponownie swój maksymalny ciężar właściwy, (2,85—2,90) a ubytek jego przez parowanie jest minimalny. Słabą stroną tej cieczy jest jej gryzące działanie na wzrok i pobudzanie do łzawienia, co zmusza do wykonywania wszelkich operacji pod dygestorjum.

Minerale ciężkie, odsączone od cieczy ciężkiej i oczyszczone od śladów bromku acetyleny toluolem, badano najpierw pod lupą binokularną. Głównymi składnikami okazały się piryty i tlenki ze-

¹⁾ Bliższe dane o tej cieczy vid. Zeitschrift für Kristallographie, 1899, 30, str. 73—74. T. Keilhack: Lehrbuch der praktischen Geologie, 1922, tom II, str. 257.

²⁾ Milner, Op. cit. str. 25.

laza często zmieszane z kalcytem, zoksydowane żelazo, miedź i stopy z aparatów wiertniczych.

Następnie rozdzielano otrzymany osad za pomocą sztabki magnesowej na dwie frakcje; a mianowicie na minerały: *a*) magnetyczne, *b*) niemagnetyczne. Te ostatnie badano ponownie pod lupą i w preparatach szlifowanych jak płytki cienkie. Minerałów magnetycznych, jako zanieczyszczonych obcemi ciałami, nie brano pod uwagę.

Oznaczać minerały ciężkie można dwojako, a mianowicie jako sypki proszek pod lupą i jako stałe preparaty pod mikroskopem. Jakkolwiek ten pierwszy sposób jest polecany przez niektórych autorów, a zwłaszcza przez Milnera, który tej metodzie poświęcił specjalny podręcznik (op. ct.), to jednak dogodniejszym okazało się badanie stałych preparatów mikroskopowych, w których okruchy minerałów są szlifowane obustronnie, jak płytki cienkie¹⁾. Grube bowiem osobniki, co do których nie można stosować ścisłych metod mikroskopowych, mogą być błędnie oznaczone; w stałych preparatach trudniej natomiast stosować immersję. W rezultacie wybrano drogę pośrednią. Badano w pierwszej linii preparaty proszków szlifowane, a w wypadkach wątpliwych wyszukiwano i izolowano zagadkowy minerał z proszku pod lupą za pomocą bagetki, zanurzonej w balsamie kanadyjskim. Umieściwszy minerał następnie na szkiełku podstawowym i oczyściwszy go z balsamu benzolem, oznaczano jego współczynnik załamania i co za tem idzie, przynależność systematyczną za pomocą metody Schroeder van der Kolka²⁾.

Ilość poszczególnych minerałów ciężkich w procentach otrzymywano, biorąc za podstawę rachunku około dwieście osobników mniej więcej jednakowej wielkości, widocznych w jednym lub kilku polach widzenia mikroskopu³⁾. Okular był zaopatrzony w siatkę planimetryczną. Minerałów, występujących w mniejszych ilościach niż 0,5% nie uwzględniano. Ciała nieprzeźroczyste, jak piryt, wyróżniano w świetle odbitem.

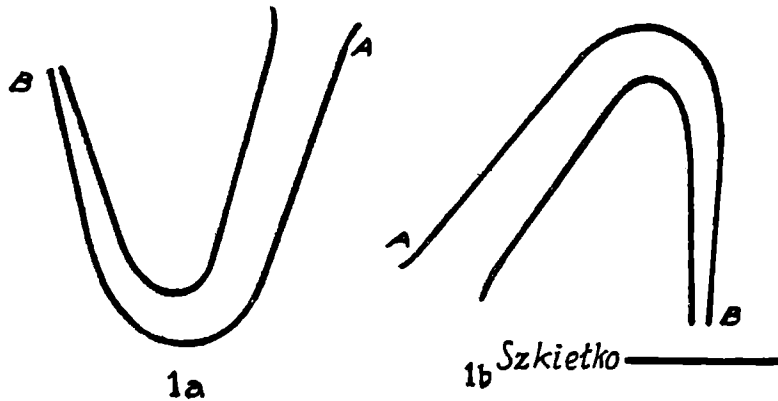
¹⁾ Odnośna dyskusja — Reed; Some methods for heavy mineral investigations. Econ Geol. 1924, 4, 328—330; tam nie znajdujemy jednakowoż wzmianki o szlifowaniu proszków, a jedynie o sporządzaniu stałych preparatów.

²⁾ Schroeder von der Kolka. Tabellen zur mikroskopischen Bestimmung der Mineralien nach ihrem Brechungsindex. Wiesbaden 1906.

³⁾ Patrz także Schneiderhöhn: Anleitung zur Untersuchung von Erzen, Berlin 1922, str. 37—39.

Wielką pomocą przy oczyszczaniu minerałów uprzednio już po części skoncentrowanych cieczami ciężkimi, okazał się przyrząd proponowany ostatnimi czasy przez F. J. Frase¹⁾ (fig. 1).

Jest to rurka kolankowato zgięta, o ramionach różnej grubości, nie dłuższych ponad 7 cm., a cała około 5 cm³ objętości. Mogą być także i naczynia dwukrotnie większe (około 40 cm³ objętości).



Rurka Frase¹⁾ do wydzielania minerałów ciężkich.
Połowa naturalnej wielkości.

Sposób użycia tego aparatu jest następujący: Napełniamy przyrząd cieczą ciężką, ustawiamy szersze kolanko pionowo do góry i wysypujemy koncentrat minerałów badanych. Następnie zatykamy szersze kolanko korkiem gumowym, czekając aż cięższe minerały osiadą w zagięciu, a lżejsze w górnej części cieczy w pobliżu korka. Zarazem uważamy, aby minerały lekkie nie dostały się do drugiego, wąskiego kolanka. Następnie ustawiamy przyrząd w pozycji odwróconej (fig. 1 b) i tak nim manewrujemy, aby minerały ciężkie osiadły tuż przy otworze wąskiego kolanka. Szczelne zatkanie korkiem gumowym uniemożliwia wypłynięcie cieczy przez otwór i z nią razem minerałów ciężkich. Wpuściwszy do przyrządu nieco powietrza przez lekkie wyciągnięcie korka, i umieściwszy równocześnie szkiełko podstawowe u wylotu (rys. fig. b) otrzymujemy kilka kropel cieczy z minerałami ciężkimi na szkiełku, które możemy zaraz badać pod lupą, czy mikroskopem.

Prosty ten przyrząd może oddać wtedy zwłaszcza wielkie usługi, gdy jest wielka ilość próbek minerałów już częściowo skoncentrowanych w ilości nie ponad kilka do kilkanaście gramów

¹⁾ F. J. Fraser: A simple apparatus for heavy minerals separation. *Econ. Geology*, 1928, 1, str. 99.

(np. przez płuczkę) do szybkiego zbadania małymi ilościami cieczy. W naszym wypadku stosowano go z powodzeniem przy ostatecznym oczyszczaniu minerałów ciężkich, uprzednio już wydzielonych lejkami rozdzielczymi H a r a d a. Praktyka bowiem pokazuje, że nawet dwukrotna manipulacja rozdzielcza w lejku H a r a d a nie daje jeszcze należyte oczyszczonego koncentratu. Gdyby przyszłe badania skał naftonośnych w Karpatach wykazały istnienie minerałów ciężkich, dających się użyć jako przewodnie dla poszczególnych poziomów, to rozdzielacz F r a s e r a da możliwość szybkiego rozpoznania próbki na pobliskiej Stacji Geologicznej i dokładniejszego sprecyzowania profilu wiertniczego nawet osobom mniej z techniką mikroskopową obeznanym. Niestety, jak z niniejszej rozprawy wynika, która jest dopiero zapoczątkowaniem tego rodzaju badań, nie znaleziono dotychczas minerałów mogących mieć przewodnie znaczenie. Znalezienie przewodnich poziomów z minerałami ciężkimi może się okazać ważne, być może nie tyle dla wyróżniania poszczególnych formacji geologicznych, jak np. piaskowca jamneńskiego, eoceńskiego i borysławskiego, gdyż tego można dokonać i na drodze makroskopowej, a raczej w wypadkach bardziej wątpliwych, np. w wypadku badania stosunku piaskowca borysławskiego do warstw popielskich i t. d. Nasze próby pokazały, że rozdzielacz F r a s e r a może szybko, bo w ciągu kilkunastu minut poinformować geologa, może nie tyle o ilości, ile o jakości minerałów w ciężkich. W przyszłości przyjdzie na ten przyrząd zwrócić dokładniejszą uwagę.

§. c. Strata w stężonym kwasie solnym była oznaczana ubocznie przy rozkruszaniu piaskowców do analizy mechanicznej. Różnice w zawartości węglanów w piaskowcach okazały się bardzo znaczne i wielce charakterystyczne, a ubytek w kwasie solnym wahał się w granicach bez mała od 0%—50% wag.

§. d. P o r o w a t o ść. Metody oznaczania porowatości w skałach są dość liczne, w różnym stopniu ścisłe, nie jednakowo praktyczne, a literatura odnośna dość pokaźna¹⁾. Wszystkie te metody

¹⁾ Hirschwald. Handbuch der bautechnischen Gesteinsprüfung — Berlin 1922, str. 109 i 11. — Meinzer E. The occurrence of ground water in the U. St. Geol. Water Supply Paper Nr. 489. 1923, str. 11, 118. Tamże szczegółowy opis i dyskusja metod oznaczeń porowatości. — W. G. Russell. A Quick Method for Determining of Porosity Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol. October 1926, str. 921. — A. F. Melcher, op. cit., str. 727.

dadzą się sprowadzić do trzech zasadniczych, a mianowicie: *a*) metoda absorbcyjna, w której miarą porowatości jest stopień zaabsorbowania cieczy lub gazu o znanym ciśnieniu i objętości przez substancję, *b*) metoda porównania pozornego ciężaru właściwego kawałka substancji zatopionego w parafinie z rzeczywistym ciężarem właściwym tejże substancji w stanie rozkruszonym; *c*) metoda porównania objętości kawałka substancji z objętością tejże substancji w stanie rozkruszonym.

Początkowo robiliśmy próby z metodą parafinową, zaleconą do innych celów przez Hirschwalda (op. cit.) i nieco zmodyfikowaną przez amerykańskich autorów (Meinzer E., op. cit.), a opartą na zasadzie 2-iej z wyżej wymienionych. Metoda ta nie dawała pewnych i szybkich rezultatów. Ważenia próbki piaskowca samego i z parafiną w powietrzu, potem w wodzie, następnie ważenie proszku otrzymanego z tejże próbki w piknometrze jest tak kłopotliwe, że tego rodzaju sposób postępowania nie może być naszym zdaniem z powodzeniem stosowany do przemysłowych badań, gdzie oznaczenia może mniej ściśle, ale za to szybkie i łatwe do przeprowadzenia mogłyby mieć praktyczne znaczenie.

Z kolei próbowaliśmy metody objętościowej. Założenie na której ta metoda jest oparta, że miarą porowatości skały jest stosunek objętości jej w kawałku do objętości w proszku otrzymanego z rozkruszenia tegoż kawałka skały, może podlegać słusznej krytyce. Wiele pustych przestrzeni w skale i w środku poszczególnych minerałów może być zamknięte od zewnątrz i dla krążących roztworów nie dostępne. Błąd powyższy, teoretycznie uzasadniony, nie musi mieć, w przypadku badań serji ropnych poważniejszego znaczenia. Nie idzie bowiem z naszego punktu widzenia o bardzo ściśle oznaczenie porowatości jako takiej w danym miejscu badanego pokładu, a tylko o praktycznie szybkie i łatwym sposobem oznaczenie wzajemnego ilościowego stosunku pustych przestrzeni w różnych punktach roponośnych serji, a o ile z błędem, to możliwie z tym samym.

Bardzo praktycznym i prostym przyrządem, dającym zupełnie zadowalające wyniki okazał się aparat do mierzenia porowatości, zaproponowany przez W. G. Russella¹⁾ (op. cit.), a przedstawiony obok na rysunku. Pomiaru tym przyrządem wykonane mają tę do-

¹⁾ Aparat powyższy został wykonany podług rysunku przez firmę Robert Goetze — Glasinstrumentenfabrik — Lipsk, Nürnbergerstrasse, 56.

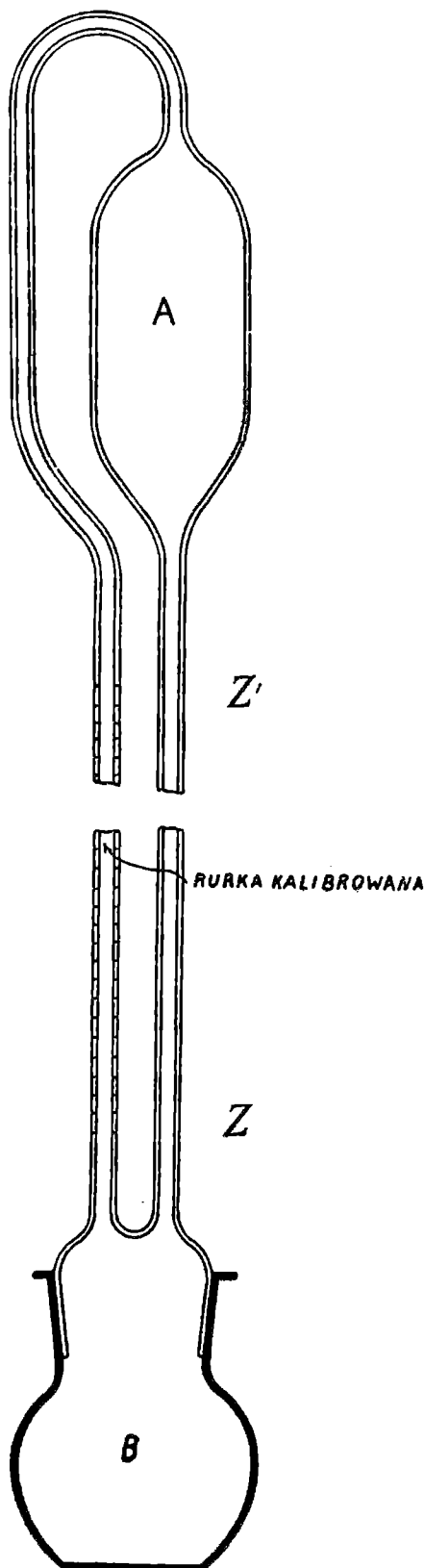


Fig. 2. Aparat do mierzenia porowatości podług W. Russell'a

godność i przewagę nad wszystkimi dotychczas używanymi metodami, że nie zachodzi tutaj potrzeba zatapiania próbki skały w parafinie; jedno oznaczenie można wykonać w przeciągu 40-tu minut, ewentualnie mniej, lecz wystarczająco dokładnie, całkowicie bez posługiwania się wagą analityczną, w ciągu 25-ciu minut. Posługując się kilku takimi przyrządami, można w ciągu kilku tygodni otrzymać setki oznaczeń.

Volumenometer Russell'a¹⁾ przedstawiony na załączonym rysunku (zdjęcie Tabl. Nr. 10) składa się z dwóch grubych, precyzyjnych, równoległościennych rurek, około $\frac{1}{2}$ m długich, o wewnętrznej średnicy nie ponad 2.8 m/m, rozszerzonych na obu końcach w naczynie A u góry i B u dołu. Dolne naczynie zamyka szczelnie doszlifowane wieczko, w którym tkwią ujścia obu rurek. Jedna z rurek posiada podziałkę milimetrową jak na biurecie od 0 m/m do 50 m/m. Aparat jest w ten sposób skonstruowany, że gdy wieczko jest założone jak na rysunku, objętość naczynia dolnego B aż do punktu Z na rurce jest równa, lub prawie równa objętości naczynia A w górze aparatu aż do punktu Z', w którym to punkcie kończy się podziałka. Skoro więc przyrząd otworzymy, odwrócimy go i napełnimy naczynie A cieczą do kreski Z', a następnie zatkawszy go, ustawimy w pozycji normalnej, jak na rysunku i odczekamy aż ciecz się przeleje przez obie rurki do naczynia B, to poziom cie-

¹⁾ Doskonały opis aparatu i metody patrz również: Ch. E. Sutton, Porosity Determination of Oil Sands. Oil a. Gas Journal, 1928, July 12, 34—157.

czy zatrzyma się wówczas w punkcie Z u początku podziałki, lub w pobliżu Z .

Chcąc wykonać oznaczenie porowatości, otwieramy naczynko B , odwracamy przyrząd, napełniamy czterochlorkiem acetylenu naczynko A aż do kreski Z' , lub prawie do Z' i notujemy poziom cieczy.

Następnie wkładamy do naczynka B kawałek badanej skały, uprzednio namoczony w czterochlorku acetylenu — i lekko osuszony na swej powierzchni przez bibułę, smarujemy wazeliną miejsce szlifowane, odwracamy przyrząd do pozycji normalnej, jak na rysunku i odczekawszy około 5—10 minut, aż ciecz się przeleje i przybierze stały poziom, robimy ponowny odczyt na rurce kalibrowanej, plus lub minus poprawka dla punktu zero. Ciecz wyparta przez skałę wzniesie się w rurkach o tyle wyżej, ile wynosi objętość badanej skały, włożonej do aparatu. Zmierzywszy tą drogą objętość po raz pierwszy dla skały w kawałku (V_1), nasyconej uprzednio czterochlorkiem acetylenu, po raz drugi dla tejże samej próbki skały, lecz w stanie suchym i rozkruszonym (V_2) otrzymujemy dwie różne objętości, t. j. objętość skały całej, nasyconej cieczą i skały rozkruszonej, osuszonej. Podstawiawszy obie te wielkości we wzorze poniżej załączonym, otrzymamy porowatość (P) skały w procentach:

$$P = \frac{V_1 - V_2}{V_1} \cdot 100$$

gdzie P = porowatość; V_1 = objętość skały w kawałku nasyconej; V_2 = objętość skały rozkruszonej, wysuszonej.

Nowością tej metody jest nie tyle sam mechanizm volumetru, ile zastosowanie czterochlorku acetylenu, cieczy nader ruchliwej, szybko ściekającej po ścianach naczynia i łatwo przenikającej przez pory skały. Kłopotliwą manipulację z parafiną zastępuje tutaj uprzednie nasycenie próbki cieczą w osobnym naczynku, do czego wystarczy przeciąg kilku godzin. Przed pomiarem objętości proszku, należy próbkę słabo rozetrzeć na moździerzu stalowym i dać na przeciąg 5 minut do suszarki o temperaturze 120° C, aby wypędzić z niej ślady czterochlorku acetylenu. O ile ostrożnie proszukujemy na moździerzu skałę tak, aby nie stracić substancji, to jak praktyka pokazuje, ważenie najpierw kawałka badanego, poczem proszku, i uwzględnianie ubytku na ciężarze w rachunku jest nie konieczne, a pomiary można wykonywać i bez wagi analitycznej.

Głównymi źródłami błędów są nieściśłości przy oznaczaniu objętości okruchu skały, zależnie od tego, w jaki sposób osuszamy próbkę po jej nasyceniu od ociekającej cieczy za pomocą bibuły a przed włożeniem do aparatu.

Nadto objętość czterochlorku acetyleny zmienia się szybko zależnie od temperatury. Pomiar należy przeto wykonywać szybko i w rękawiczkach. Pracując w jednakowych warunkach, robimy jednakowe błędy i otrzymujemy jednakowe wyniki.

Oznaczenia porowatości tą metodą wykonane, wahały się w granicach jednego procentu, co dla naszych celów okazało się zupełnie wystarczające.

Piaskowce przepojone węglowodorami, muszą być uprzednio od nich oczyszczone, co się da skutecznie przez długotrwałą macerację w takich cieczach, jak w benzolu, chloroformie, eterze, lub dwusiarczku węgla. W naszym wypadku macerowano próbki przez przeciąg od 24—48 godzin kolejno w trzech ekstraktorach Soxleta¹⁾, z których pierwszy był napełniony eterem naftowym, drugi eterem, a trzeci benzolem. Praktyczniejszym i prostszym od ekstraktora Soxleta okazał się przyrząd opisany w pracy H. Milnera²⁾. W tym prostym aparacie próbka macerowana w cieczy znajduje się ustawicznie w temperaturze wrzenia tejże cieczy, gdy tymczasem w ekstraktorze Soxleta ściany naczynia w miejscu gromadzenia się skraplającej się cieczy są chłodne.

Aby oczyszczenie piaskowca było całkowite, należałoby go jak doświadczenie pokazało macerować przez przeciąg tygodnia w różnych jeszcze cieczach, jak w dwusiarczku węgla, w chloroformie etc., co znowuż groziło niejednokrotnie rozpadnięciem się oczyszczanej substancji i uniemożliwieniem pomiarów porowatości.

Ten sposób macerowania piaskowców okazał się jednakowoż nader długotrwałym i przez to kłopotliwym. Praktyka pokazała, że można się pozbyć węglowodorów z piaskowców lub piasków nader łatwym i szybkim sposobem przez lekkie podgrzanie próbki na misce lub w tyglu na łaźni piaskowej w temperaturze 300—400° C. Celem stwierdzenia, czy wypędzanie węglowodorów ze skały przez słabe podgrzanie nie daje odmiennych rezultatów od ekstrahowania w ekstraktorach Soxleta zmierzyl p. A. Nieniewski i A. Drath, pracownicy Zakładu Geologii

¹⁾ Melcher — op. cit. str. 724 — fig. 2. Zdjęcie fotograficzne aparatu Soxleta.

²⁾ H. Milner — op. cit. Supplement, str. 28. fig. 36.

Stosowanej Akademji Górniczej, dwukrotnie porowatość dla tego samego okazu piaskowca z warstw eoceńskich z kopalni „Lipki“ okręgu jasielskiego. Jedną część okazu oczyszczono za pomocą aparatu Soxhleta, część drugą tego samego okazu przez podgrzanie na łaźni piaskowej przez przeciąg $\frac{1}{2}$ godziny. Oba oznaczenia, okazały się zbliżone do siebie w granicach błędu:

Porowatość piaskowca lipienieckiego (Nr. 36 — szyb V — głębokość 293.5 m) macerowanego: 23.82 %.

Porowatość piaskowca lipienieckiego prażonego: 23.08 %.

Jako przykład przytaczamy tabelę z cyframi otrzymanymi podczas pomiarów porowatości piaskowców roponośnych eoceńskich kopalni lipienieckiej metodą Russell'a: (Patrz str. 232).

Mierząc objętość piaskowca, notujemy poziom cieczy w wolumetrze najpierw w pozycji odwróconej (V_1^2 góra, kolumna VIII) poczem w pozycji normalnej (V_1^1 dół — kolumna VII), różnica obu wartości daje nam objętość piaskowca V_1 . (Kolumna IX). Kolumny X, XI i XII zawierają analogiczne dane dla piasku otrzymanego po rozkruszeniu piaskowca (V_2). Objętości piaskowca (V_1) i piasku (V_2) podstawione we wzór na porowatość (Kolumna XIII) dają nam ostateczny rezultat.

W czwartej i piątej kolumnie pionowej mamy podane wagi piaskowca odważonego do pomiaru i piasku po rozkruszeniu go na moździerzu stalowym, a przed pomiarem jego objętości. Ponieważ pewna strata substancji na moździerzu podczas rozkruszania jej jest nie uniknioną, przeto otrzymujemy cyfry porowatości zwykle nieco za wysokie (kolumna XIII) i musimy uwzględnić rachunkowo odpowiednią poprawkę (kolumna XIV).

Nasuwa się pytanie, jak wielka próbka skały musi być dostarczona przez wiertacza, aby powyżej opisane pomiary mogły być całkowicie przeprowadzone?

Przy wierceniu udarowem i ogromnych głębokościach poziomów ropnych Zagłębia Borysławskiego nie łatwą jest rzeczą zdobyć większe okruchy piaskowca. Skała zmieszana z czarnymi łupkami, przemyta przez wodę, rozkruszona przez świder, do badań się nie nadaje. Aby badania mogły być skutecznie, potrzeba:

Porowatość piaskowca lipienieckiego określona metodą Russell'a.

Nr. anal.	Próbka		Ciężar p ₂ piaskowca w gr	Ciężar p ₁ piasku w gr	Różnica wagowa w gr	Pomiar objętości piaskowca			Pomiar objętości piasku			Porowatość w % $P=100 \cdot \frac{V_1 V_2}{V_1 V_2}$	Poprawka $X = \frac{p_1 \cdot P}{p_2}$	Średnia szybów	UWAGI
	Nr. szybu	głębokość				V ₁ dol V ² gor.	V ₁	V ₂ dol V ² gor.	V ₂	X	XI				
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
1 a	IV	284	5.7446	5.6828	0.0618	27.90	9.35	18.55	22.50	8.60	13.90	25.06	24.78	—	mac.
1 b	IV	284	15.7339	15.6910	0.0429	51.00	3.50	47.50	39.50	2.40	37.10	21.89	21.80	23.87	mac.
1 c	IV	284	3.6394	3.5818	0.0576	18.00	5.85	12.15	13.30	4.50	8.80	27.57	26.50	—	prażony
1 d	IV	284	9.6956	9.6197	0.0759	34.40	4.40	30.00	26.70	3.50	23.20	22.66	22.48	—	mac.
2	201	255	8.9122	8.3567	0.5555	36.10	6.75	29.35	26.35	5.60	20.75	29.30	27.47	27.47	mac.
3 a	V	293,5	10.4826	10.3997	0.0829	40.40	6.55	33.85	30.15	5.20	24.95	26.29	26.00	—	mac.
3 b	V	293,5	7.5440	7.5082	0.0358	30.00	6.60	23.40	22.90	5.10	17.80	23.93	23.82	—	mac.*
3 c	V	293,5	7.2094	7.1355	0.0739	29.20	6.50	22.70	22.20	5.10	17.10	24.23	23.84	24.02	prażony
3 d	V	293,5	3.8070	3.7950	0.0120	21.40	9.10	12.30	16.15	6.70	9.45	23.17	23.08	—	prażony*
3 e	V	293,5	12.3862	11.7402	0.6460	43.10	4.90	38.20	32.10	3.70	28.40	25.46	23.36	—	mac.

Średnia porowatości dla pola Lipinek (kop. „Lipa“) wzięta na podstawie próbek z trzech szybów 201, IV i V = 25,12%.

* Próba wzięta z tego samego kawałka, jedna część prażona, druga macerowana.

Tab. 3 a.

Numer analizy Number of analysis	Nazwa pola i szybu Leases and Wells	Głębok. wzięcia próbki Depth of sample below earth surface (Meters)	Poziom stratygraficzny Formation	Struktura i tekstura Structure and Texture			S p o i w o C e m e n t				Szczątki organiczne Organic Remains	Strata w HCl Loss in HCl %	Porowatość Porosity %	Produkcja początkowa i sumaryczna Production initial and total	U W A G I R E M A R K S	
				Równomierna Uniform (r.)	Nierównomierna Nonuniform (n.)	Forma ziaren i ich wielkość Shape and size of Grains	Wapienne Calcareous (a)	Krzemionk. Siliceous (b)	Okruchow. Detrital (d)	Ilość i stosunek spoiwa do ziaren Quantity and Relation of cement to grains						
10	Borysław. Eglon	1071.0 1073.2	Piaskowiec borysławski Borysław Sandstone		n	Kanciaste przeważnie (do 0.8 mm) często ciasno ściśnięte. Chiefly angular (up to 0.8 mm) frequently pressed.	a		d	Mała; są partje piaskowca bez kalcytu, a z drobnymi okruciami SiO ₂ . Small, there are parties of SS without calcite but with small grains of SiO ₂ .	Wyraźne; otwornice. Distinct; Foraminiferae.	15.60		na 1068 m 2 wag/dzien. at 1068 m 2 cars/day.	Chlorytu mało. Small chlorite content.	
30	Dtto	1076.7 1076.9	Dtto		n	Kanciaste o wielkości rozmaitej do 1 mm. Angular, sizes up to 1 mm.		b		Duża; poważna ilość amorfnej krzemionki zlepiła ziarna kwarcu i ogranicza je. Opalowo brunatna substancja otacza i oddziela ziarna kwarcu. Large quantity of amorphous silica cements and separates quartz grains. Opaque surrounds and separates grains of quartz.	Wyraźne; Bryozoa. Distinct; Bryozoa.	6.62		1 w—0.6 w/dz. 1—0.6 cars/day.	Skalenie; wtórna sylifikacja zapełnia pory; ziarna kwarcu nie ściśnięte, a pływające w lepiszczu. Kalcyt w żyłkach i gniazdach, czasem w ziarnach. Chloryt dostarcza opalowej krzemionki i tlenków żelaza. Feldspars; secondary silicification fills porospaces; grains of quartz not pressed, but suspended in cement; calcite in veins and nests, sometimes in grains. Chlorite supplies opaque silica and iron oxides.	
3	Brugger I	1325— 1327	Dtto		n	Okrągławe do 1 1/2 mm; przeważnie drobne; ponad 1/2 i 1/5 mm; razem 60-50%. Rounded, up to 1 1/4 mm; chiefly fine 1/2—1/5 mm; total 60-50%.	a			Stosunkowo b. duża, ziarna kwarcu oddzielone wśród lepiszcza, jak w cieście. Comparatively very large; quartz grains suspended in cement.	Minimalne ślady. Traces.	15.70	10.79 w paraf. 11.35 10.79 in parafin 11.35	4.2 w/dz. 3541 wag. gaz. 4.95 m ³ /m 4.2 cars/day 3541 cars gas 4.95 m ³ /m.	Ślady skaleni. Piryt. Kalcyt w dwóch generacjach. Traces of feldspar. Pyrite. Calcite in two generations.	
56	Dtto	1333.3	Dtto			Więcej drobnoziarnisty, ziarna kanciaste. Rather fine-grained, grains angular.	a				Wyraźne. Distinct.					
38	Ralli	1422.1	Eocen górny (warstwy popieliskie Upper Eocene (Popiele beds)	r		Okrągławe rozmaitej wielkości. Rounded, various sizes.			d	Mała; z drobnych okruców kwarcu. Kalcytu i opalowej subst. prawie niema. Small; small quartz fragments. Almost no calcite or opaque.		8.04	9.79 i (and) 17.12	Suchy Dry	Znaczna porowatość wskutek braku wtórnego kalcytu i opalowej substancji, oraz braku lepiszcza chemicznego. Porosity considerable in consequence of absence of secondary calcite and of opaque, and also absence of chemical cement.	
39	Dtto	1423.4	Dtto		n, a w innej płytce r n, and in other sample r	Kanciaste, o wielkości nie ponad 0.6 mm. Angular, not over 0.6 mm.		typowe b typical		Znaczna; opalowa. Considerable; opaque.	Często wypierane przez krzemionkę. Frequent, replaced by silica.	9.05	12.17	Dtto	Wtórna sylifikacja; wtórna krzemionka w postaci opalowej brunatnej substancji jest produktem rozpadu chlorytu, ilość którego jest znaczna. Secondary silicification; secondary silica in shape of brown opaque is a product of decomposition of chlorite, cement of which is considerable.	
65	Dtto	1687	Eocen dolny Lower Eocene	r		Drobnoziarnista; wyjątkowo drobne ziarna, mniejsze od 1/5 mm; zwykle kanciaste ściśnięte. Fine grained; exceptionally small grains, less than 1/5 mm; chiefly angular and pressed.			d		Wyraźne ślady mikroorganizmów. Czasem wyraźne Lagena. Distinct traces of microorganisms; here & there distinct Lagena.	11.35	7.39	Dtto	Typowy piaskowiec drobnoziarnisty, bez lepiszcza; Chlorytu mało i przechodzi w brunatną izotropową substancję. Stosunkowo wysoka strata w HCl zależy od wapiennych skorupki otwornic. Typical finely-grained S. S. without cement; little chlorite passes into brown isotropic substance; comparatively large loss in HCl due to calcareous shells of foraminifera.	
40	Dtto	1800	Piaskowiec jamneński Jamna Sandstone	r		Kanciaste, mniej więcej jednej wielk. przeciętnie ponad 0.2—0.4 mm. Angular, more or less uniform size, average over 0.2—0.4 mm.			d	Ziarna przylegają do siebie blisko i zazębiają. Grains adhere closely.		7.76	8.87	Dtto	Ślady zbliżonych plagioklazów; chlorytu mało. Typ piaskowca bardzo jednolitego z lepiszczem okrucowem. Traces of twin plagioclases; little chlorite. Very uniform sandstone with detrital cement.	
14	Galatti III	1327	Piaskowiec borysławski Borysław sandstone		n	Kanciaste. Angular.	a			Znaczna; ziarna kwarcu pływają w lepiszczu. Considerable; quartz grains suspended in cement.	Otwornice. Foraminiferae.	12.93	7.21	Prawie suchy. Sumarycz. 76 w. Almost dry. Total product 76 cars.	Wtórny kalcyt lepiszcza przeważnie kosztem wapiennych szczątków organizmów. Secondary calcite in cement chiefly at the expense of calcareous organic remains.	
12	Dtto	1327.8	Dtto	Lupkowata r Slaty		Kanciaste, drobne (ok. 0.3%) w lepiszczu ilastem. Angular, small (ca 0.3 mm) in argillaceous cement.	a			B. znaczna. Ciemno-bronzoowy il wapienny. V. Considerable; quartz grains suspended in cement.	Wyraźne. Distinct.			Dtto	Znaczna ilość chlorytu rozłożonego w tlenki żelaza i piryt. Ilaste lepiszcze — pierwotny osad chemiczny. Considerable quantity of chlorite decomposed into iron oxides and pyrite. Cement clayey-primary chemical sediment.	
36	Dtto	1471	Eocen dolny Lower Eocene	Lupkowata r Slaty		Łupek ilasty wapienny z okrucami kwarcu (<0.2 mm). Calcareous shale with fragments of quartz (<0.2 mm).	a			Znaczna. Considerable.		10.91		Suchy Dry	Chlorytu mało; piryt. Little chlorite; pyrite	
43	Dtto	1547.6	Dtto	r		Kanciaste, toną w masie wapiennej ilastej, drobne nie ponad 0.2 mm. Angular, disappear in limy-argillaceous mass, small, not over 0.2 mm.	a			B. duża; ilasto wapienne ciasto o przeważającej masie. V. considerable; forms limy-argillaceous dough.	Ślady otwornic. Traces of Foraminiferae.	24.10	3.94	Dtto	Ziarna kwarcu toną w lepiszczu. Ślady chlorytu. Wapienne ilaste lepiszcze — osad chemiczny. Grains of quartz disappear in cement. Traces of chlorite. Calcareous clayey cement-chemical sediment.	

Tab. 3 d.

Numer analizy Number of analysis	Nazwa pola i szybu Leases and Wells	Głębok. wzięcia próbki Depth of sample below earth surface (Meters)	Poziom stratygraficzny Formation	Struktura i tekstura Structure and Texture			S p o i w o C e m e n t			Szczątki organicznie Organic Remains	Strata w HCl Loss in HCl %	Porowatość Porosity %	Produkcja początkowa i sumaryczna Production initial and total	U W A G I R E M A R K S	
				Równomierna Uniform (r.)	Nierównomierna Nonuniform (n.)	Forma ziaren i ich wielkość Shape and size of Grains	Wapienne Calcareous (a)	Krzemionk. Siliceous (b)	Okruchow. Detrital (d)						Ilość i stosunek spoiwa do ziaren Quantity and Relation of cement to grains
46	Horod. VIII (Gal.)	1430.0	Piaskowiec boryslawski i łupki (b) Boryslaw sandstone and shale		Stopień niejednorodności słaby <i>n</i> Nonuniform to small degree	Kanciaste o wielkości rozstrzelonej, zazębione, gdzie nigdzie więcej ściśnione; ziaren wielkości $> \frac{1}{2}$ i $> \frac{1}{5}$ mm—57.7% Angular of widely diverse sizes, dentate in places pressed. 57.7% grains $> \frac{1}{2}$ & $> \frac{1}{5}$ mm.	<i>a</i>			Mała; lepsze wyraźne kalcytowe, lecz ze znaczną ilością okruczowego detritusu. Small; cement distinctly calcitic, but with considerable proportion of detritus.	Szczałki wyraźne kalcytowe; przekroje Lamellibranchiata, Bryozoa. Plain calcitic remains; cross sections of Lamellibranchiata & Bryozoa.	13.77	9.33	4 w/dz 10 m ³ /m Następnie 2.30 w/dz 3.93 m ³ /m 4 cars/day 10 m ³ /min. later 2.3 c/day & 3.93 m ³ /min.	W porównaniu z typem Horodyszcz II zwiększenie ilości lepszca. Pirytyzacja glaukonitu wyraźna. In comparison with the Horodyszcz II-type, increased quantity of cement. Pyritization of glauconite distinct.
53	Dtto	1431.9	Dtto												
52	Joffre II	1462.5	Piaskowiec boryslawski w stropie Boryslaw sandstone top portion		<i>n</i>	Kanciaste, często wydłużone wielkości do 0.9 mm. Drobne okruczki kwarcu zlepiają się w większe ziarna, wraz z CaCO ₃ ; ziarna kalcytu obejmują wszystkie inne. Angular, frequently elongated up to 0.9 mm. Small particles of quartz combine with CaCO into larger grains. Calcite grains encompass all others.	<i>a</i>			Dużo; kalcytowe, które otacza drobne okruczki kwarcu. Large; calcitic enveloping detritus of small quartz grains.	Szczałki wyraźne; poprzeczne przekroje Lamellibranchiata. Remains distinct cross sections of Lamellibranchiata.	46.70	10.89	3 w/dz samoczynna 3 cars/day flowing	Ślady skaleni. Kalcyfikacja skały bardzo wyraźna. Traces of Feldspars. Calcification of rock very distinct.
49	Dtto	1463.5	Dtto		Bardzo niejednorodna <i>n</i> Very nonuniform	Kanciaste o wielkości rozstrzelonej, nie większej od 0.7 mm. Mniejszy druzgot ściśnięte oblepia większe ziarna. Angular of various sizes but not over 0.7 mm. Small particles stick closely to larger grains.			<i>d</i>	Minimalna, złożona z CaCO ₃ , FeCO ₃ powstałe z rozpadu glaukonitu; kanciaste ziarna są sprasowane. Minimal, composed of CaCO ₃ & FeCO ₃ derived from decomposition of glauconite. Angular grains are pressed.		12.20	12.28 10.85	9.5 w/dz 3.4 m ³ /m samoczynna produkcja 9.5 cars/day 34 m ³ /min. flowing	Chloryt daje tlenki Fe, nadto FeS ₂ , CaCO ₃ ; produktów opalowych niema. Są większe partje złożone z ziaren równomiernych ściśniętych. Chlorite gives: oxides of Fe, FeS ₂ & CaCO ₃ ; no opaque products. Larger parties are composed of grains pressed uniformly.
69	Standard II	1480 a)	Piaskowiec boryslawski Boryslaw sandstone		Drobnoziarn. <i>r</i> Fine grained	Kanciaste, wielkości do 0.3 mm, ściśnięte. Angular, sizes up to 0.3 mm pressed.			<i>d</i>				11 w/dz i 10—13 m ³ /m po pół roku 5 w/dz 13 m ³ /m	Ślady skaleni. Traces of feldspars.	
		1480 b)			Drobnoziarn. łupkowata <i>r</i> Fine grained slaty	Dtto			<i>d</i>	Ślady lepszca w postaci ilu brunatno zabarwionego. Traces of cement in the shape of clay colored brown.			11 cars/day & 10—13 m ³ /min. after 6 months 5 cars/day 13 m ³ /min.	Zwiększa się ilość glaukonitu i brunatno zabarwionego ilu, jak i osadów chemicznych, oddzielających nieco ziarna kwarcu. Increasing quantity of glauconite and of brown colored clay as chemical sediments divides grains of quartz.	
72	Mela	1469—1475	Dtto		<i>n</i>	Okrągławe, wielkości różnej do 0.8 mm. Rounded, various sizes up to 0.8 mm.	<i>a</i>			Duża. Large.	Otwornice obfite, nummulity. Foraminifera abundant; Nummulite shells.		8.1	Ropny 1479 m 1 w/d 30% za nieczyszcz. 1479 m 1 car/day 30% contamination	Ziarna kalcytu zblźnionzone; skalenie. Calcite grains twinned; feldspars.
	Mrażnica.														
58	Fanto 58	1441.5 a)	Serja podrogo-cowa Sub-Chert series		Drobnoziarn. <i>r</i> Fine grained	Kanciaste, zazębione od 0.3 m/m. Angular, dentate, size from 0.3 mm up.			<i>d</i>	W lepszcu tylko drobny detrytus. In cement only fine detritus.					Dużo glaukonitu. Przez rozkład jego rozpoczyna się słaba sylifikacja. Much glauconite, by its decomposition a slight silification sets in.
		1441.5 b)	Dtto		Łupkowata <i>n</i> Slaty	Kanciaste. Angular.			<i>d</i>	Smugi ilu bitumicznego. Streaks of bituminous clay.			5.51		Osad przejściowy pomiędzy piaskowcem i łupkiem ilastym. Sediment transient between sandstone and shale.
54	Dtto	1459.4	Piaskowiec boryslawski w stropie Boryslaw sandstone top portion		Drobnoziarn. <i>n</i> Fine grained	Kanciaste o wielkości niezbyt rozstrzelonej. Ziarna $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{5}$ mm stanowią 69.8%, mocno przylegające, zazębione. Angular, sizes not too varied; grains $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{5}$ mm compose 69.8%. Strongly adhering, dentate.			<i>d</i>	Minimalna, bez CaCO ₃ i krzemionki. Minimal, no CaCO ₃ or silica.		5.3	12.78	Suchy Dry	Typ zbliżony do typu Joffre II. Type approaching that of Joffre II.
51	Dtto	1461.9	Dtto		Dtto	Kanciaste o wielkości rozstrzelonej; pełno okruczów kanciastych, drobnych. Ziarna $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{5}$ mm stanowią 58.6% Angular, varied sizes. Grains $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{5}$ mm compose 58.6%.	<i>b</i>			Poważna ilość spoiwa w postaci brunatnego opalu, tworzącego ciasto w którym są rozmieszczone ziarna. Considerable portion of cement in shape of brown opaque holding grains.	Bardzo niewyraźne; miejscami krzemionkowe. Very indistinct; in places siliceous.	1.63	15.80	1 w/dz i na 1462.8 m 2.7 w/dz 5 m ³ /m 1 car/day & at 1462.8 m 2.7 cars/day 5 m ³ /min.	Skalenie; chloryt daje reziduum opalowe; chloryt i jego reziduum są skalcytyzowane; dużo FeS ₂ w lepszcu opalowym pełno mikrolitów FeCO ₃ , CaCO ₃ . Są inne partje w postaci łupki kwarcowego ze śladami krzemionkowych organizmów. Feldspars, chlorite gives opaque residue, both are calcitised; much FeS ₂ ; in opaque cement many microlites of FeCO ₃ , CaCO ₃ . Other parties take shape of quartzite slate with traces of siliceous organisms.
60	Dtto	1463.5	Dtto		<i>n</i>	Większe okrągławe, mniejsze kanciaste. Większe ziarna do 1.3 mm. Larger grains rounded, smaller angular, first up to 1.3 mm.	<i>a</i>			Dużo, nierównomierna; są partje o lepszcu tylko okruczowem. Large nonuniform; there are parties with only detrital cement.	Wyraźne. Distinct.	26.40	10.63	Suchy Dry	Skała przedstawia ławicę skalcytyzowaną. Rock shows calcitized laminae.

Tab. 3 e.

Numer analizy Number of analysis	Nazwa pola i szybu Leases and Wells	Głębok. wzięcia próbki Depth of sample below earth surface (Meters)	Poziom stratygraficzny Formation	Struktura i tekstura Structure and Texture			S p o i w o C e m e n t			Szczątki organiczne Organic Remains	Strata w HCl Loss in HCl %	Porowatość Porosity %	Produkcja początkowa i sumaryczna Production initial and total	U W A G I R E M A R K S
				Równomierna Uniform (r.)	Nierównomierna Nonuniform (n.)	Forma ziaren i ich wielkość Shape and size of Grains	Wapienne Calcareous (a)	Krzemionk. Siliceous (b)	Okruchow. Detrital (d)					
62	Mrażnica I . . .	1487.4	Serja podrogowcowa Sub-Chert series		Drobnoziarn. <i>n</i> Fine grained	Kanciaste; są poszczególne ziarna wyjątk. znacznej wielk. Angular; occasional exceptionally large grains.	<i>a</i>		<i>d</i>	Spoiwa dużo, w którym tkwią ziarna kwarcu. Much cement holding quartz grains.	19.61	Ropny Oil	Skalenie skalcytyzowane; chalcedon; pirytyzacja chlorytu. Feldspars calcitized; chalcedony; pyritization of chlorite.	
62	Dtto	1487.4	Dtto		Dtto	Kanciaste. Angular.	<i>a</i>		<i>d</i>	Spoiwa niewiele, mniej niż w poprzedniej próbce. Less cement than in preceding sample.	14.96	Dtto	Spoiwa miejscami niema zupełnie, ziarna zazębione. Żyłki kalcytu i kwarcu z bitumem. Pirytyzacja chlorytu. In places no cement; grains dentate. Veins of calcite & quartz with bitumen. Pyritization of chlorite.	
19	Dtto	1528.8	Piaskowiec boryslawski Boryslaw sandstone		Bardzo niejednolita <i>n</i> Very nonuniform	Większe ziarna okrągławe do 1.1 mm o wielkości rozstrzelonej; ziarna drobne do 0.3 mm kanciaste szczególnie przylegające. Larger grains of various size (up to 1.1 mm), rounded; Smaller (up to 0.3 mm) angular adhering closely.			<i>d</i>	Minimalna, kalcyt tylko w gniazdach ledwo widocznych. Minimal, calcite only in barely visible nests.	5.64	Na 1516 m prod. 3 w/dz. na 2519 1.8 w/d i stopn. spada At 1516 m 3 cars/day At 1519 m 1.8 cars/day declines successively	Ślady skaleni. Masa skały złożona z okruców kwarcu ściśniętych. (Wyraźny typ Horodyszczka II). Traces of feldspars. The rock composed of pressed debris of quartz. (Distinctly type of Horodyszczka II).	
57	Mrażnica II . . .	1524.3	Dtto		Gruboziarnisty <i>n</i> Coarse Grained	Okrągławe; kalcyt w gniazdach; drobne ziarna kanciaste, ściśnięte, zazębione. Rounded; calcite in nests; fine grains angular, pressed and dentate.	<i>a</i>		<i>d</i>	Mała ilość lepiszcza kalcytowego w gniazdach przeważnie. Small, calcitic chiefly in nests.	22.10	10.50	14-12 w/d. na 1524 m w serji podrogowcovej. Na 1506 i 1513 m 1 w/dz. Dziś 1.3 w/dz i 7 m ³ /m g. At 1524 m 14-12 cars/day in Sub-Chert series. At 1506 m & 1513 1 car/day Now 1.3 1 car/day & 7 m ³ /m.	Gniazda kalcytu są pozostawiają po organizmach; nie zostały przekształcone w lepiszcze. Śladów wtórnego przemieszczenia kalcytu niema. Ziarna kalcytu zblizniaczone. Calcite nests are remnants of organisms not transformed into cement. No indications of secondary translocation of calcite. Calcite grains twinned.
82	Mrażnica IV . . .	1563.1	Serja menilitowa Menilite series		Drobnoziarn. <i>r</i> Fine grained	Kanciaste <0.5 mm zazębione i ściśnięte przylegające. Angular <0.5 mm dentate and closely packed.			<i>d</i>				Znaczna ilość glaukonitu. Considerable quantity of glauconite.	
83	Dtto	1575.9	Strop dolnych rogowców Top of lower cherts		Skąła wapienna o zbitej strukturze. Lime rock of compact structure.	Okruchów mechanicznych niema. No mechanical detritus.							Skąła przedstawia tylko chemiczny osad wapienny o budowie ooliticzej lecz bardzo zmienionej. Skąła identyczna z Nr. 75. Rock represents only chemical calcareous sediment of oolitic but very changed structure. Rock identical with Nr. 75.	
73	Dtto	1657.2 1659.6	Warstwy popielskie Popiele Beds		Średnioziarn. <i>n</i> Medium grained	Ziarna o wielkości do 0.6 mm w ilowatej masie. Grains mostly rounded — up to 0.6 mm — in clayey mass.	<i>a</i>			Duża; ziarna kwarcu tkwią w wapienno-ilastym spoiwie. Large; quartz grains suspended in limy argillaceous cement.			W spoiwie dużo ziaren glaukonitu. Many glauconite grains in cement.	
75	Mrażnica XII . . .	1372.70	Strop serji menilitowej Top of menilites		Skąła wapienna ooliticzej budowy. Lime rock of oolitic structure.	Ooliticzne ziarna <0.3 mm. Oolitic grains <0.3 mm.				Materiału okrucowego niema. No detritus.			Ziarna ooliticzne często spłaszczone tkwią w masie wapienno-ilastej. Oolitic frequently flattened, grains rest in limy-argillaceous mass.	
76	Dtto	1482.80	Serja menilitowa Menilite series		Skąła drobno uławiconą z poszczególnych wstęg o ziarnach różnej wielkości. Thinly stratified rock composed of streaks having grains of various size.	Kanciaste ziarna do 0.9 mm ściśnięte przylegające lub tkwiące w masie drobnych (<0.2 mm) kanciastych zazębionych. Angular up to 0.9 mm closely packed or suspended in mass of smaller (<0.2 mm) grains angular & dentate.			<i>d</i>				Skąła okrucowa bez żadnych chemicznych osadów. Detrital rock without any chemical sediment.	
80	Ulmann	1525.62 1525.90	Rogowce dolne Lower cherts		<i>n</i>					Materiał okrucowy w ile bitumicznym. Detritus in bituminous clay.			Ziarna kwarcu i glaukonitu w ile bitumicznym. Quartz and glauconite grains in bituminous clay.	
81	Dtto	1527.5— 1528	Serja podrogowcowa Sub-Chert series		<i>n</i>	Kanciaste <0.5 mm. Angular <0.5 mm.	<i>a</i>			Dużo; ziarna kwarcu tkwią w spoiwie wapiennym nieprzekryształizowanym. Large; quartz grains suspended in limy noncrystallised cement.			Wyraźne szczątki, w dużej ilości otwornic. Distinct remains in large quantity foraminifera.	
77	Ludwik	1496.6 1496.6	Dtto		<i>n</i>	Kanciaste i otoczone, różnej wielkości, do 0.7 mm w wapiennym ile. Angular & rounded various sizes (up to 0.7 mm) in limy clay.	<i>a</i>			Bardzo wielka, tak że mamy wapień z rozproszonymi ziarnami kwarcu. Very large, so that we have limestone with scattered quartz grains.		Suchy Dry	Osadu chemicznego i organicznego jest więcej, niżeli okrucowego. More chemical and organic sediment than of detrital.	
78	Dtto	1500 1501.2	Dtto		<i>n</i>	Kanciaste różnej wielkości do do 1.4 mm. Angular of various sizes up to 1.4 mm.			<i>d</i>	Ziarna tworzą mozaikę, zazębione. Grains form mosaic, dentate.		Dtto	Skąła zbliżona do kwarcytu; drobne ziarna kwarcu zazębione, ściśnięte otaczają większe ziarna. Rock approaching quartzite; small grains of quartz dentate and pressed surround larger grains.	

Tab. 3 f.

Numer analizy Number of analysis	Nazwa pola i szybu Leases and Wells	Głębok. wzięcia próbki Depth of sample below earth surface (Meters)	Poziom stratygraficzny Formation	Struktura i tekstura Structure and Texture			S p o i w o C e m e n t				Szczałki organiczne Organic Remains	Strata w HCl Loss in HCl %	Porowatość Porosity %	Produkcja początkowa i sumaryczna Production initial and total	U W A G I R E M A R K S
				Równomierna Uniform (r.)	Nierównomierna Nonuniform (n.)	Forma ziaren i ich wielkość Shape and size of Grains	Wapienne Calcareous (a)	Krzemionk. Siliceous (b)	Okruchow. Detrital (d)	Ilość i stosunek spoiwa do ziaren Quantity and Relation of cement to grains					
79	Ludwik	1527	Piaskowiec borysławski Boryslaw sandstone		n	Kanciaste. Angular.			d	Spoiwo z okruszków drobnych. Cement of small fragments.			0.9 w/dz. 2½ m³/m i 45% zanieczyszcz. 0.9 car/day & 2.5 m³/min. 45% contamination.	Skala bliska do poprzedniej, lecz o charakterze wyraźnie piaskowcowym. Rock approaching former, but having a distinct sandstone character.	
70	Józef I	1520.8	Dtto			Okrągławe, drobne ziarna kanciaste. Rounded; smaller grains angular.			d	Spoiwo okruskowe z drobnych ziaren kwarcu. Detrital cement of small quartz grains.			Na 1521 m 24 w/dz. i 27 m³/m At 1521 m 24 cars/day & 27 m³/min.		
74	Józef III	1609	Dtto		n	Gruboziarnisty Coarse grained	a			Duża. Large.	Otwornice (Lagena) w stanie przekryształizowanym. Foraminifera (Lagena) in transcrystallized state.		2.7 w/dz płynu 50% zanieczyszcz. 27 cars/day fluid with 50% contaminations.	Piaskowiec wapienny, zrosnięty z łupkiem ilastym bitumicznym; ziarna kwarcu o zciemnianiu undulacyjnym. Limy sandstone grown together with argillaceous oil shale; quartz grains with undulating extinction.	
67	Tustanowice. Robert I (Fanto) .	1730.31	Dtto			Dtto	a			Mało spoiwa, ziarna kwarcu ściśnione, ząbione; spoiwo kalcytowe w poszczególnych partjach. Little cement; quartz grains pressed, dentate; In various parties calcitic cement.		11.20	10.35	1½ w/dz płynu zanieczyszcz. 50% 1½ car/day of fluid, contamination 50%.	Kalcyfikacja tylko w początku. Calcification just setting in.
26	Stateland 10 . . .	1503.4 1504	Serja podrogowcowa Sub-Chert series			Łupek wapienno ilasty z okruskami kwarcu. Limy argilliceous shale with quartz debris.						21.61			
28	Dtto	1505.9 1506.8	Piaskowiec borysławski Boryslaw sandstone		r	Drobnoziarn. Fine grained	a			Mało spoiwa; są partje ziaren ząbionych. Little cement. Parties of dentate grains.		12.49		1 wag/dz 14.5 m³/m gaz. 1 car/day & 4.5 m³/min.	Skala zbliżona do typu Horodyszcz II. Przewarstwowiona łupkiem (Nr. 5) krzemionkowym z obfitym pirytem. Rock resembling Horodyszcz II type. Interlaminated by siliceous shale (Nr. 5) with much pyrite.
47	Magdalena 15 . . .	1267.2	Dtto		n	Okrągławe różnej wielkości do 1.1 mm. Rounded of various size up to 1.1 mm.			d	Dużo spoiwa, w którym tkwią ziarna kwarcu. Much cement holding quartz serve as cement.	Wyraźne szczątki; otwornice i inne. Distinct remains; Foraminifera & others.	30.32	6.65	Na 1264 m pocz. 1.5 w/dz. Sumar. 692 w. At 1264 m initial 1.5 c/d. total 692 cars.	Ślady skaleni. Kalcyt w spoiwie i żyłkach. Kalcyfikacja bardzo rozwinięta. Traces of feldspar. Calcite in cement and veins. Calcification gone far.
16	Dtto	1270.5— 1271.0	Dtto		n	Okrągławe i kanciaste różnej wielkości do 1.1 mm. Rounded & angular, various size up to 1 mm.			d	Drobne, ząbione ziarna kwarcu służą jako spoiwo. Small, dentate grains of quartz serve as cement.		4.65	4	Stabo ropny. Slightly oil-bearing.	Piaskowiec kwarcowy, kalcyfikacja zaledwie zapoczątkowana. Siliceous sandstone; calcification barely commenced.
4	Niagara II	1239— 1245	Dtto		n	Gruboziarnisty Coarse grained	a		d	Drobne okruszki kwarcu są ściśnione bez spoiwa kalcytowego; miejscami spoiwa dużo. Small fragments of quartz are pressed together without any calcite cement. In places there is much cement.	Szczałki wielkości do 5 mm, kalcytowe; Bryozoa, Lagena. Calcite remains of Bryozoa, Lagena; sizes up to 5 mm.	18.0	5.79 7.41	Sumarycznie 5318 wag. Total 5318 cars.	Ślady skaleni. Piaskowiec słabo wapienny. Kalcytowe szczątki organizmów nie są w stanie pełnego rozkładu i miejscowo porowatość mogła być większa. Traces of feldspar. Sandstone slight limy. Calcitic remains of organisms are not in state of full decomposition and in places porosity might have been larger.
66	Nahujowice. Nahujowice	1101.6	Piaskowiec podrogowcowy Sub-Chert Sandstone		r	Drobnoziarn. Fine grained		b	d	Spoiwa mało, opalowe izotropowe. Little cement, opaque & isotropic.		7.26	8.26	Zawodniony poziom. Horizon flooded.	Ślady skaleni; glaukonitu mało; produkty opalowe stanowią spoiwo rozwinięte słabo, lecz równomiernie. Ziarna kalcytu tylko gniazdami. Traces of feldspars; little glauconite; opaque products compose a weakly but uniformly developed cement. Calcite grains only in nests.
71	Dtto	1105 a) 1105 b)	Dtto			Dtto			d	Kanciaste, wielkości <0.25 mm) ząbione, ściśnięte. Angular, size <0.25 mm dentate, dressed.					Te dwa rodzaje piaskowców (a i b) są w jednym szlifie, a skala przedstawia bardzo drobne uławiczenie o zupełnie innym charakterze. W ławicy (a) jest dużo muskowitu. These two kinds of sandstone (a & b) are in one microsection, therefore the rock shows very thin interlamination of a character entirely different. In the sample (a) there is much muscovite.
					n	Gruboziarnisty Coarse grained	a			Spoiwa dużo. Much cement.	Wyraźne i liczne. Distinct & numerous.				

TAB. 4.

Porowatość skał z odkrywek na powierzchni ziemi.

Poziom stratygraf.	Miejscowość	Porowatość	U W A G I
Piaskowiec kliwski	Siodło Płaskiego dol. Rybnicy	16,28%	Kruchy, pokrój cukrowy; z HCl nie burzący.
Piaskowiec środkowego eocenu	Dol. Rybnicy między Jasionowym a Bukowcem	15,20%	Kruchy, drobnoziarnisty; z HCl nie burzący.
Piaskowiec jamneński	Dol. Rybnicy, Horodyszczce	14,31%	Kruchy, pokrój cukrowy; z HCl nie burzący.
Piaskowiec jamneński	Dol. Ruzzoru, siodło Kamienistego	3,0%	Twardy, zbity; z HCl burzący.
Łupek z warstw inoceramowych	Dol. Rybnicy	6,18%	Siwy łupek wapienny, z żyłkami kalcytu; twardy, zbity.
Łupek z warstw inoceramowych	Dol. Ruzzoru, siodło Kamienistego	4,61%	Ciemny łupek wapienny; twardy, zbity, z hieroglifami.
Piaskowiec pośród rogowców serji menilitowej	Przekrój Tyśmienicy, około szybu Berta	13,66%	Biały drobnoziarnisty, nie burzący z HCl, słabej konsystencji. Kanciaste okruchy kwarcu szczelnie przylegają; wielkość ziaren około 0,1—0,2 mm. Pomiedzy ziarnami ślady druzgotu kwarcowego i chalcedonu. Muskowit, chloryt skalenie.
Piaskowiec eoceński	Przekrój Tyśmienicy, około szybu Silva Plana XVII	10,20%	Twardy, zbity, nie burzący z HCl, barwy zielonawej. Kanciaste ziarna kwarcu jednakowej wielkości około 0,3 mm; między nimi druzgot kwarcowy o wielkości ziarn 0,03 mm. Barwa zielonawa pochodzi od bladzielonej chlorytowej substancji, przechodzącej w izotropową krzemionkę.
Piaskowiec jamneński	Przekrój Tyśmienicy około budynku dyrekcji Silva Plana.	3,47%	Twardy, burzący z HCl, barwy białej. Ziarna kwarcu okrągławe wielkości do 1,2 mm, rzadziej do 2,3 mm, i mniejsze ziarna około 0,5 mm kanciaste w spoiwie kalcytowem z obfitymi szczątkami otwornic i innych organizmów, z otoczkami wapienia oolitowego również z otwornicami. Miejscami ziarna kalcytu ciągną się smugami i takie ziarna są wyraźnie zbliżnione.

do analizy mechanicznej	10— 30 gr.
do wydzielenia minerałów ciężkich	30— 60 „
do pomiarów porowatości	5— 15 „
do sporządzenia płytki cieńkiej	2— 5 „
próbka zapasowa	30— 10 „

Razem: 77—120 gr.

Biorąc okrągło należy mieć do całkowitej analizy od 40 gr. do 150 gr. próbki skały w większych kawałkach.

III.

W jednostce sedymentacyjnej, obejmującej dolne rogowce, serję podrogowcową i piaskowiec borysławski, jest stały związek poziomów ropnych z łupkami bitumicznymi i z rogowcami; w tym przekroju w szybach Dumba VI, Drasch VII, Rena VIII, Jerzy IX, Sadler XII, Konrad IV, Horodyszcze II, Joffre II, Mela, Fanto 59, Tadzio, Tryskaj, Mrażnica I, Mrażnica IV, Mrażnica XII, Józef II, Józef III, były spotkane pośród rogowców dolnych poszczególne warstwy łupków wapnistych i czasem wapieni, które jak pokazało badanie pod mikroskopem okazów z szybów Mrażnica IV i XII (fig. 29, tabl. 8) są utworami oolitowymi w wapiennoilastej masie. Na okazach z szybów Drasch VII i Rena VIII oolitową budowę można było stwierdzić nawet już pod lupą. W miarę zmniejszania się ilości materiału chemicznego, a zwiększania ilości materiału okrucowego, takie wapniste łupki przechodzą w piaskowce o spoiwie chemicznym i organicznym. Identyczne warstwy, znane na przekrojach szybowych pod nazwą łupków jaspisowych i wapieni¹⁾, powtarzają się w serji podrogowcowej, nie zawsze co prawda o budowie oolitowej (Ludwik, Drasch VII, Mrażnica I, Mrażnica IV, Józef II, Józef III), i pośród rogowców górnych w serji menilitowej (Mrażnica XII i IV). Znaczna ilość materiału pochodzenia organicznego, w postaci szczątków otwornic, mszywiolów, małży,

¹⁾ Wapień z szybu Mrażnica I z głęb. 1489, 60 m jest wapieniem oolitowym foraminiferowym o znacznym stopniu przekryształizowania. W niektórych wypadkach, jak właśnie z szybu Mrażnica I, powstaje wątpliwość, czy nie pochodzą takie próbki od wtrąceń skał starszych. Otoczaki, prawda bardzo drobne takich oolitowych wapieni były stwierdzone pod mikroskopem w piaskowcu jamneńskim; w większej ilości exotyka wapienne (wapień stramberski) spotyka się w eocenie.

jest zwykła tak w tych wapiennych utworach, jak i w piaskowcach normalnych, zwłaszcza podrogowcowych, a często i w serji piaskowca borysławskiego (w 21 wypadkach na 45, fig. 10, 18, 19). Szczątki krzemionkowe organizmów były stwierdzonei w piaskowcu borysławskim w szybie Fanto 58 i w łupkach pośród piaskowca borysławskiego z szybu Horodyszczcze II. Piaskowce najwięcej ropne, jak Fanto 58 (fig. 15), Józef I, Joffre II (fig. 8), Standard II (fig. 5, 6), Jerzy IX, Horodyszczcze II (fig. 2, 3), szczątków organicznych nie zawierają zupełnie, i są to piaskowce o lepiszczu tylko okruczowem bez śladów chemicznej cementacji. Nasuwa się przypuszczenie, potwierdzone badaniami skał w cienkich płytkach i próbą na HCl, że istnieje stały związek pomiędzy utworzeniem się wapiennego lepiszcza a ilością wapiennych szczątków organicznych. Cement kalcytowy w postaci ziaren, czasem takiejże wielkości, jak i ziarna kwarcu (47 — Magdalena 15, 14 — Gallatti III, Camus IV, Drasch VII, Rena VIII, 42 — Ratoczyn I, fig. 24, 46 — Horodyszczcze VIII, fig. 18, 52 — Joffre II, fig. 7, 72 — Mela fig. 19, 60 — Fanto 58, 4 — Niagara II, fig. 20) i innych okruczowych minerałów, powstawał przeważnie ze szczątków organicznych; chemiczny osad w postaci wapiennego iłu ulegał przekryształizowaniu w stopniu słabszym (7 — Sadler XII, 77 — Ludwik, 81 — Ulmann, fig. 27 i eoceński, 43 — Gallatti III, fig. 31)

Trzy próbki z szybu Fanto 58, wzięte w granicach 4, 1 m jedna za drugą w stropie piaskowca borysławskiego, wykazały w dolnej próbce wyraźne zmniejszenie porowatości, jednocześnie ze zwiększeniem kalcytowego cementu kosztem wapiennych szczątków w tym tylko pokładzie; dwie górne próbki pochodzą z piaskowca prawie bez cementu i z minimalną zawartością tak kalcytu, jak i szczątków organicznych. W szybie Sadler XII, dwie próbki z piaskowca podrogowcowego z odległości 2, 3 m, pokazały, że górna część jest więcej skalcytyzowana. W szybie Joffre II, takąż zmiana od skalcytyzowanego piaskowca borysławskiego do piaskowca bez lepiszcza nastąpiła na odległości jednego metra. (fig. 7, 8). Te stosunki wyraźnie stwierdzają, że cementacja kalcytem musiała nastąpić podczas krzepnięcia osadu wskutek większej ilości wapiennych składników w poszczególnych warstwach osadu. Takie procesy cementacji piasków w zależności od większej ilości wapiennych składników można widzieć na dzisiejszych morskich plażach. Hieroglify i ślady ruchu wody na po-

wierzchniach uwarstwienia naszych fliszowych utworów świadczą, że te utwory często wynurzały się na powierzchnię, jak na plażach.

Okrzemienie spoiwa pierwotnie kalcytowego było zaznaczone na okazach z szybu Ralli II (39); okrzemienie wtórne w piaskowcach Hor. II (48, 68), Fanto 58 (51 — fig. 15), Dumba VI (64), Drasch VII (23, fig. 22), Eglon II (30, fig. 12), nastąpiło kosztem rozkładu glaukonitu, co najlepiej uwidoczni się w piaskowcu eoceńskim (Ralli II — 39, 65). Pierwszy proces mógł zależeć od działania kwaśnych roztworów, jak to już zaznaczył prof. Kreutz (l. c. str. 45) dla piaskowca eoceńskiego; drugi proces okrzemienia musiał rozwijać się pod wpływem roztworów raczej alkalicznych. Oba procesy musiały rozwijać się już po właściwej diagenezie skutkiem powolnego krążenia wody w skałach już twardych. W wypadku dwóch generacji kalcytu (Brugger I — 3, Drasch VII — 2, Ratoczyn — 42), ostatnia generacja jest nowsza, aniżeli okrzemienie, jak to wyraźnie widać na okazach z Horodyszczka II (48), i może pochodzić od skalcytyzowania skaleni, lub od rozpadu chlorytu (Joffre II — 49, Fanto 58 — 58).

Stosunek pomiędzy temi procesami i porowatością skał jest wyraźny; każdy proces cementacji, który prowadzi do zwiększenia ilości spoiwa, zmniejsza porowatość: Galatti III — Nr. 14 — 7,21%; Galatti III — Nr. 49 — 3,94%; Galatti III — Nr. 37 — 4,32%; Drasch VII — Nr. 2 — 6,34%; Rena VIII — Nr. 41 — 7,53% — 8,53%; Magdalena 15 — Nr. 47 — 6,65%.

W niektórych wypadkach, zwłaszcza w piaskowcach eoceńskich i jamneńskim spoiwo w postaci drobnych ziaren kwarcu ma także sam wpływ: Ralli II — Nr. 38 — 9,79%, Nr. 65 — 7,39%, Nr. 40 — 8,87%.

Największą porowatość mają piaskowce borysławskie z lepiszczem drobno okrucowem: 14,53% i 15,32% (Hor. II. — 68), 12,28% (Joffre II — 49), rzadziej z lepiszczem krzemionkowym — 15,80% (Fanto 58 — Nr. 51).

Próbek stwierdzających wtórne okrzemienie wskutek rozwoju w lepiszczu opalowej substancji jest niewiele (51 — Fanto 58, 30 — Eglon II, 23 — Drasch VII). W dwóch wypadkach (64 — Dumba VI i 66 — Nahujowice, fig. 28, takie okrzemienie zaznacza się w piaskowcach serji podrogowcowej, a w szybach Eglon II, Fanto 58, Horodyszczka II, w stropie piaskowca

borysławskiego, natomiast w Drasch VII, fig. 22 — w jego spągowej części. Przeważająco kalcytowy lub też i drobnoziarnisty okruczowy charakter pozwala przypuszczać, że nie było jakiegokolwiek wpływu stropowej rogowcowej serji na okrzemienie piaskowca borysławskiego. Charakter spoiwa zależy przeważnie nie od wtórnych procesów, lecz od typu sedymentacji i warunków krzepnięcia osadu.

Znaczenie sedymentacji dla roponośności warstw można stwierdzić na następujących trzech przekrojach litologicznych z tab. 3:

H o r o d y s z c z e II: 1) Po czasokresie osadu drobnego okruczowego materiału, który został scementowany przez sprasowanie zazębionych ziaren kwarcu nastąpiła faza — 2) osadu materiału okruczowego jeszcze bardziej drobnego (0.01—0.05 m/m), zmieszanego z ilastym materiałem i częściowo organicznym krzemionkowym iłem i z rytmicznie powtarzającymi się nadzwyczaj cienkimi wkładkami materiału bitumicznego. Za tą fazą nastąpiła nowa — 3) osadu materiału wyłącznie okruczowego.

Ropnym jest osad pierwszej fazy (porowatość 8,48%), a do fazy trzeciej (porowatość 15,53%—14,32%) należy piaskowiec przeważnie gazowy.

J o f f r e II: 1) Faza sedymentacji okruczowego materiału z drobnym druzgotem szczelnie oblepiającym większe ziarna kwarcu, 2) faza sedymentacji okruczowego materiału więcej grubego wraz z drobnymi okruczami kwarcu i obfitemi wapiennymi szczątkami organizmów.

Ropnym jest osad pierwszej fazy (porow. 12,28—10,89%); osad fazy drugiej — mniej ropny (porow. 10,89%).

F a n t o 68: 1) Faza osadu grubego okruczowego materiału, zmieszanego z wapiennymi szczątkami organizmów jednak nierównomiernie (porow. 10,36%); 2) faza osadu materiału okruczowego więcej drobnego zmieszanego z krzemionkowym iłem organicznym, który dał spoiwo krzemionkowe (porow. 15,80%), 3) faza materiału okruczowego, którego ziarna mocno ściśnięte i zazębione (porow. 12,78%).

Porowatość osadu drugiej fazy jest największą (15,80%) i ten osad daje największy przyrwyw ropy.

Serja rogowców dolnych odgrywa w stosunku do serji podrogowcowej i piaskowca borysławskiego rolę stałego poziomu „stropowych skał“ (cap-rock) i ta stałość mogłaby nasuwać przypuszczenie, że własności tych stropowych skał są wynikiem dyfuzji roztworów wapiennych i krzemionkowych od piaskowców w stronę gliniastych utworów, oraz wyługowania cementu z ropnych piaskowców¹⁾. Realne szczegółowe przekroje naszych szybów nie pozwalają jednak przyłączyć się do takiego tłumaczenia. Łupkowate utwory w serji podrogowcowej (U l m a n — 81, F a n t o 58—58 b), pośród rogowców dolnych (U l m a n 80) i piaskowca borysławskiego (H o r o d y s z c z e II — 59 i 48, fig. 4; 69 b — Standard II) przedstawiają wyraźnie osady utworzone z materiału okruchowego i wstęg iłu bitumicznego, często ze śladami krzemionkowych organizmów. Przy zwiększaniu się podczas sedymentacji chemicznego ilastego osadu, następowała adsorbcja substancji organicznej raczej przed krzepnięciem osadu, a nie potem. Prof. K r e u t z odnotował w rogowcach niewątpliwe zjawiska wtórnego okrzemienia, lecz pozostawił pod znakiem zapytania, czy nie są to osady organiczne, zmieszane w znacznej części z materiałem okruchowym (l. c. str. 48—49).

Wyjątkowe wypadki wtórnego okrzemienia piaskowców podrogowcowych i borysławskich, wymienione wyżej, pozwalają stwierdzić, że nie było żadnego wpływu serji rogowcowej na cementację warstw pod nią leżących.

Powtórne zjawienie się serji rogowców górnych w stropowej partji łupków menilitowych, oraz rozpowszechnienie rogowców w eocenie tak w B o r y s ł a w i u, jak i w innych okolicach²⁾ pozwala stwierdzić ich facjalny sedymentacyjny charakter, niezależny od jakichkolwiek wtórnych procesów.

Łupki menilitowe, łupki serji podrogowcowej i łupki często przewarstwawiające piaskowce borysławskie są wyraźnie bitumiczne. Wapienno-ilaste utwory, jak wymienione wyżej oolitowe, nie są bitumicznymi; dawno już w geologii naftowej zwrócono uwagę, że jedne typy organicznych utworów są więcej pomyślne dla segregacji ropy, aniżeli inne. Sposób nagromadzenia otwornic

¹⁾ Washburne, Am. Inst. Min. & Met. Eng., XV, 1921, str. 267; — Bohdanowicz, Rocznik Polsk. T-wa Geol. III, 1926, str. 78.

²⁾ Jabłoński i Weigner: Brzeg Karpat fliszowych między Świcą i Łomnicą. Stacja Geol., Biul. 6, 1925, str. 38—39.

(według Cushman'a¹⁾) pozwala przypuszczać, że znaczna część ich skorupek, które znajdujemy w osadowych skałach, była już pozbawiona materiału organicznego (protoplazmy) w tym czasie, kiedy te skorupki były nagromadzone. Nie wyklucza to jednak, aby przy pewnych warunkach w czasie przepływu, albo pod wpływem prądów morskich zmniejszenie słoności wody nie mogło stworzyć warunków nieodpowiednich dla życia otwornic, więc i doprowadzić do nagromadzenia skorupek ich razem z protoplazmą; w każdym razie większe znaczenie dla akumulacji protoplazmy i następnie segregacji ropy musiały mieć diatomeowe organizmy (okrzemki), jak to stwierdzono dziś bezpośrednio badaniem iłłów w dzisiejszych morzach²⁾. Jednak wszyscy geolodzy Kalifornji zgodnie podkreślają, że czyste diatomeowe utwory, np. w oligocenie, są zwykle zupełnie białe i nie zawierają bituminów, natomiast ciemne bitumiczne łupki oligocenu i eocenu (Tejon) zawierają organizmów diatomeowych stosunkowo niewiele³⁾.

Tolman⁴⁾ przyszedł do wniosku na podstawie bezpośrednich badań, że węglowodory wytwarzają się pod wpływem promieni słonecznych z chlorofilu protoplazmy diatomeowych organizmów, więc procesem biogenetycznym związanym z życiem tych wodorostów, a nie przez bakterjalny rozkład organicznej materji. Warstwy złożone z nagromadzenia całych skorupek diatomeowych wodorostów, tak zwane diatomity, nie zawierają węglowodorów, natomiast warstwy złożone ze sproszkowanych szczątków diatomeów są właśnie ropnemi. Prawdopodobnie, pewne procesy sedymenta-

¹⁾ Cushman, Monograph of the Foraminifera of the North Pacific Ocean, U. S. National Museum, Bull. 71, 1910, str. 7.

²⁾ Stipp, The relation of Foraminifera of the origin of California Petroleum. Bull. Am. Ass. Petr. Geol. 10, 1926, 7, str. 697. Kwestja zawartości organicznego materiału w osadach różnych typów była postawiona na porządek dzienny w badaniach — Am. Petr. Inst. Research z dotacji Rockefeller'a: — Trajk, Results of distillation & other studies of the organic nature of some modern sediments. Bull. Am. Ass. Petr. Geol. 1927, 11. Organiczna materja została stwierdzona i w osadach wapiennych; ilość jej zależy od drobności ziaren, największa w iłach (Bull. Am. Ass. Petr. Geol., 1928, 5, 556—557).

³⁾ Gester, Observations relating to the origin & accumulation of oil in California. Bull. Am. Ass. Petr. Geol. 1926, 9, 892.

⁴⁾ Becking, Tolman, Mc Millin, Preliminary Statement regarding the Diatom Epidemics at Copalis Beach, Washington. Econ. Geol. 1927, 4, 356—368. — Tolman, Biogenesis of Hydrocarbons by Diatoms. Econ. Geol. 1927, 5, 454—474.

cyjne stwarzają warunki prowadzące do zniszczenia węglowodórów w całych skorupkach i do zachowania węglowodórów w innych warunkach, które niszcząc same skorupki dają dużo koloidalnej substancji razem ze sproszkowaną krzemionką. Jednym z takich warunków jest nagłe rozerwanie skorupki pod wpływem słodkiej wody lub nawet zmiany słoności morskiej wody w zatokach i estuarjach. Tolman i jego współpracownicy naocznie zbadali ten proces w Copalis Beach Wash.

Pierwszy Haseman¹⁾ znalazł na brzegach Florydy utwory asfaltowego materiału pośród humusowych osadów, które uległy geochemicznemu przeistoczeniu w dzisiejszych geologicznych warunkach pod wpływem wody morskiej i różnych elektrolitów: $Al_2(SO_4)_3$, $Fe_2(SO_4)_3$.

Nie jest wykluczoną możliwością powstania szerszej koncentracji kwasów humusowych w morskich brzeżnych strefach wskutek działalności rzek wynoszących, np. w warunkach zwrotnikowych, bardzo znacznych ilości humusowych kwasów i wolnej niezwiązanej krzemionki²⁾. Koloidalne kwasy humusowe (i materiał organiczny pochodzenia zwierzęcego) i koloidalna krzemionka, zawarte w znacznej ilości w wodzie rzek, mogą dawać jednoczesne osady koloidalne krzemionki i organicznych związków, możliwe że także związków siarki i żelaza pod wpływem wody morskiej, i takie osady ostatecznie pozostają jako przewarstwowania pośród normalnych morskich utworów w postaci przeważnie iłowatych łupków. Takie pochodzenie jest bardzo prawdopodobne dla łupków bitumicznych, a własności adsorbcyjne koloidalnych gliniastych utworów mogą prowadzić do pierwotnego rozdzielania substancji bitumicznej w postaci mieszaniny różnych węglowodórów na stałe (Kerogen) w łupkach i płynne (ropa) w piaskach. Nie może to jednak wytłumaczyć pierwotnego (syngenetycznego) nagromadzenia ogromnej ilości płynnej ropy w piaskach (następnie piaskowcach), np. w piaskowcu borysławskim, osad którego poprzedzał sedymentację serji podrogowcowej i rogowców pośród menilitowych łupków, dla których można byłoby przyjąć takie tłumaczenie. Organiczny materiał pochodzenia tak zwierzęcego, jak i roślinnego

¹⁾ Haseman: The humic acid origin of Asphalt. Bull. Am. Ass. Petr. Geol. 1921, 1, str. 75.

²⁾ Colmy C. Rae. A possible origin of oil. Trans. Am. Inst. Min. et Metal. Eng. XVIII, 1923.

rozkłada się wskutek bakterjalnych procesów w słonej wodzie na ciemny materiał, w nadzwyczaj drobnej konsystencji, który daje takim osadom ich ciemne zabarwienie.

Łupki menilitowe zawierają znaczną ilość gipsu, siarczanów żelaza, chlorku sodu, więc wody tego czasokresu mogły mieć własności skoncentrowanych roztworów odpowiednich do wzbudzenia precypitacji koloidalnych związków. Natomiast piaskowce serji piaskowca borysławskiego są to normalne brzeżne okruczowe utwory, w których tylko pośród ciężkich minerałów można było zanotować w kilku wypadkach większą ilość pirytu. (Camus IV — 24, Rena VIII — 41, Jerzy IV — 21, Ratoczyn 6, 8, 42, Horodyszczce II — 53, Joffre 2 — 49, Fanto 58 — 54, 57, Stateland 10 — 5, 26; Magdalena 15 — 13, 47, 16) i nieco siarczanów (barytu, anhydrytu, celestynu) — Joffre 2, Fanto 58, Eglon II — 27, 30, Horodyszczce VIII — 50 — 53. Piryt może być przeważnie wtórnego pochodzenia, co zaś do siarczanów, to więcej prawdopodobnem jest ich pochodzenie syngenetyczne z innymi składnikami osadów¹⁾.

Pośród utworów w geologicznych przekrojach Karpat na różnych poziomach są rozwinięte czerwono zabarwione łupki — w serji inoceramowej i w serji dolnego eocenu, często ze słabymi ropnemi poziomami.

W szybie Ralli II łupki czerwone od głębokości 1679 m do 1737 m, przewarstwione łupkami zielonemi, piaskowcami i zlepieńcami, miejscami gazowemi i słabo ropnemi, nie przejawiają śladów redukcji tlenków żelaza.

W szybie Standard I pomiędzy łupkami czerwonymi eocenu od 135 m do 167 m i łupkami na 416 i 478 m, przewarstwowionemi łupkami zielonemi i piaskowcami, poziom ropny był na głębokości od 185 m do 201 m.

W szybie Standard II — łupki czerwone kredowe na głębokości od 261 m do 414 m i od 498—536 m zalegają pod słabym ropnym poziomem na głębokości 314 m i nad ropnym poziomem 453—455 m (eocen) i same zawierają na 412 m piaskowiec ropny.

W szybie Horodyszczce IV — łupki czerwone od 214 m — 325 m zawierają ślady ropy na 227—236 m i gazu i ropy na 325,8—332,2 m bez żadnych śladów redukcji.

¹⁾ Bar może pochodzić przypuszczalnie od rozkładu skaleni i miki, a siarczane roztwory od innych produktów wietrzenia; ten proces możebny jest tylko w płytkich ilastych osadach około ładu.

Przy jednoczesnem znacznem zawodnieniu piaskowców, co zmuszało do postawienia rur w szybie Standard I na 190 m, w szybie Standard II na 425 m, Horodyszcze IV — na 352 m, więc prawdopodobnie znacznym ruchu podziemnej wody, barwa czerwona tych utworów nie została zmieniona na brunatną i zieloną, co może być dowodem przeciwko przypuszczeniom o migracji ropy w kierunku poprzecznym, przynajmniej w granicach kompleksu eocenu.

Krzemionka (ziarna piasku) ma znaczną adsorbującą siłę na wodę i ropę, przytem większą na wodę; piasek nasycony ropą oczyszcza się od ropy pod wpływem strumienia czystej wody, lecz do wilgotnego piasku ropa mocno przylega. Przypuszczają, że krzemionka wilgotna przyciąga jony H z wody, tworząc na swojej powierzchni błonkę wodzianu krzemu $Si O. O H.$, który ma własność łatwego tworzenia związków z słabymi zasadami ropy. Tej błonki nie można usunąć nawet silnemi zwykłemi rozpuszczalnikami ropy, natomiast wodny roztwór węglańu sodu łatwo oddziela cząsteczki ropy od ziaren piasku. Na adsorbującej własności powierzchni krzemionki na pewne składniki ropy polega filtracja ropy przez krzemionkę i krzemiany. Wiemy, że trudnem jest oddzielenie ropy od wody w naturalnych warunkach w szybach wiertniczych, a wprowadzenie dostatecznej ilości roztworu sody w taki szyb zwalnia ropę z piasku, zapobiegając zagęszczaniu ropy około ziaren piasku. Na tem polega stosowany dziś sposób zwiększenia wydajności ropy przez water-flooding. Geochemicznie krzemionka i krzemiany są katalizatorami, które podtrzymują równowagę pomiędzy różnymi składnikami w zwykłej ropie; one działają jak filtr, zwłaszcza na składniki o większej zawartości węgla (ciężkie węglowodory). W obecności tak wody, jak i roztworów wodnych następuje hydroliza ropy, skutkiem czego musi być nagromadzenie w piaskach asfaltu, a wysoka aktywność krzemionki może być zdolna do rozkładu nawet związków parafinowych¹⁾. Wszystkie te zjawiska, stwierdzone doświadczalnie, mogą wytłumaczyć inny charakter bituminów (twardych) w utworach łupkowych i w piaskowcach (płynna ropa) pośród nich. Zjawiska adsorbcji pod wpływem czystych kwarcowych piasków i następnie absorbcji (wchłaniania) w nich ropy mogły mieć miejsce jedynie tylko przed osta-

¹⁾ Nutting: Geochemical relations between petroleum, silica and water. Econ. Geol. 1926, 3, str. 234.

tecznem krzepnięciem osadu, kiedy właśnie były zaznaczone i zasadnicze warunki porowatości zestalającej się skały.

Serja łupków menilitowych jest bitumiczna prawie na całej swojej miąższości; również bitumicznymi są wkładki łupków i piaskowców pośród serji dolnych rogowców i serji podrogowcowej. Piaskowce ropne pośród kompleksu warstw popielskich, dolnego eocenu i w kredzie przewarstwawiają łupki piaszczyste bez wyraźnych bitumicznych własności. Te litologiczne stosunki i wyżej przytoczone argumenty o następstwie sedymentacyjnych faz w granicach jednostki roponośnej pozwalają stanowczo wypowiedzieć się za syngenetycznym charakterem ropy w zawierających ją warstwach.

Powstaje jednak trudność wytłumaczenia stosunku pomiędzy niską przeciętną porowatością piaskowca borysławskiego i jego miejscami wysokiem nasyceniem. Porowatość piaskowców borysławskich według określeń wykonanych, waha się od 2,2 (Magdalena 15—41) do 20,85% (Drasch VII—55), jednak obie te krańcowe liczby nie są bardzo pewne, raczej trzeba przyjąć granicę pomiędzy 5,36 (Ratoczyn—42) i 17,21% (Egлон II—11).

W porównaniu z piaskowcami z różnych pól w Stanach Zjednoczonych¹⁾ (7—33%) obie granice są niższe, co wyraźnie świadczy o tem, że piaskowce borysławskie są więcej zbite, lecz wahania są tegoż porządku, co zwykle w piaskowcach.

Przyjmując 1), że na polu San Sabba szyby Brugger I i Ralli II wyczerpały przestrzeń jednego ha, 2) że miąższość produktywnej partji piaskowców wynosi 10 m, co jest prawdopodobnie raczej za dużo niż za mało i 3), że porowatość wynosi 12,10%, można otrzymać nasycenie ropą na tej części pola:

$$\frac{10 \times 100^3 \times 12,1}{100} = 12,100 \text{ m}^3 = \frac{12,100 \times 1000}{159} \text{ baryłek} = 74.843 \text{ bar.} =$$

= 998 wagonów cystern (t. j. okrągło: 1000 wagonów), czyli na

$$\text{acre — stopę pokładu} = \frac{74.843}{2,4 \times 32,8} = 950 \text{ baryłek, co odpowiada}$$

tylko nasyceniu na przeciętnych polach w Stanach Zjednoczonych.

Pole wyeksploatowane szybami Brugger I i Ralli II wydało 3541 + 3489 = 7030 wagonów, = 527.223 baryłek, czyli około

$$\text{siedem razy więcej, a na acre — stopę} \frac{527.223}{2,4 \times 32,8} = 6.700 \text{ baryłek.}$$

¹⁾ Melcher, l. c. str. 772.

Szyby otaczające to pole, były w piaskowcu borysławskim albo suche, jak Galatti III, Brunner V, albo dały jak Drasch VII nieco ropy z partji piaskowca wyższej, aniżeli w szybach Brugger I i Ralli II, trudno więc byłoby przypuszczać, że znaczna produkcja tych ostatnich wyczerpała pole, znacznie większe w kierunku upadu. Możliwość przypuszczać, że szyby ściągały ropę z całej miąższości piaskowca, która tu była przeciętnie około 30 m, co dałoby tylko zapas trzy razy większy, aniżeli poprzednio wyliczony, i 2,3 razy mniejszy od ilości otrzymanej w rzeczywistości; w tym wypadku dla wyliczenia realnej wydajności, porowatość piaskowców trzeba byłoby przyjąć na 27,8%.

Praktyka w Borysławiu pozwala przyjmować, że realna wydajność lepszych pól ropnych wynosi około 2000 wagonów = 150.000 baryłek na ha, co może odpowiadać przy 10 m miąższości nasyconej partji, porowatości tejże około 24%.

Porowatość określona na niewielkich kawałkach skały nie odpowiada rzeczywistej objętości możebnych wolnych przestrzeni w skale na całym jej zasięgu, pozostają bowiem poza określeniem wszystkie drobne szczeliny, których może być tem więcej, im więcej jest skomplikowana tektoniczna budowa w granicach tego zasięgu. Na próbkach wiertniczych otrzymanych z szybu Hordyszcz II można było stwierdzić, że piaskowiec borysławski jest poprzecinany licznymi szczelinami, czasem z lustrem tektonicznym; na tych okazach stwierdzono rzeczywiście większą porowatość: 14,53% i 15,32, daleką jednak od obliczonej 27%. Tej niezgodności pomiędzy realną wydajnością niektórych szybów, jak w wypadku Brugger I i Ralli, a miąższością piaskowca, wytłumaczyć nie możemy. Najwięcej prawdopodobnym byłoby przypuszczenie, że szyby ściągały ropę ze strony poza granicami przypuszczalnego pola w kierunku biegu warstw. Realna wydajność szybów Brugger I i Ralli II przy porównaniu 24%, miąższości wydajnej partji w 10 m musiałaby pochodzić z powierzchni $3\frac{1}{2}$ ha; przyływ ropy z dołu jest wykluczony, jak to wynika z przekroju pionowego całego kompleksu utworów. Nie można wytłumaczyć tej niezgodności i popękaniem tego kompleksu wskutek uskoków, bo rozległość poszczególnych „kier“ piaskowcowych, jak to ustala Hempel, ogranicza jeszcze więcej zasięg możebnych pól wydajnych. Jeżeli warunki sedymentacji stanowią o porowatości skał i o ich możebnym pierwotnym nasyceniu, to następne tektoniczne przyczyny, jak pofałdowanie i uskoki, mogą stworzyć odpowiednie

warunki dla zwiększania lub zmniejszania nasycenia. Bardzo rozwinięta szczelinowatość piaskowców może być przyczyną ich dodatkowego nasycenia, o którym porowatość otrzymana z przypadkowego okazu nie daje prawdziwego obrazu. Takie zaburzenia około uskoków lub stref większej deformacji w serji pokładów mogą mieć znaczenie dla roponośności, lecz na różnych polach niejednakowe, w każdym wypadku więc możebność przewidywania takich zjawisk jest bardzo pożądana i miałyby praktyczne znaczenie dla prognozy o wydajności pola. Ustalenie więc kierunków uskoków, nie ulegających wątpliwości, jest bardzo ważnym geologicznym argumentem. Kilka takich uskoków na polach Borysławia i Mrażnicy było stwierdzonych; do takich należą uskoki poprzeczne, jak Kozak i Tryskaj—Aldona, i mniej więcej podłużne, jak Józef (?). Wpływ takich uskoków na mikrostrukturę skał na skrzydłach uskoków, może wyrażać się w kataklastycznej strukturze minerałów, w zjawisku form zbliżnionych niektórych minerałów; popękanie skał może też być przyczyną nienormalnego zwiększenia ilości wtórnego pirytu. Na te stosunki już była zwrócona uwaga w Stanach Zjednoczonych¹⁾. Na żyłki kalcytu i kwarcu w próbkach i na lustra tektoniczne, jako dowód kataklazy, u nas zwracają uwagę nawet wiertacze; im dobrze są znane zjawiska zlustrowanych łupków, zwiększenia ilości kalcytu, zwiększenia ilości pirytu. Te zjawiska wyraźnie zaznaczają się, np., około granicy tak zwanego nasunięcia na polach Mrażnicy, Horodyszcz a i San Saby, miejscami też w granicach warstw nasuniętych pomiędzy poszczególnymi skibami. Zjawiska deformacji w warstwach nasuniętych nie mogą jednak mieć większego wpływu na stopień porowatości w serjach głębszych, t. j. w serji dolnych rogowców, podrogowcowej i piaskowca borysławskiego, a także i w eocenie fałdu wgłębnego, a więc, chociaż w tych warstwach objawy deformacji są trudniej uchwytne, wymagają one niemniej szczególnej uwagi geologów.

Wszystkie próbki z eocenu z szybu Galatti III, wykazują znaczny rozwój pirytu i żyłki kalcytu; większe ziarna kalcytu w dolnym eocenie są zbliżnione. Kalcyt w dwóch generacjach i rozwój pirytu były zanotowane w próbkach piaskowca borysławskiego z szybu Ratoczyn I, kryształki kalcytu zbliżnione były zano-

¹⁾ Ransome E. Somers, Petrographic criteria of structure in the Cromvell oil field, Oklahoma. Econ. Geol., 1928, 3, 317—322.

towane w piaskowcu borysławskim z szybu Horodyszcz II, Mela, Mrażnica II fig. 11 — żyłki kalcytu i kwarcu z płynnym bituminem były zaznaczone w piaskowcu podrogowcowym z szybu Mrażnica I. Mało jeszcze mamy materiału, lecz można zwrócić uwagę, że i te luźne wskazówki są zgodne z przebiegiem stref deformacji skał około wymienionych wyżej uskoków i dawno już zaznaczonego zaburzenia około szybu Galatti III. W tym ostatnim wypadku i około Ratoczyńa zaburzenie miało wpływ wybitnie ujemny dla roponośności.

Stałe bituminy w łupkach bitumicznych i ropa w płynnym stanie w piaskowcach znajdują się w jednym kompleksie skał, które po sedymentacji i następnym zestaleniu uległy w przeciągu okresów geologicznych zaburzeniom tektonicznym i erozji. Jedni geologowie myślą, że właśnie te stałe bituminy są źródłem macierzystym dla płynnej ropy, a inni, że każda z tych form węglowodorów powstała jednocześnie z zawierającymi je osadami i od czasu sedymentacji mogła pozostać w swoim stanie bez większych zmian; płynna ropa na wyciekach naturalnych ulega zmianom tylko pod wpływem wody i powietrza około powierzchni ziemi¹⁾.

¹⁾ W Stanach Zjednoczonych proponują rozróżniać następujące pojęcia: migracja — przemieszczenie ropy na większe odległości; segregacja — nieznaczne przemieszczenia, wynikiem których jest rozdzielenie ropy, gazu i wody w samym zbiorniku; ruch metamorficzny (metamorphic circulation) — ruch wody, przeważnie, lecz nie całkowicie tak zwanej pozostałej (connate), wskutek krzepnięcia osadów i zmniejszenia przez to porowatości skał. Czasokres takiego krzepnięcia dzieli na dwa cykle: 1) pierwszy pod wpływem tylko ściśnięcia i spojenia osadów wskutek ciśnienia warstw od stropu i chemicznej regeneracji, 2) drugi pod wpływem procesów dynamicznych (orogenicznych), oddziaływujących poziomo i pionowo; krążenie artezyjskie — ruch wody przeważnie lub całkowicie meteorycznej, pozostający wskutek różnic ciśnienia hydrostatycznego. Według niektórych amerykańskich geologów pierwsza faza ruchu metamorficznego prowadzi jedynie do lokalnej segregacji ropy, gazu i wody; migracja ropy i jej nagromadzenie w złoża ekonomicznej wartości są skutkiem drugiej fazy ruchu metamorficznego w kierunkach podłużnym (lateralny ruch) i poprzecznym (transwersalny ruch) do biegu warstw. Cyrkulacja artezyjska raczej przeciwdziała czynnikom metamorficznym i prowadzi do zwężenia przestrzeni nagromadzenia ropy. Poprzeczna cyrkulacja płynów, która podczas pierwszej fazy ruchu metamorficznego jest więcej równomierna, następnie stopniowo umiejscawia się pod wpływem przyczyn orogenicznych, a ostatecznie pod wpływem krążenia wody artezyjskiej. (E. M. Parks, Migration of oil and water, a further discussion Bull. Am. Ass. Petr. Geol., 1924, 6, 697—715).

Nie zawsze można udowodnić, aby w złożach ropnych temperatura węgłbna osiągała wysokość potrzebną dla rozkładu stałych bituminów; nigdzie nie było stwierdzonem istnienie i tych pozostałości, które trzeba byłoby oczekiwać po takiej zmianie stałego bituminu (Kerogen) w płynną ropę. Doświadczenia, wykonane nad łupkami bitumicznymi w stosunku do ciśnienia i chemicznych procesów, jako czynników przeistoczenia, nie dały wyników dodatnich. Nie jest wykluczonem jednak, że mogą istnieć warunki naturalne, odpowiednie dla takiej genezy płynnej ropy¹⁾. Jeżeli ropa jest osadzona w stanie płynnym razem z innym materiałem, to ulega pod wpływem wody i powietrza krzepnięciu w substancję podobną do wosku lub asfaltu (grahamite, alberite); jeżeli powietrze i woda nie mają dostępu do każdej cząsteczki płynu, ropa może pozostawać w stanie płynnym przez czas nieokreślony. Zwykle przyjmują, że głównym miejscem akumulacji materiału ograniczonego ulegającego transformacji w płynną ropę, są osady iłowate drobno-ziarniste; następnie pod ciśnieniem pionowym i zróżniczkowanym kierunkowo, podczas fazy górotwórczej, osady iłowate więcej ściśliwe oddają płynną ropę w osady nie ściśliwe, jak piasek; drugim ważnym czynnikiem takiej migracji może być znana różnica w powierzchniowym napięciu (jako jedna z głównych przyczyn włoskowatości) wody i ropy; woda dąży od piasków ku iłowatym osadom, a ropa od iłowatych ku piaskom; innym znowu czynnikiem może być temperatura, której podwyższenie znacznie przyspiesza taki proces wymiany; widzieliśmy, że i procesy adsorbcji przez ziarna kwarcu mogą mieć znaczenie.

Takie teoretyczne rozumowania nie znajdują jednak sprawdzenia w materiale faktycznym, zebrany na realnych złożach. Jednym z warunków konserwacji płynnej ropy, wszystko jedno w jakiby sposób ona powstała w osadzie, musi być prędką akumulacja materiału, czemu odpowiada osad piasku bardziej, aniżeli osad iłu. Realne przekroje, przytoczone wyżej, wykazują ściłą zależność akumulacji ropy od faz sedymentacji, stwierdzają pomiędzy serją łupkowatych utworów i ropnym poziomem piaskowca (piasku) pokłady wapienne mniej odpowiednie dla takiej wymiany pomiędzy wodą a ropą; ustalają w serji najwięcej bitumicznych łupków (menilitowych i rogowców) pokłady piaskowca o stosun-

¹⁾ Mc. Coy, A brief outline of some oil-accumulation problems, Bul. Am. Ass. Petr. Geol. 1926, 11, 1019—1022. — Roczn. Polsk. Tow. Geol. III.

kowo wysokiej porowatości bez wody i ropy. Do takich piaskowców należą, np. pokłady pośród rogowców, występujące na powierzchni w przekroju Tyśmienicy około szybu Berta (Limanova); ten piaskowiec drobnoziarnisty bez spoiwa chemicznego, a o porowatości 13,66%, chciwie pochłaniający wodę, mógłby być doskonałym ropnym zbiornikiem, a jest suchy. Włoskowatość, własności adsorbcyjne i absorbcyjne, jak to dawno było zanotowane, mogą być przyczyną raczej odporności pewnych pokładów na zewnętrzne mechaniczne reakcje, aniżeli czynnikami wymiany płynów na większą skalę. Geologom są znane fakty, kiedy gliny, które ulegały silnemu tektonicznemu ciśnieniu, nie oddawały zawartej w nich ropy, natomiast piaski częściowo biednieją w wyniku takiej dyslokacji. Łupki menilitowe w Karpatach trudno oddają bitumiczną substancję w warunkach naturalnych, świadczących o bardzo gwałtownym tektonicznym ciśnieniu¹⁾.

Własności adsorbcyjne, włoskowatość i ciśnienie pionowe mogą być czynnikami nader aktywnymi podczas krzepnięcia osadów; nie mamy żadnego uzasadnienia dla określenia czasu, w przeciągu którego trwają procesy krzepnięcia i może postępować proces wymiany płynów i zróżniczkowanie węglowodorów stałych i płynnych. Czasokres krzepnięcia osadów takich, jak gliny i piaski, jest raczej bardzo długim, a nie odwrotnie. Na znanych nam przekrojach utworów dyluwjalnych w głębokich rzecznych dolinach, np. przy odbudowie złotonośnych okrucowych złóż, można stwierdzić, że krzepnięcie osadów, o ile one nie są obfite w wapienne lub żelaziste składniki, potrzebuje czasu geologicznego. Trzeciorzędowe ropne serje Rumunji, Kaukazu, Kalifornji i innych obszarów, nie zważając na ich miejscami gwałtowne tektoniczne zaburzenia, pozostają jako gliny i piaski. W skałach zestalonych głównym czynnikiem dalszej akumulacji jakichkolwiek związków, jak ropa i inne chemiczne związki, może być tylko ruch wody, którego kierunek i napięcie ustala budowa tektoniczna zasięgu skał, a więc przyczyny orogeniczne. Gaz towarzyszący ropie musi znajdować się w warunkach naturalnych w stanie rozpuszczalności w ropie, więc jako całość ropa i gaz muszą podporządkować się prawom cieczy, nie ulegając prawu segregacji według ciężaru gatunkowego. Prawo cieczy (ciśnienie hydrodynamiczne) może realizować się nie tylko w tych wypadkach, gdzie jest usta-

¹⁾ Rocznik Polsk. Tow. Geol., III. 1926, str. 71.

lony swobodny ruch wody; woda może chronicznie pochłaniać się w boczne skały, i warunki hydrodynamiczne ustalają się nawet tam, gdzie woda nie ma wyjścia na powierzchnię ziemi. Przeciwdziałaniem takiemu stałemu popędowi wody jest tylko opór tarcia.

W jakim stopniu mogą być zastosowane te teoretyczne rozważania do realnych złóż, pozostaje jeszcze rzeczą otwartą. Z pewnym prawdopodobieństwem można przypuszczać, że rozluźnienie skał wskutek tektonicznych przyczyn (szczelinowatość, popękanie ich) stwarza nowe wolne przestrzenie w pewnych granicach zasięgu poprzednio już nasyconej partji pokładu i pod ciśnieniem hydrodynamicznem pokładowej wody, część ropy z partji zawodnionych wolno posuwa się do partji ropnej o podwyższonej zdolności do nasycenia. Może mieć miejsce i wypadek wręcz przeciwny, gdzie rozluźnienie skał doprowadzi do zjawiska emulsji wody i ropy w pierwotnej ropnej partji, i nie mamy żadnych przewodnich zjawisk, aby przewidzieć jeden lub drugi wypadek. Możliwe, że bezpośrednia bliskość pierwotnej partji ropnej do uskoku może mieć wpływ raczej ujemny, aniżeli dodatni.

Roponośność wyróżnianej przez nas jednostki, ten epizod sedymentacyjny, nie jest bynajmniej zjawiskiem wyjątkowym, przynajmniej jakościowo, jeżeli nie ilościowo. W rogowcach górnych są znane w wielu miejscach ropne piaskowce; przytoczę chociażby ropny poziom w szybach Mraźnica IV na 1433—1439 m, Robert (Fanto) na 1542 m; w szybie Mraźnica III rogowce górne zaczęły się od 1384 m, a na 1410 m pośród łupków menilitowych był spotkany piaskowiec ropny. Stosunek tych słabych ropnych poziomów do znacznej miąższości serji bitumicznych łupków menilitowych jest najlepszym argumentem przeciwko teorii o łupkach bitumicznych, jako o macierzystych utworach dla poziomów ropnych. Znamy w Karpatach jeszcze więcej przestrzeni łupków bitumicznych menilitowych bez żadnych ropnych poziomów. Pola Borysławia — Mraźnicy — Tustanowic są miejscem, gdzie od drugiej połowy okresu eocenkiego stale zaczęły powtarzać się warunki sedymentacji pomyślne dla akumulacji materji bitumicznej w stanie płynnym; największe napięcie warunki te osiągnęły podczas krótkiego czasokresu na granicy epoki eocenu i oligocenu. Należy jednak przypuszczać, że czasokres krzepnięcia serji rogowców dolnych, podrogowcowej i piaskowca borysławskiego został odpowiednio zahamowany, tak iż procesy akumulacji węglowodorów mogły rozwinąć się w największym stopniu.

Ta stałość zmusza do szukania jej przyczyny w warunkach usposabiających, — z jednej strony samego zbiornika sedymentacyjnego, a z drugiej przylegającego doń lądu. Źródłem organicznej materji może być tak życie brzeżnej strefy morskiej, jak i życie brzeżnej strefy lądu. Stwierdziliśmy ponownie, że morze eocenu i oligocenu nie było martwym bynajmniej; mniej mamy dowodów o życiu strefy lądowej. Czarne i brunatne zabarwienie łupków serji menilitów, a często i popielskiej, można tłumaczyć jak było już zaznaczone, bakterjalnym procesem działającym na ograniczony materiał zwierzęcy i roślinny. Ślady karbonizacji w skałach karpackich przekrojów nie były jeszcze przedmiotem dokładnych badań. Wiemy, że dla piaskowców warstw k r o ś n i e ń s k i c h jest charakterystycznym znaczną w nich ilość sproszkowanego zwęglonego materiału; w innych warstwach szczątki roślinne poza fukoidami są naogół rzadsze, chociaż miejscami niemniej obfite¹⁾.

W materiałach szybowych z B o r y s ł a w i a można stwierdzić, że w warstwach polanickich zwęglone szczątki roślinne były spotykane na różnych poziomach, np. w szybie H o r o d y s z c z e II (na 1072 m), S t a n d a r d II (na głęb. od 894 m do 1076 m i na 1250 m), H o r o d y s z c z e IV (1012 m do 1226 m). M r a ż n i c a I (na 1096 m), M r a ż n i c a II (od 1066 m do 1234 m), M r a ż n i c a III (od 880 m do 1095 m), M r a ż n i c a IV (od 806 m do 1369 m), M r a ż n i c a VI (od 1116 m do 1246 m), M r a ż n i c a XII (od 1108 m do 1198 m). Miał roślinny zwęglony zwykle znajduje się w piaskowcach pośród łupków ciemno-szarych, szarzielonych, lub brunatnych; w jednym wypadku (szyb H u n t XI) szczątki roślinne były zauważone w piaskowcach pośród łupków brunatnych blisko koło stropu łupków menilitowych (1145 m), a w drugim (S t a n d a r d III) pośród łupków czarnych serji menilitowej (na 814 m). W szybie M r a ż n i c a XII miał zwęglony na głębokości 1108 m wynosił do 10% próbki.

W serjach ropnych nie dało się zauważyć szczątków roślinnych, a jeżeli stanąć na punkcie widzenia H a s e m a n a i R a e ' g o, to szczątków roślinnych w tych serjach nie należy i oczekiwać.

W utworach eoceńskich zwęglone szczątki roślinne były znalezione w próbkach z szybów: J e r z y IX na granicy warstw popielskich i łupków menilitowych (425—427 m), S a d l e r XII (220—223 m, 293—295 m), S t a n d a r d II (558 m), H o r o d y s z-

¹⁾ Zuber: Flisz i Nafta, Lwów, 1918, str. 13—15, 322—323.

cze IV (679 m, 710 m), Mraźnica VI (369 m, 575—583 m w ilości do 10%, na 615—619 m w ilości do 5—10%). W piaskowcach jemneńskich — w szybie Standard II (na 704 m) i w szybie Ralli II (na 1800 m).

W warstwach inoceramowych w nasunięciu: Standard II (36 m, 44 m, 68—70 m, 82 m, 106 m, 148 m), Standard I (21 m, 30 m, 125 m, 170 m, 186 m), Ratoczyn I (31 m, 102 m, 968—987, 991—1038 m), Hunt XI (140 m, 148 m, 192 m, 209 m, 215 m, 258 m), Standard VII (186 m), Mraźnica III (60 m, 156 m). W szybach Standard I, Standard II i Ratoczyn szczątki roślinne powtarzają się bardzo prawidłowo, przeważnie w stropowej części warstw inoceramowych niżej łupków czerwonych; takie wyraźne strefy mogą służyć nawet dla orientacji przy zestawianiu przekrojów szybowych.

Z tych luźnych materiałów o rozmieszczeniu szczątków roślinnych w przekrojach karpaccich nie mamy prawa wyciągać jeszcze wniosków o genezie ropy, lecz muszę przypomnieć, że do rozważań R. Zuber'a o roli humusowych substancji w utworzeniu się bitumicznych osadów (l. c. str. 329—340) są bardzo zbliżone dzisiejsze poglądy amerykańskich badaczy, np. Rae. (O roli ulmino-humusowych kwasów).

Warunki usposabiające do akumulacji bitumicznego materiału są tylko wynikiem innych orogenicznych przyczyn, które stanowią o tem, że w jednym miejscu wybrzeża taki proces odbywa się, a w innym nie, nie zważając na to, że ogólny rytm sedymentacji jest zjawiskiem regionalnym¹⁾. Na ogólnym tle tego rytmu, sedymentacja piaskowca borysławskiego i serji podrogowcowej jest zjawiskiem wyjątkowym, uzależnionem prawdopodobnie od bardzo lokalnych przyczyn. Dziś nie jesteśmy jeszcze w stanie sprecyzować te lokalne przyczyny; można jedynie powtórzyć myśl, rzuconą przez Nowak²⁾, że płaszcz osadów fliszowych w jego pierwotnym niewyruszonem położeniu musiały pokrywać w kierunku poprzecznym do biegu Karpat lądowe pasy prakarpaccie, które podczas osadzania serji łupków menilitowych mogły być już zanurzone w zupełności; lokalny rozwój piaskowca borysławskiego mógł zależeć od jednego z takich pasm. Czy możemy znaleźć w naszym fliszu jakie cechy, uwidaczniające i w innych miejscach rozpowszechnienia tego płaszcz budowę prakarpaccą

¹⁾ Nowak, Zarys tektoniki Polski. Kraków, 1927, str. 63.

²⁾ Nowak, l. c., 85—86.

i zależną od niej lokalną sedymentację w warunkach powtarzających borysławskie? Jediną cechą, która może służyć za wskazówkę możliwości sedymentacji piaskowca borysławskiego, jest wykształcenie w spągu serji łupków menilitowych warstw górnego eocenu w pasie popielskim, na co już zwrócił uwagę Nowak¹⁾.

Łupki menilitowe i rogowce pośród nich są osadami pelitowymi z wielką domieszką iłów organicznego i chemicznego, są to więc osady nagromadzające się bardzo powoli i o znacznej porowatości w ich stanie pierwotnym. Do czasokresu osadzenia warstw dobrotowskich w znacznej miąższości serja menilitowych łupków mogła pozostawać w stanie usposabiającym do segregacji różnych składników; jednak obecność suchych piaskowców pośród tej serji nie jest argumentem na korzyść szerokiej poprzecznej migracji bituminów w czasokresie fałdowania skał. Litologiczna jednolitość serji menilitów i rogowców na wielkiej przestrzeni niezależnie od różnego charakteru warstw leżących w ich spągu, nie pozwala oczekiwać w tej serji jakichkolwiek jasnych wskazówek, co właściwie można byłoby przewidzieć pod nią. Ropne piaskowce szybów Zofja I, Joffre II, Standard II mają w stropie serję rogowców wykształconą nieznacznie; również tylko ślady rogowców w łupkach menilitowych miał w swoim stropie płonny piaskowiec borysławski szyb Kinga II.

Faza osadzenia piaskowców borysławskich w ich typie najwięcej usposabiającym do nagromadzenia się ropy (znaczna miąższość, większa porowatość) była następstwem nieznanym nam bliżej przyczyn orogenicznych, erozyjnych i sedymentacyjnych. Czy istnieją wogóle jakie różnice litologicznych cech w warstwach popielskich, które podścielają piaskowce ropne lub piaskowce płonne? Na to pytanie nie mamy jeszcze odpowiedzi, a być może, że gdyby takie cechy istniały, to można byłoby korzystać z nich przy badaniach poszukiwawczych na tych przestrzeniach, gdzie okazują się w odkrywkach warstwy górnego eocenu i warstwy popielskie w tem lub innym ich wykształceniu.

Badanie materiału szybowego przyprowadza do wniosku, że przeistoczenie skał po ich ustaleniu było mniej znacznym, aniżeli podczas krzepnięcia (diagenezy) ich. Warunki wgłębne całego przekroju nie były pomyślne dla szerokiej i głębokiej wtórnej prze-

¹⁾ l. c., 35 i 39).

miany tych skał; więcej znaczne przemiany miały miejsce raczej około powierzchni ziemi w miarę tego, jak wskutek następnej erozji skały te mogły ulegać wpływom z powierzchni ziemi. Wysokie pionowe ciśnienie, pod którym znajdują się wgłębne partje w naszych przekrojach, nie miały wielkiego wpływu na zmianę skał.

Porowatość piaskowca jamneńskiego z szybu Ralli II w głębokości 1800 m (fig. 35) wynosi 8,87%, mało różni się od porowatości piaskowca eoceńskiego w tym szybie (na 1687 m—7,39%), a jest większą aniżeli porowatość piaskowców eoceńskich w sąsiednim Galatti III (na 1577, 6 m—3,94%, na 1564, 8 m—4,32%, fig. 32—33), co zależy jedynie od pierwotnego spoiwa tych piaskowców. Dla porównania był zbadany piaskowiec jamneński ze znanej odkrywki około domu Dyrekcji Limanowa; ta skała o znacznie większej ilości wapiennego spoiwa ma porowatość tylko 3,47%. Piaskowiec eoceński z odkrywki około szybu Silva Plana XVII, złożony z drobnych ziaren kwarcu (0,2 m/m) i druzgotu kwarcowego wielkości 0,03 m/m z izotropową krzemionką od rozkładu chlorytu, ma porowatość 10,20%. Ten piaskowiec jest swoją mikrostrukturą bardzo zbliżony do piaskowców dolnego eocenu z szybu Ralli II, fig. 34 (1422, 1—1423, 4 m—porowatość 9,79% i 12,17%).

Procesy wtórne, związane z rozkładem krzemianów w piaskowcach i zjawiskiem wskutek tego opalowej krzemionkowej substancji, mają stosunkowo mały wpływ na zmianę pierwotnej struktury skał. Piaskowce eoceńskie, fig. 36 (ciężkowickie) z kopalni Lipa w Lipinkach w głębokości 284 m i 293,5 m mają według kilkakrotnych określeń, wykonanych przez p. Niewskiego¹⁾, porowatość wynoszącą 23,87% i 24,62%.

IV.

Zakończenie.

1. Analiza mechaniczna i mikroskopowa pozwala rozróżnić w skałach zbadanych (tabele 2 i 3) następujące komponenty:

¹⁾ Te drobnoziarniste piaskowce są złożone z kanciastych ziaren kwarcu ze spoiwem opalowym w niewielkiej ilości około ziaren chlorytu, znacznie spirytyzowanego. Obfite ciężkie minerały (cyrkon) można rozróżnić z łatwością przy większych powiększeniach w płycie cienkiej; w piaskowcach eoceńskich okolic Borysławia niema takiej ilości ciężkich minerałów.

Pierwotne.

I. Allochtoniczne (okruchowe) — kwarc, krzemiany pośród minerałów ciężkich (z wyjątkiem chlorytu).

II. Autigeniczne — oolity wapienne, ił wapienny, ił (gliniasty) od przeróbki materiału dna zbiornika, czarny i brunatny ił organiczny, szczątki organizmów wapienne i krzemionkowe, chloryt, anhydryt, baryt, celestyn.

Wtórne.

I. Diagenetyczne, podczas krzepnięcia osadu — kalcyt, syderyt, chloryt, krzemionka izotropowa, piryt.

II. Epigenetyczne, w skałach już zestalonych — krzemionka izotropowa, kalcyt, piryt, tlenki żelaza.

W niektórych wypadkach można było zauważyć, że kalcyt epigenetyczny jest więcej rozwinięty w stropowych partjach poszczególnych warstw: Drasch 7, Rena 8, Magdalena 15.

Najwięcej wyraźnym procesem epigenetycznym jest okrzemienie kalcytu i rozkład krzemianów (chlorytu).

2. a) Piaskowiec borysławski, jako najlepszy zbiornik ropny (Jerzy 9, Horodyszczce II, Standard II, Joffre II, Fanto 58, Mrażnica I, Mrażnica II), charakteryzują (fig. 1, 2, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 14):

1) brak spoiwa chemicznego;

2) struktura nierównomierna, wskutek rozwoju drobnych kanciastych ziarn pomiędzy większymi okrągławymi; przy wierceniu lekko kruszy się wskutek takiej struktury;

3) pośród minerałów autigenicznych rzadkie siarczany;

4) pośród minerałów wtórnych — piryt w ilości zmiennej, tem większej, im pokład jest bogatszy w ropę. Porowatość od 10,50% do 15,32%. Typ o lepszczu okruchowym (druzgotowem).

b) Innym typem piaskowca borysławskiego (fig. 16, 17, 18, 19, 20) jest skała o większej zawartości wapiennych szczątków organizmów (Brugger I, Eglon II, Camus 4, Galatti 3, Horodyszczce VIII, Mela, Magdalena 15, Niagara 2), często w stanie pełnego rozkładu. Prawdopodobnie takie piaskowce należą do partji uboższych około partji nasyconych, jak w szybach: Brugger 1, Niagara 2. Typ o lepszczu wapiennym i okruchowym, częściowo wyłącznie wapiennym.

Sama zawartość wapiennych szczątków organicznych nawet w większej ilości, o ile one nie uległy rozkładowi podczas krzepnięcia osadu, jak w szybach: Camus 4, Joffre II, Mrażnica II —

nie ma znaczenia dla nasycenia piaskowców ropą; więc strata w HCl, nawet bardzo wysoka nie daje rzeczywistego obrazu o charakterze spoiwa, od którego zależą porowatość i nasycenie. Porowatość od 6,65%, do 12,43%.

c) Trzecim typem piaskowców borysławskich (fig. 7, 21, 23, 24 — Drasch 7, Rena 8, Ratoczyn 1) są skały, w których kalcyfikacja objęła skałę równomiernie, chociaż ilość wapiennego cementu może być i niewielką; kalcyt często w dwóch generacjach. Piaskowiec często suchy. Porowatość od 6,34%—8,53%. Typ o lepszczu wapiennym.

d) Czwartym typem są skały (fig. 15 — Fanto 58, fig. 12 — Eglon II, fig. 22 — Drasch VII), w których lepszczem jest izotropowa krzemionka, powstała przeważnie kosztem rozkładu chlorytów. Typ o lepszczu opalowym. Porowatość 5,29% i 15,80%.

Ten czy inny typ piaskowca borysławskiego jest wynikiem przeważnie warunków sedymentacji i diagenezy (typ 1, 2) i w mniejszym stopniu wtórnych epigenetycznych przyczyn (typ 3 i 4).

Na 41 zbadanych próbek piaskowca borysławskiego względna częstość lepszcza różnego typu wypadła: okruchowe $\frac{12}{41} = 29,27\%$, wa-

pienne $\frac{20}{41} = 48,78\%$, wapienne i okruchowe $\frac{4}{41} = 9,75\%$, opalowe

$\frac{5}{41} = 12,20\%$. Na 12 próbek piaskowców nieropnych wypadła: z le-

pszczem wapiennym $\frac{9}{12} = 75\%$, z lepszczem opalowym $\frac{2}{12} =$

$= 16,6\%$, z lepszczem okruchowym $\frac{1}{12} = 8,3\%$. Na 29 próbek

piaskowców ropnych wypadła: z lepszczem wapiennym $\frac{11}{29} = 38\%$,

okruchowym $\frac{11}{29} = 38\%$, wapiennym i okruchowym $\frac{4}{21} = 13,78\%$,

opalowym $\frac{3}{29} = 10,34\%$.

3. Forma i wielkość ziaren piaskowców jest wyrazem warunków transportu materiału; większe ziarna mogą być otoczone i przyjmują formy okrągławe wskutek przeniesienia ich nawet na nieznaczną odległość; drobne ziarna, przenoszone w stanie zawiesiny, pozostają kanciastymi nawet na większej odległości.

Piaskowce borysławskie są przeważnie drobnoziarniste, co świadczy, jeżeli nie o transporcie na większą odległość, to o kil-

kakrotnem przepłukaniu materiału; z 35 zbadanych próbek 20 mają ziarna kanciaste (57,2%) i 15 mają ziarna okrągławe zmieszane z bardziej drobnymi kanciastymi okruchami (42,8%).

Piaskowce podrogowcowe, produkt następnej fazy sedymentacji, mają ziarna przeważnie kanciaste (fig. 13, 25, 26, 27, 28, tab. VII i VIII), a piaskowce z warstw popielskich, więc fazy poprzedzającej osad piaskowców borysławskich, mają ziarna przeważnie okrągławe, lub tylko zmieszane z ziarnami kanciastymi (fig. 34). Piaskowce dolnego eocenu i niektóre jamneńskie mają ziarna bardziej drobne i bardziej równomiernej wielkości (fig. 31, 32, 33, 35), aniżeli piaskowce borysławskie.

4. Z tabeli 2 można dostrzedz, że ilość minerałów ciężkich niemagnetycznych, wahająca się w poszczególnych próbkach w szerokich granicach, ulega pewnym prawom w przekroju pionowym: przeciętna ilość dla piaskowców dolnego eocenu (4 próbki) — 0,66%, dla warstw popielskich (5 próbek) — 0,74%, dla piaskowców borysławskich (36 próbek) — 0,28%, dla piaskowców serji podrogowcowej (6 próbek) — 0,71%.

Wszystkie zbadane skały charakteryzują się małą ilością krzemianów w porównaniu z ilością pirytu i produktów rozkładu w formie tlenków żelaza (minerały czarne izotropowe). Pośród krzemianów występuje ubóstwo ich gatunków, co może świadczyć o wspólnym pochodzeniu osadów zbadanego przekroju. Niski procent zawartości ciężkich minerałów w piaskowcach borysławskich, który nie może być wytłumaczony tylko przypadkiem, świadczy o wyjątkowo czystym składzie tych piaskowców przeważnie z ziaren kwarcu.

Różnice petrograficzne pomiędzy poszczególnymi poziomami zdają się polegać na częstych zmianach stanu zachowania materiału okruchowego i na większej lub mniejszej domieszce do niego osadu chemicznego.

5. Obfitość pirytu w skałach nie może być cechą dodatnią dla roponośności każdego piaskowca; piryt może być wynikiem epigenetycznych procesów, związanych z deformacją utworów znaczenia ujemnego dla nasycenia ropą (Rena 8, Ratoczyn 1, Galatti 3). Piryt epigenetyczny (pirytyzacja chlorytu, żyłki pirytu) można rozróżnić w próbkach makroskopowych i mikroskopowych prędzej, niżeli drogą analizy ciężkich minerałów.

6. Obfitość pirytu w żyłkach i zbliżniaczenie kryształów kalcytu mogą służyć za wskazówkę strefy deformacji, a ocena

znaczenia takich stref dla ropności może być ujęta tylko w związku z ustaleniem kierunku uskoków.

7. Litologiczne cechy ropnych piaskowców borysławskich i ich geologiczny zasięg stwierdzają, że te utwory są facjalnymi zmianami podczas sedymentacji chociaż krótkotrwałej, tem nie mniej bardzo zmiennej (stosunek piaskowców do warstw popieliskich i serji podrogowcowej).

8. Zjawiska przekształcenia w piaskowcach borysławskich zależą przeważnie od ich pierwotnego charakteru (sedymentacji); współzależności takich przekształceń od kompleksów wyżej i niżej leżących nie można udowodnić.

9. W granicach danego zbiornika (więc zasięgu serji piaskowca borysławskiego razem ze serjami bezpośrednio stropowemi) jest więcej możebnem przewidywanie zmian tektonicznej natury, aniżeli sedymentacyjnej. Zmiany wynikające z tych pierwszych przyczyn można przewidywać na większą odległość, aniżeli zmiany sedymentacyjne.

10. Zestawieniem przekrojów szybowych dla szybów sąsiednich przy jednoczesnem opracowaniu próbek, przeważnie pod mikroskopem i na porowatość, można byłoby uzasadnić przewidywanie kierunku rozciągłości soczewkowatych ławic ropnych piaskowców.

Warunki naturalne złoża ropnego mają wielkie znaczenie dla jego eksploatacji, lecz w miarę tej eksploatacji niektóre z nich ulegają również zmianie. Ciśnienie istniejące w ropnym pokładzie (zbiorniku) zależy od głębokości zalegania pokładu i jego miąższości. W miarę eksploatacji ciśnienie spada, i to co w praktyce nazywają ciśnieniem wgłębnem (reservoir pressure, rock pressure, closed pressure), jest ciśnieniem w danej chwili w pokładzie znajdującym się w eksploatacji. Środkiem do kontrolowania i regulowania stopnia produkcji ropy i gazu jest odpowiednie utrzymanie przeciwcisnienia temu ciśnieniu wgłębnemu; to ostatnie dąży do wypróżnienia zawartości ropnej zbiornika w rury wiertnicze szybu. Opór przeciwdziałający temu ciśnieniu wgłębnemu, istnieje tak w samym pokładzie od tarcia przy ruchu ropy i gazu, jak i w rurach. Dodatkowy opór może być stworzony sztucznie przez zmniejszenie, np. przekroju otworu, przez który wylewa się ropa w szybach samoczynnych, przez zwiększenie ciśnienia w rurach i w gazowym separatorze w szybach tłokowanych, a w szybach pompowanych przez

podtrzymywanie więcej wysokiego poziomu płynu. Suma takiego dławienia stanowi tak zwane przeciwciśnienie (back pressure). Sposób eksploatacji tłokowaniem daje najmniej możliwości regulowania przeciwciśnienia; często stwarza się przy tem vacuum, co wyraża się zwiększeniem wydajności szybu w pierwszym czasie jego życia i następnem prędkim wyczerpaniem wskutek chronicznego zmniejszenia wgłębnego ciśnienia.

Gaz nie krępowany przez przeciwciśnienie w swoim dążeniu do szybu, jako miejscu o najniższym ciśnieniu, wypycha zarazem i ropę, lecz w prędkim czasie gaz wytwarza sobie otwarte drogi do szybu i można otrzymywać nadmierną ilość gazu bez odpowiedniego zwiększenia ilości ropy.

Litologiczny charakter ropnych piaskowców b o r y s ł a w s k i c h (mała stosunkowo porowatość i znaczne tarcie wewnętrzne) i znaczna głębokość jego zalegania pozwalają na podtrzymywanie wgłębnego ciśnienia w przeciągu dłuższego czasu. W każdym momencie życia szybu stosunek pomiędzy ciśnieniem wgłębnym a przeciwciśnieniem musi być utrzymany w pewnych granicach, co pozwala ostatecznie otrzymać największą sumaryczną wydajność przy najmniejszym „gas-oil ratio“; tym terminem oznaczają ilość gazu, wyprodukowanego z szybu na każdą baryłkę ropy. Odpowiednie przeciwciśnienie może być ustalone jedynie empirycznie badaniem każdego szybu i grupy szybów na całym polu. Tylko przez uzgodnienie postępowania pomiędzy właścicielami kopalń na jednym i tem samym polu można dojść do ustalenia najwięcej dogodnego przeciwciśnienia, aby otrzymać największą sumaryczną produkcję i najwięcej trafne rozmieszczenie szybów.

Naogół u nas nie stosują żadnych środków do utrzymania przeciwciśnienia i jeżeli skutki tego nie są tak rażące, jak na niektórych polach w S t a n a c h Z j e d n., to wyłącznie wskutek naturalnych warunków naszego złoża b o r y s ł a w s k i e g o.

Następująca tabela pokazuje wysokość *gas-oil ratio* dla niektórych naszych szybów w końcu czerwca r. b. i podczas początkowej produkcji; produkcja ropy wyrażona jest nie w baryłkach, a w kg., czyli ilość gazu jest wyliczona w m³ na 1 kg. ropy. Nie idzie tu bowiem o otrzymanie liczb dla porównania ze S t a n. Z j e d n., lecz dla porównania ich pomiędzy sobą.

Gas-oil ratio (m³ gazu na 1 kg. ropy).

	Początkowo	Dziś
Brugger 1	0,17	—
Camus 4	0,13	0,07
Jerzy 9	0,07	0,04
Konrad 4	—	0,1
Horodyszczce II	1,7 ; 2,9	0,72
„ VIII	0,36	0,24
Joffre I	7	—
„ II	—	0,52
Standard II	0,1	0,28
Fanto 58	—	0,27
Mrażnica I	0,27	—
„ II	1,5	0,8
„ XII	—	0,37
Ulmann	—	0,5
Ludwik	—	1,3
Józef I	—	0,24
Zofja I	—	0,02
Stateland X	—	0,64

Tabela ta wykazuje, że naogół wielkiego zmarnowania gazu niema na naszych szybach, co zawdzięczamy jedynie naturalnym warunkom złoża.

Te same zaś warunki (głębokość, mała porowatość, znaczne tarcie wewnętrzne) są niepomyślnie dla zastosowania u nas takiego środka do powiększenia produkcji, jak wtłaczanie suchego lub wilgotnego gazu do ropnego pokładu ((dry & wet gas drive).

Dla zastosowania w ropnych pokładach Borysławia celem zwiększenia produkcji sposobu wtłaczania wody (water-flooding), są litologiczne cechy piaskowca borysławskiego mniej odpowiednie, aniżeli w Pensylwanji, gdzie z powodzeniem stosuje się tę metodę na polach Bradford w piaskowcach o porowatości 15,7—18,6%.

Bardziej pomyślnie może przedstawiać się możliwość zastosowania tych metod zwiększenia produkcji na polach Zachodniej Małopolski, np. w okolicach Lipinek.

Zupełnie bez odpowiedzi pozostaje dla pól borysławskich pytanie, jaką część zapasu podziemnego otrzymuje się za pomocą

szybów wiertniczych. Zaparafinowanie otworów często przerywa eksploatację długo przed wyczerpaniem pola, a z drugiej strony przykład szybów Brugger 1 i Ralli 2 świadczy o tem, że ograniczone pole może dać produkcję niewspółmierną ze stopniem porowatości i miąższości pokładów. Nie było dotychczas systematycznych badań nad ilością bitumicznego materiału w próbkach z szybów na wyczerpaniu. Jedyne określenie 2,3% węglowodorów w piaskowcu z szybu Niagara 2 podał prof. Kreutz (l. c. str. 47). Często wysuwają z różnych stron śmiałe projekty możliwości podziemnej górniczej odbudowy na północnej części pola Borysława, gdzie ropny poziom piaskowca borysławskiego leży w najmniejszej głębokości, bo mniejszej od 1000 m. Pomijając trudności techniczne takiego projektu, należy zastanowić się nad pytaniami, czy rzeczywiście wyczerpanie piaskowców borysławskich jest tak bardzo niedostateczne i w jakim stopniu te piaskowce są zdolne do wydania możebnego pozostałego w nich zapasu. Dla odpowiedzi na te pytania niema innego sposobu, jak zbieranie za pomocą nowych szybów wiertniczych próbek rdzeniowych piaskowców borysławskich i poddawanie ich odpowiednim badaniom.

Z piaskowców borysławskich jedynie typ pierwszy przedstawia skałę kruchą i to w tym większym stopniu, im więcej z niego wyciśnięto ropy; ten typ jest głównym zbiornikiem partji nasyconych ropą i prawdopodobnie ulega najwięcej pełnemu wyczerpaniu, a fizyczne jego własności są najbardziej odpowiednie dla zastosowania drenażu. Typ drugi, a zwłaszcza trzeci i czwarty nie mogą nadawać się do drenażu, a właśnie w piaskowcach tych typów można oczekiwać największej ilości pozostałej ropy. Piaskowce różnych typów mogą przechodzić jedne w drugie, tak w kierunku poziomym, jak i w kierunku pionowym; ta nieprawidłowość w następstwie partji piaskowców o różnych fizycznych własnościach jest prawdopodobnie jedną z głównych przyczyn bardzo niejednakowych wyników, częściej ujemnych, torpedowania szybów na polach Borysława¹⁾. Litologiczne cechy piaskowców eoceńskich, np. na polach Lipinek w Zach. Małopolsce, są więcej pomyślne tak dla torpedowania, jak i dla drenażu ich za pomocą robót górniczych.

Od niejednakowych fizycznych właściwości borysławskich piaskowców zależy również i niejednakowy stosunek różnych szybów

¹⁾ Rutkowski: Torpedowanie otworów wiertniczych. Przemysł Naftowy, 1927., str. 21.

do tłokowania ich; są szyby, w których koniecznym jest tłokowanie przez dłuższy czas, aby otrzymać produkcję; po krótkiej czasem przerwie w eksploatacji można otrzymać produkcję z powrotem tylko po dłuższem tłokowaniu. Do takich szybów należą, na przykład szyby: Jerzy IX, Sadler XII, po części Camus IV; w tym ostatnim szybie piaskowiec ropny ma spoiwo wapienne, a także ujemne własności mogą mieć i piaskowce o bardzo drobnem i ściśniętem okruczowem lepiszczu, jak w szybie Jerzy IX.

Wzajemny wpływ pomiędzy sąsiednimi szybami w eksploatacji na polach Mrażnicy, Borysławia i Tustanowic nie zawsze daje się odczuwać¹⁾; soczewkowate uławicenie piaskowców borysławskich i ich litologiczne zmiany na niewielkiej odległości określają miejscami ropne partje, zupełnie niezależne od siebie, nie zważając na bliską odległość szybów, np. szyby Joffre II i Standard II, a w innych wypadkach, jak np. Brugger I i Ralli II, sfera wpływu szybów może być znacznie większa, aniżeli odległość tych szybów od szybów sąsiednich. Dobrze ułożone przekroje szybowe i jednoczesne litologiczne badania próbek pozwalają orjentować się w takich wypadkach, co może mieć duże praktyczne znaczenie.

Rozmieszczenie więcej wydajnych ropnych pól na przestrzeni Tustanowic, jak to wynika z opracowania inż. Pfaffa, doprowadziło tego autora do wniosku, że takie pola są okrażone partjami stosunkowo biednymi w ropę, jak wyspy pośród delty rzeki²⁾. Pfaff stwierdza jednocześnie, że niema bezpośredniego stosunku pomiędzy granicami takich wysp, a temi uskokami i szczelinami, któremi całe pole Tustanowic było przypuszczalnie rozbite na poszczególne bloki podczas następnej orogenicznej fazy; przyjmuje on, że na przestrzeni Tustanowic musiały powstać powtórnie nowe szczeliny, któremi ropa była dostarczona do poszczególnych wysp z dołu z niewiadomej głębokości. Na podstawie tych założeń Pfaff radzi, aby przed wyborem miejsca na nowe wiercenie na znanem już polu były zestawione przekroje wszystkich szybów w promieniu 500 m i na profilu każdego z tych szybów były zaznaczone produkcje otrzymane w odstępach, co każde 10 m; uwzględniając te różne produkcje i czas ich trwania,

²⁾ Pfaff, Die Lagerstätten im Erdölbecken von Borysław. Str. 14. Nie możemy jednak zgodzić się z tłumaczeniem takich stosunków według autora, o czem mowa będzie dalej.

³⁾ Pfaff, l. c., str. 8.

mniema on można byłoby zbudować prawdopodobny system szczelin i wybrać miejsce najwięcej pomyślnie dla nowego otworu.

Sposób Pfaffa opiera się z jednej strony na faktycznym, statystycznym materiale, a z drugiej na dowolnych przypuszczeniach o źródle ropy z niewiadomej głębokości i jej migracji nieznanymi nam szczelinami.

Ten sposób nie daje żadnej realnej podstawy dla praktyki naftowej; realnym wynikiem statystycznego opracowania materiałów z Tustanowic było tylko stwierdzenie wysp wydajności, czyli nierównomierne rozmieszczenie partji więcej wydajnych w pewnych granicach, np. piaskowca borysławskiego. Takie zlokalizowanie wydajnych piasków w granicach stratygraficznie stałego ropnego poziomu prowadzi z konieczności do posuwania się po omacku w poszukiwaniu wydajnych partji.

Mapy warstwiczne spągu rogowców dolnych, jako poziomu przewodniego (key horizon, index bed), i zestawianie dokładnych przekrojów litologicznych w granicach dolnych rogowców i serji podrogowcowej są materiałem do przewidywania jedynie komplikacji powierzchni poziomu rogowcowego, a więc i leżącego niżej poziomu ropnego. Nie tylko na polach Borysławia, lecz i na wielu innych jak w Stan. Zjednocz. i Rosji, faktyczny materiał zmusza do stwierdzenia, że nieprawidłowe soczewkowate uławicenie ropnych piasków, ich przewarstwowanie w kierunku bocznym (wyklinowanie) około stropu lub spągu z ławicami utworów, które normalnie gdzieindziej leżą pod lub nad ropnymi piaskami, oraz zmiany litologiczne samych piasków — są wynikiem warunków sedymentacji brzeżnych morskich utworów. Pfaff trafnie ujął nieprawidłowe rozmieszczenie wydajnych piasków w Tustanowicach, jako wysp pośród delty. Zbiornik ropny Borysław—Tustanowice—Mrażnica, jako epizod sedymentacyjny po czasokresie osadzenia warstw popielskich ma wiele cech utworów deltowych; odtworzyć pierwotne granice tego płaskiego stożka deltowego, zwężonego ku południowi i rozszerzonego ku północy, znaleźć prawa uławicenia w nim najwięcej czystych piasków i prawa, uzależniające akumulację ropy od pierwotnych warunków sedymentacji zbiornika i następnych warunków tektonicznej budowy — są to problemy bardzo trudne. Materiał, który mógł być w swoim czasie zebrany podczas eksploatacji starych pól Borysławia i Tustanowic, dziś dla nas nie istnieje; pozostaje jedynie w przyszłości konieczność niezaniechania zbioru takich materiałów.

Ujęcie zagadnienia rozmieszczenia pól wydajnych pośród płonnych tak jak to podaje inż. P f a f f, przemawia swoją prostotą do przekonania jedynie osób, którzy i dziś jeszcze starają się wytłumaczyć takie zjawisko, jakim jest złożo ropy, w zależności od głębokości nieznanych. W rzeczywistości przekroje wszystkich karpaccich ropnych serji fliszu od kredy do oligocenu są nam znane; prawa segregacji i akumulacji ropy zależą: od warunków nagromadzenia osadów każdej z tych serji, krzepnięcia tych osadów, następnym i częściowo jednoczesnym z tym krzepnięciem deformacji i przeistoczenia tych osadów w ich stan dzisiejszy, wpływów krążenia wody różnego pochodzenia. Każdy z tych czynników może mieć wpływ dodatni lub ujemny na ukształtowanie się złoża przemysłowej wartości; przewidywanie wyników wierceń jest trudnym, lecz ostatecznie nie beznadziejnym. Potrzeba więc dlatego jak najwięcej materiału porównawczego, odpowiednio opracowanego tak geologicznie, jak petrograficznie i statystycznie, i jak najmniej jednostronnych i nieuzasadnionych przypuszczeń.

Z Zakładu Geologii Stosowanej Akademii Górniczej w Krakowie.

A CONTRIBUTION TO THE STUDY OF THE BORYSŁAW SANDSTONE.

Crude oil is that one of the component parts of an oil deposit that might have originated simultaneously with the one or the other bed, or that might have been pressed out of the mother series through the action of various factors at the time when the sediment compacted and solidified, or — finally — that might have been infused into the already solid rock at some later time.

For the petroleum praxis it cannot be an indifferent matter how the problem of the history of the reservoir rocks has been solved, as well as that of the rocks over- and underlying such deposits, and the material to the history of the formation and the transformation of each series of rocks we find in the petrographic, chemical and facial peculiarities of those rocks. Now, some peculiarities of an oil deposit will depend on the structure (tectonics) of the field and a thorough knowledge of the local structure and stratigraphy will frequently permit to forecast quite correctly, while other peculiarities of the oil deposit might be the result of many

factors cooperating, and the productivity of the field, that is the higher or lesser degree of its commercial productiveness, becomes but one of the episodes of its geological history. However, we have not yet sufficient material at our disposal that we might be able to specify in each particular case in consequence of what factors such episodes would of necessity succeed each other.

In connection with the exploitation of oil fields there are not always all of the available methods of systematic investigation fully taken advantage of. Among such methods of practical importance belong: the statistical method (as applied to production) and the petrographic method (as applied to the series of petroliferous formations). Each of such series is the result of a sequence of phenomena as regards time, and of the mutual influence of those phenomena in space (correlation of phenomena). In certain physical, chemical and biological conditions must certain phenomena result constantly, while in consequence of some of those primary conditions having undergone any changes, that or the other resulting phenomenon will become but barely possible, and — finally — with basal conditions being entirely different, the phenomenon will not any more take place at all.

To define conditions at the recurrence of which there would always follow of necessity a compound phenomenon like an oil deposit, would constitute the problem of calculating averages of the most probable results out of the largest number of particular phenomena, it would, therefore, constitute a work in part statistical in relation to geological phenomena.

Microscopic investigation of sedimentary rocks and of heavy minerals permits to distinguish primordial (detrital) minerals from authigenic minerals („neof ormation“ of French authors), originated in the formation itself during its sedimentation in consequence of chemical and biological (syngenetic) processes, or in consequence of the process of diagenesis during the solidification of the sediments, or — finally — through the introduction of the material from the outside (epigenesis). Thus mineralogical investigation permits a deeper insight into the geologic history of the rock itself.

However, petroleum praxis needs not only definitions of geological facts accounting for such or other phenomena in the crude oil deposit, but it requires also that some other phenomena could be foretold. Geological knowledge has made a tremendous progress in the direction to define that series of formations to which in

any particular petroliferous province the oil deposits would be subordinated. No mistakes as to the leading series are now possible any more, and any uncertainty may still prevail solely regarding a more or less satisfactory result of the well about to be drilled. However, a good many geological conditions on which depend: the productivity of the deposit, the permanency of productivity or its unexpectedly early exhaustion, the differentiation of productivity in various parts of the deposit either in the direction of the strike or of the dip, the concentration of pay streaks in that or other portion of the series, vertical section etc., — all that remains known to us in a very insufficient degree. The main cause of this is the absence of any systematic investigation of the oil-bearing series itself in each particular field. For even though physical attributes of the given formations constitute, it is true, one of the chief conditions governing the existence of the oil reservoir as such, they nevertheless do not solve fully the problem of interrelations between sedimentation within the limits of the oil reservoir and the oil-bearing capacity of the latter.

Having followed up for a long time the results of drilling operations on the fields of Borysław, Tustanowice and Mrażnica, as well as the literature on the petrography of sedimentary rocks, it occurred to me that possibly by combining investigation of physical attributes of oil deposits with such of conditions in which their sedimentation took place, it might be possible to obtain dependable material that would cover even so practical a problem as the answer to the question whether we might — on the basis of well samples from a number of adjoining wells — foretell any lithological changes in a well approaching completion and, at the same time, also the productivity of the deposit?

The main oil sand of the Borysław pool, the so-called Borysław sandstone, is composed of series of individual sandstone beds of varying thickness, and is interlaminated close to the top by thin laminae of black slates, and close to the bottom, but not in all places, by slates of greenish-gray color. With those alternations at its top and bottom respectively, the sandstone series passes successively in its vertical section: upward — into the overlying complex of Menilite slates, and downward — into the underlying series of Popiele slates¹⁾. A more distinct limit in the

¹⁾ Tołwiński, Hempel and others.

upper portion of the Borysław sandstone series constitutes the series of „Lower Cherts“ having strata of black slates and sandstone subordinated to it, and frequently also the bottom limit is distinctly marked by the first strata of sandy slates being dark-gray or grayish-green in color.

Numerous wells drilled on the San Sabba, Horodyszczce and Mrażnica leases have demonstrated that at the top of the Borysław sandstone, but below the lower chert series, there occurs almost always a series of sandstones, frequently quartzitic, and of brown slates, with sandstones predominating in the upper portion of this series, and the brown slates in the lower. In some cases (Standard II, Mrażnica IV and Mrażnica VI) the lower chert series manifests itself solely by several thin interlamina-tions of chert among sandstones predominatingly quartzitic, and of black oil shale with interlamina-tions of slates, known under the name of „Jasperite slates“. The annexed table No. I presents log sections of a number of wells in which the respective thick-nesses of the following series of formations have been ascertained rather accurately: — 1) the lower chert series, — 2) the series un-derlying the cherts (quartzitic sandstones and brown slates) and — 3) the series of the Borysław sandstone. Variations in thickness in all three of those series are quite considerable: — for the first: from 7 to 40 m, — for the second: from 4—10 to 25, and even 36 m, — and for the third: from 11—14 to 36 m and more. In those cases where also the Borysław sandstone series has been entirely traversed, the summary thickness of those three series runs between 36 and 88 m, while in cases where there is no second series (as in Halina and Joffre I), the summary thickness of the series 1) and 3) amounts to barely 36 to 50 m. Likewise, when the normal chert series happens to be absent, the summary thickness of the series 2) and 3) attains only 36 to 50 m (Li-wia II, Standard II, Zofja I, Kinga II). In the well Nahu-jowice (Standard-Noebel) the more or less normal series of lower cherts was followed by the series of sandstones and brown slates, overlying directly the green Popiele slates and thus taking here the place of the series both 2) and 3). There was no Borysław sandstone series in its typical development, and the strong flow of brine was tapped 1004—1005 m in sand-stone interbedded in Menilites and later at 1101 m in the sand-

stone of the sub-chert series. A like evanescence of the Borysław sandstone was met in the wells Mraźnica III and VI.

The complexa of Menilite slates (lower Oligocene) and of the Popiele beds (upper Eocene) display both an eminently slaty character, but in the Popiele beds the slates are rather sandy. The character of the three series enumerated is preeminently sandstonelike solely at the bottom, and it gradually passes throughout the series 2) and 1) into a slaty one. Generally, all three of those series are oil-bearing, but only the Borysław sandstone horizon admits of commercial exploitation. In the Popiele slates series there are generally also sandstone strata oil-bearing in part at least, especially at depths of 70 to 80 m beneath the bottom of the Borysław sandstone, and in the Menilite slates complex, that is in their upper portion among the upper cherts, there are also strata of sandstone that are frequently oil or gas-bearing. To modifications of the upper Eocene in the Popiele facies in the Borysław-Skole area, attention has been directed long time since (Kropaczek, Tołwiński), and that facies may be regarded as the first indication of the coming local conditions of sedimentation that have led to the formation of the Borysław sandstone.

Distinct top and bottom limits of the complex composing the three series enumerated (1—2—3), variations of their total thickness that are less than the variations in thickness of the respective members, — permit us to define those three series as a lithogenetic unit, with which is plainly connected the oil-bearing character of the basin. That unit is the expression of a reduction of the depth of the depositional basin after the time when the Popiele complex had subsided, but before the new cumulation at the time when sedimentation of the Menilite slates took place. A comparison of the thicknesses of those two complexa (Menilites = 130 to 230 m. Popiele beds = about 100 to 150 m) with the thickness of the oil-bearing unit (36 to 88 m) — and especially if we take into consideration the quicker rate of accumulation of arenaceous sediments like the Borysław sandstone, as compared with that at which argillaceous sediments accumulate — vindicates the deduction that the sedimentation period of the entire oil-bearing unit constituted but a short episode in the geological life of the basin. That period stood in connection with a temporary slackening of the rate at which the bottom (geosyncline) subsided, and

also with the frequent variations of the shore lines, and of the directions of transporting currents and streams.

Of any absolutely synchronous analogies to the sandstone series of Borysław we do not know so far; the Kliwa sandstones in the lower portion of the Menilite slates may — for instance those in the vicinity of Bitków — be a kindred and homotaxial, but not a synchronous phenomenon, which factor might prove to be of consequence when explanation of the oil-bearing qualities of the Borysław chertsandstone series is attempted. The local reduction in the thickness of the chert-sandstone complex (wells: Liwia, Halina and others), as well as the evanescence of a pronounced distinctness on the part of the sandstone series (well Nahujowice and probably also Mrażnica III and VI, and Robert-Fanto) prove that the sedimentation episode of the oil-bearing unit was limited in area.

A reply to the questions: whether it could be foretold in which direction from the productive fields of to-day the real limits of the oil-bearing area might be looked for, — whether that episode was not also associated with some permanent change in the sedimentary material and, therefore, with what facial conditions, — whether this chert-sandstone series had not undergone any specific transformations brought about by its component material or by its interdependence from complexa lying directly below or above it? — that reply may come forth solely from systematic study of the petrography of the series of interest to us, and this essay must be looked upon solely as the first attempt at such studies, as must be undertaken by all of our petroleum geologists, and material for which must in the first line be assembled by them methodically.

In this work I utilized solely a portion of the material so scrupulously compiled by Mr. J. Zieliński, M. E. (well logs, cuttings etc.) and elaborated upon by Dr. St. Jaskólski.

Our task lay solely in singling out, in so far that was practicable, the most easily distinguishable features of oil- and gas-bearing rocks, and also such features that commonly cannot be observed by merely macroscopic investigation or through a binocular lens. A plain and simple definition of oil-bearing formations must receive a practical application that will be the more extensive, the more abundant material for comparisons we shall have

not only from the formations of the oil-bearing series, but also from the entire well log.

Practical application of scientific methods requires that they be simplified to an extent that would render possible their employment by our geologists in actual field work, and to that purpose out of any of those methods can be singled out component parts that can be eliminated without that the degree of accuracy peculiar to any method as such would be lessened.

Criticism of the method adopted by Melcher for determining porosity has led to the introduction in the United States of Russel's method¹⁾ which simplified considerably measurements of the volume of samples both in piece, as well as in powder form. A tedious job still remained the maceration of samples of oil-bearing sandstones in the Soxhlet apparatus, however, controlling experiments demonstrated that maceration of samples could be replaced by their being roasted, and that this expedient was applicable not only to sandstones that are exclusively quartzitic.

Likewise the mechanical part of the analysis was modified so as to distinguish not eight sizes of particles as is done by the Americans, but solely six sizes, however, in order to determine the percentage of carbonates, every sample was tested for loss on hydrochloric acid. Examination of samples in thin sections that would not include the hydrochloric acid test, and without that porosity of the rock were determined, will not give a clear insight into the character of the cement in the sandstone.

In separating heavy minerals, special stress has been laid upon determining the total percentage of the chief minerals, especially of the pyrite (and black opaque), the silicates and sulphates.

Of definite results we obtained possibly not so very many, and in part they were already known before then, for instance as regards certain types of the Borysław sandstone, — while other problems that came up in the course of our work — such as the predominating effect of sedimentation upon the characteristic features of the Borysław sandstone as against secondary factors, or the passiveness on the part of formations overrespectively underlying the Borysław sandstone toward any transformation of that series, et. — constitute rather material for further studies.

¹⁾ Russel, — „A quick Method“, Bull. Am. Ass. Petr. Geol. 10, 1926.

III.

Within the sedimentary unit comprising: the lower cherts, the sub-chert series and the Borysław sandstone, there exists a permanent and close relation between the oil-bearing horizons on the one, and the oil shales, the cherts and the strata of calcareous slates respectively, on the other hand.

Microscopic investigation of samples of the latter formation (taken from the wells Mraźnica IV and XII) demonstrated them to be oölitic formations in a limy argillaceous mass. On samples from the wells Drasch VII and Rena VIII, the oölitic structure could be observed even through a lens. In proportion as they contain less of chemical material and as the content of detrital material in them is larger, such calcareous slates pass into sandstones having a cement of chemical and organic origin. Identical strata known in well logs by the name of „Jasperite slates“ resp. „Jasperite limestones“ reappear, without showing however oölitic structure at all times, in the sub-chert series (Ludwik, Drasch VII, Mraźnica I) and also among the upper cherts of the Menilite series (Mraźnica IV and XII, Fig. 29). The large proportion of organic remains— foraminifera, bryozoa, lamellibranchiata — is quite normal for those calcareous formations, as well as for normal sandstones, and frequently also for the Borysław sandstone series (21 cases out of 41). Remains of siliceous organisms were determined in the Borysław sandstone from the well Fanto No. 58, and in slates interbedding the Borysław sandstone in the well Horodyszczce II. The most abundantly oil-bearing sandstones— like those from Fanto No. 58, Józef I, Joffre II, Standard II, Jerzy IX and Horodyszczce II — do not contain any organic remnants at all; they are sandstones with detrital cement only, and without any traces of chemical cementation.

The supposition suggests itself — supported by investigation of rocks in thin sections and by HCl-tests — that a permanent relation exists between the formation of calcareous cement and the quantity of calcareous organic remnants. The calcitic cement originated chiefly from organic remnants, while the chemical sediment in the shape of limy clay submitted to recrystallization to a much lesser degree (Sadler XII (7), Ludwik (77), Ullmann (81) and Galatti III (43) (Eocene).

Three samples from the well Fanto No. 58 — taken from the top portion of the Borysław sandstone and within a distance of 4,1 meters — show in the lowest sample a distinct decline of porosity accompanied — in this layer only — by an increase in the quantity of calcitic cement at the expense of calcareous remnants; the two upper samples come from a sandstone having almost no cement, and only a minimum content of both calcitic and organic remnants. At the well Sadler XII, two samples from the sub-chert series, taken at a distance of 1,3 meters of each other, demonstrated the upper portion to be more calcitized. At the well Joffre II, the same transition from calcitized Borysław sandstone to a sandstone without any cement has taken place within the distance of only one meter (Fig. 7, 8). Those facts demonstrate plainly that cementation with the aid of calcite must needs have taken place while the sediment solidified, and this by reason of a larger quantity of calcareous components in the various layers of the sediment. Such processes of sand cementation in consequence of large quantities of calcareous components may be observed to-day also along the sea shores.

Silicification of the primarily calcitic cement, visible on the sample from the well Ralli II (39), and also the secondary silicification in sandstones (Horodyszczce II (48, 68), Fanto 58 (51, 58), Dumba VI (64), Drasch VII (23), Eglon II (30) — took place at the expense of the glauconite decomposing, which is demonstrated to best advantage on sandstones from the Eocene (Ralli II (39, 65). The first process might have been the result of the action of acid solutions, as has been observed by prof. Kreutz (l. c. pg. 45) in regard to Eocene sandstone; the second process of silicification, however, must have developed under the influence of rather alkaline solutions. Both processes must of necessity have evolved already after diagenesis proper had taken place, and they were caused by slow circulation of water in rocks that were already hardened. In the case of the two generations of calcite (Brugger I (3), Drasch VII (2), Ratoczyn I (81), the later generation is younger than the silicification, as is plainly seen from samples of Horodyszczce II (48), and it may come from a calcitization of feldspars or from a decomposition of chlorite (Joffre II (49), Fanto 58 (57).

The mutual relation between those two processes and the porosity ratio of rocks is quite evident: each cementing process

that leads to an augmentation of the cementing mass reduces at the same time the porosity:

Galatti III (49) — 3.94%	Drasch VII (2) — 6.34%
„ (37) — 4.32%	Rena VIII (41) — 7.53%
„ (14) — 7.21%	Magdalena XV (47) — 6.65%

In some cases, and especially so with Eocene and Jamna sandstones, cementing substance in the shape of small quartz grains exerts an identical influence: Ralli II (38) — 9.79%

„ (40) — 8.87%

„ (65) — 7.39%

The largest porosity show Borysław sandstones having a fine detrital cement: Horodyszcz II (68) — 14.53% and 15.32%

Joffre II (49) — 12.28%

less frequently those with siliceous cement, as Fanto 58 (51) = 15.80%.

Of well samples demonstrating secondary silicification in consequence of the opaque substance having developed in the cement, there are not many (Fanto 58 (51), Eglon II (30), Drasch VII (23)). In two cases (Dumba VI (64) and Nahujowice I (66)) such silicification shows in sandstones of the sub-chert series; in the wells Eglon II, Fanto 58 and Horodyszcz II we find it in the upper portion of the Borysław sandstone, while in the well Drasch VII it was found in the bottom portion of the Borysław sandstone. The preponderatingly calcitic and coarsely grained detrital character of the cement in the sandstone admits the supposition that there was no influence whatever exerted upon the silicification of the Borysław sandstone by the cherty series topping that formation. The character of the cement depends not on secondary processes, but chiefly on the type of sedimentation and the conditions under which the sediment solidified.

The influence of sedimentation upon oil-bearing qualities of strata may be traced in the three following lithological sections:

Horodyszcz II.: —

1) After the sedimentation of fine detrital material that has become cemented through toothed grains of quartz getting compressed, there followed: —

2) the phase of sedimentation of still finer detrital material (.01 to .05 mm. in diam.) together with argillaceous material and

partly organic siliceous clay, and alternated rhythmically by exceedingly thin laminae of bituminous material. That phase was in turn followed by still another, that is:

3) the sedimentation of material exclusively detrital.

Oil-bearing is the sediment of the first phase (porosity = 8.48%), while under the third phase (porosity = 14.53% to 15.32%) ranges sandstone preeminently gas-bearing.

Joffre II:

1) Sedimentation of detrital material carrying fine detritus that plastered tightly over any larger grains of quartz,

2) the phase when coarser detrital material subsided, carrying fine grains of quartz and numerous calcareous organic remains.

Oil-bearing is the sediment derived from the first phase (porosity = 10.89%), while that derived from the second (porosity = 9.33%) is so to a lesser degree.

Fanto No. 58:

1) First phase: sedimentation of coarse detrital material mixed, but not evenly, with calcareous organic remains (porosity = 10.36%),

2) Second phase; sedimentation of finer detrital material carrying siliceous organic clay, which latter furnished the siliceous cementing substance (porosity = 15.80%),

3) Third phase: sedimentation of detrital material with grains pressed intensively and toothed (porosity = 12.78%).

Porosity is largest in the sediment formed during the second phase (15.80%) and that sediment gives the largest flow of oil.

* * *

The series of lower cherts plays in relation to the subchert series and the Borysław sandstone constantly the role of a caprock, and that constancy would suggest that the properties of that caprock are the consequence of a diffusion of calcareous and siliceous solutions, as well as of a leaching of cement out of the oil-bearing sandstones¹⁾, however, actual logs of our wells will not permit us to support such a hypothesis. Slaty elements in the subchert series (Ullmann [80 and 81]), among the lower cherts (Fanto 58 [58/b]) and in the Borysław sandstone (Horodyszczce II [59] and Standard II [69/b]) show plainly to be

¹⁾ Washburne, Am. Inst. Min'g & Metall. Eng'g, XV. 1921. pg. 267. — Bohdanowicz. Rocznik Polsk. T-wa Geol. III. 1926.

sediments of detrital material with streaks of bituminous clay (Fig. 4 a. 13), showing frequently traces of siliceous organisms. Since with the progress of sedimentation there also increased the proportion of chemic mud, the adsorption of organic substance must have taken place rather before the sediment solidified than after that. Prof. K r e u t z observed in cherts unquestionable phenomena of secondary silicification, but he advanced the question, whether this were not organic sediment mixed with a large proportion of detrital material (l. c. pg. 48—49).

Those exceptional instances of secondary silicification of sandstones in the sub-chert and in the B o r y s ł a w series admit the assertion that there was no influence exercised by the chert series upon the cementation of strata lying underneath it.

The recurrence of the (upper) chert series in the top portion of the Menilites, as well as the common occurrence of cherts in the Eocene, in B o r y s ł a w as well as in other places¹⁾, permits us to establish their facial sedimentary character as independent of any secondary processes whatever.

Menilite slates, slates of the sub-chert series and also the slates interlaminating the B o r y s ł a w sandstone are distinctly bituminous, while lime-clay formations, like the oölite formations referred to above, are not bituminous at all. It is a long time since in the petroleum geology attention has been directed to the fact, that by some types of organic sediment segregation of crude oil is favored to a larger extent than by others.

Menilite slates contain large quantities of gipsum, sulphates of iron and chloride of sodium and, therefore, waters of that period could have properties of concentrated solutions that would initiate precipitation of colloid compounds, whereas the sandstones of the B o r y s ł a w sandstone series are normal marginal detrital formations in which only among the heavy minerals any larger pyrite content could be noted [C a m u s IV (24), R e n a VIII (41), J e r z y IX (21), R a t o c z y n I (6, 8, 12), H o r o d y s z c z e II (53), J o f f r e II (49), F a n t o 58 (54, 57), S t a n d a r d II (5), M a g d a l e n a XV (13, 16, 47)], and also some sulphates: barite, anhydrite, celestine (J o f f r e II, F a n t o 58, E g l o n II (27, 30), H o r o d y s z c z e VIII (50, 53)). The pyrite may be of secondary origin as well,

¹⁾ Jabłoński i Weigner. Brzeg Karpat fliszowych między Świącą a Łomnicą. Stacja Geol. Biul. 6, 1925, p. 38—39.

but as to the sulphates, it is more probable that their origin is syngenetic, just as is the case with other components of the sediments.

Among the various formations found in the geologic sections of the Carpathians are also red colored slates occurring in the Inoceramus and the lower Eocene, and carrying frequently rather weak oil horizons. If in spite of a synchronous quite extensive flooding of the sandstones, which would mean the movement of large volumina of underground water, the color of those formations has not changed to brown or green, that would disprove hypotheses on the migration of water in the transverse direction in general, or at least within the limits of the Eocene complex.

Phenomena of adsorption as demonstrated by experiment¹⁾, may explain the different character of bitumina contained in slaty formations (hard modification of bitumina) and those contained in the sandstones alternating the slates (fluid crude oil). Nevertheless, adsorption through the agency of pure quartz sandstones and, following this, absorption of crude oil by the latter, could take place solely before the final consolidation of the sediment, but when the degree of porosity of the consolidating rock became defined in principle.

The Menilite series is bituminous almost throughout its entire thickness, but bituminous are likewise interlaminae of slates and sandstones occurring among the lower chert and also among the subchert series. Oil-bearing sandstones found in the Popiele beds, in the lower Eocene and in the Cretaceous are interlaminated by sandy slates showing, however, no bituminous indications. Those lithological conditions together with the arguments set forth above concerning the succession of sedimentary phases within the limits of the oil-bearing unit, permit us to declare ourselves for the syngenetic character of the crude oil in the strata that are its reservoir.

There arises, however, the difficulty to explain the relation between the rather low average porosity of the Borysław sandstone and its in places rather high saturation. On the basis of measurements taken, the porosity of the Borysław sandstone varies between 2.2% (Magdalena) and 20.85% (Drasch VII), however, since none of those extreme figures is quite reliable, we would rather accept as limits: 5.36% (Ratoczyn) and 17.20% (Egлон II [4]).

¹⁾ Nutting. Geological relations between Petroleum, Silica and Water, Econ. Geology, 1926, pg. 234.

Compared with sandstones coming from various fields in the United States (7%—33%)¹⁾, both of our local limits are lower, and this proves conclusively that the Borysław sandstone is more compact, variations being of the same order as usual in sandstones.

Assuming: — 1) that on the San Sabba lease the wells Brugger I and Ralli II have stripped the area of 1 hectare, — 2) the thickness of the pay streak in the sandstone to be 10 meters (which figure is probably taken too high), and — 3) the porosity of the sandstone (Borysław sandstone) at 12.10%, — we may calculate the saturation index for that portion of the field as follows:

$$\frac{10 \times 100^2 \times 12.1}{100} = 12,100 \text{ m}^3 = \frac{12,100 \times 1000}{159} \text{ Bbls} = 74,843$$

Bbls = 998 Tank-cars or in round figures = 1000 Tank-cars, that is per acre/foot of formation:

$$\frac{74,843}{2.4 \times 32.8} = 950 \text{ Bbls}$$

which equals the saturation rate of but mediocre fields in the United States.

Actually, however, the field exploited by the wells Brugger I and Ralli II produced: 3541 + 3489 = 7030 Tank-cars = 527,223

Bbls, that is per acre/foot: $\frac{527,223}{2.4 \times 32.8} = 6700 \text{ Bbls}$, which is about

7 times as much.

The wells surrounding that field on the south and west were either dry in the Borysław sandstone (Galatti III and Brunner V) or gave, like Drasch VII, a little oil from a party of the sandstone somewhat higher than at the wells Brugger I and Ralli II, and for that reason it would be difficult to suppose that the production of those two wells had drained the field that extends for quite a distance in the direction of the dip. It might be inferred that these wells had stripped oil from the entire thickness of the Borysław sandstone which averaged here approximately 30 meters, but that would give a volume of oil by about 2.3 times smaller than that actually recovered, and in that case, to calculate actual productivity, the porosity of the sandstone would need to be accepted at 27.8%.

¹⁾ Melcher, l. c. pg. 772.

Borysław praxis admits the assumption that the actual productivity of the better fields will approximate 2000 tank-cars = 150.000 bbls per 1 hectare, and that rate would correspond — with the thickness of the pay streak being 10 meters — to a porosity index of about 24%.

Porosity ascertained upon small pieces of rock cannot by any means be also an index to the total volume of possible spaces that might occur throughout the entire bulk of any particular formation, in which small fissures will be the more numerous, the more complicated its tectonical structure will happen to be. Upon samples taken from the well H o r o d y s z c z e II it could be ascertained that the B o r y s ł a w sandstone is traversed by numerous fissures showing sometimes slickensides. Porosity ascertained on those samples was in fact higher: 14.53% and 15.32% both of which figures, however, are a long way off of 27%. That discrepancy between the actual yield of some wells (as in the case of Brugger I and Ralli II) and the thickness of the B o r y s ł a w sandstone we are unable to account for. The most probable would seem the inference that the wells drew their oil from the neighborhood, that is from beyond the boundaries of the supposed field. The actual productivity of the wells Brugger I and Ralli II would — with porosity being 24% and the thickness of the pay streak 10 meters — need to be derived from an area of 3.5 hectares. An inflow from the bottom is precluded as is demonstrated by vertical sections of the entire complex of formations, nor can this discrepancy be explained by the theory of the entire complex having become ruptured by faults; and this because — as has been shown by Hempel — the area of possible oil blocks is limited to still a larger degree by the dimensions of the various sandstone blocks. If conditions under which sedimentation takes place decide upon the porosity of rocks and their possible primordial degree of saturation, then subsequent tectonical causes, like foldings and faults, may create conditions that would favor increased saturation or the reverse may as well be the case. Far advanced fissirity of sandstones may be the cause of their additional saturation, for which porosity calculated from incidental samples cannot constitute a true index. Disturbances in the vicinity of faults or in zones of more important displacements in the sequence of strata may influence oilbearing qualities, however, that influence will not be identical in every particular field, and possibility to

forecast such phenomena in each individual case is very much to be desired as it would be of great practical importance. For this reason positive certainty about the trend of faults becomes a very weighty geological argument.

A number of such faults have been ascertained in the Borysław and Mraźnica fields. Among them belong transverse faults like those of the well Kozak and of Tryskaj—Aldona, and more or less longitudinal faults like that of Józef. The influence of such faults upon the microstructure of rocks that constitute their walls may find expression in a cataclastic structure of those minerals and, with some of them, in the phenomenon of twinned forms. Fissirity of rocks may also be the cause of an abnormal increase in the proportion of secondary pyrite. Those conditions have already received attention in the United States¹⁾. For indications of veins of calcite and quartz in samples, as well as for slickensides — as proofs of cataclase — are in our fields even the drillers on the look out, as they are well acquainted with the phenomenon of slickensides and with the significance of increased calcite and pyrite proportion. Now, upon the areas of the Mraźnica, Horodyszcze and San Sabba leases those phenomena manifest themselves distinctly in the proximity of the so-called overthrust plane and also in places within the overthrust itself, that is between the individual scales composing the former, but there those phenomena cannot constitute any important index as to the degree of porosity of the lower chert series, the sub-chert series, the Borysław sandstone or the Eocene, and so, even though these phenomena are difficult to be perceived among those latter formations, they nevertheless require, for reasons indicated above, full attention on the part of our geologists.

All samples taken in the well Galatti III from the Eocene show a considerable proportion of pyrite and calcite veins and also twinning of the larger calcite grains in the lower Eocene. Calcite from two generations and accretion of pyrite were noted in samples of the Borysław sandstone taken from the well Ratoczyn I, and twinned crystals of calcite in the Borysław sandstone were observed in samples from the wells: Horodyszcze II, Mela and Mraźnica II (Fig. 11); veins of calcite and

¹⁾ Ransome E. Somers. Petrographic criteria of structure in the Cromwell oil field, Oklahoma. Econ. Geol. 1928, 3, pg. 317—322.

quartz with fluid bitumen were noted in the sub-chert sandstone from the well Mraźnica I. We have still little material at our disposal, but it can be observed nevertheless that even those rather loose indications stand in accord with the trend of deformation zones in the proximity of the faults referred to above and also with the nature of the displacement in the proximity of the well Galatti III observed a long time past. In the latter case, and also in the proximity of Ratoczyn, the disturbance had an influence decidedly detrimental to oil-bearing qualities.

* * *

Adsorptive qualities, capillarity and vertical pressure may be actors especially active during the consolidation of sediments. We have no basis on which to define the time in the course of which the processes of consolidation continued, and during which the processes of exchange of liquids and of the separation from each other of hard and of fluid hydrocarbons might have taken place.

The consolidation period of sediments like muds and sands is over-long rather than the reverse. On the basis of known sections of diluvial formations filling deep river valleys (e. g. mining of auriferous placers) we know that consolidation of sediments, unless they are rich in calcareous and ferruginous components, requires geologic time. Tertiary oil-bearing series of California, Roumania, the Caucasus and other territories, still remain — notwithstanding their in places violent tectonical disturbances, so far only muds and sands.

In consolidated rock, the main factor in any further accumulation of any such composites as oil and other chemic compounds may only be the movement of water, the direction and intensity of which will depend upon the tectonical structure of the rocks, that is upon orogenetic causes.

To what degree theoretical studies on the processes of oil accumulation¹⁾ might be applied to actual deposits remains still an unanswered question. However, it may be accepted with some degree of probability that a loosening up of rocks in consequence of tectonical causes (fissility and fracturing) creates new void

¹⁾ E. M. Pears. Migration of oil and water. Bull. Am. Ass. P. Geol. 1924, 6, 697—715. — Mc Cay. A brief outline of some oil accumulation problems. Bull. Am. Ass. P. Geol. 1926, 11, 1019—1022 and others.

spaces within a certain portion of the deposit that had already become saturated before, and under the hydrodynamic pressure of the water confined in the oil-bearing stratum a portion of oil moves slowly from the flooded parts to the oil zone that has attained an increased capacity for saturation. But also the exact reverse may occur when the loosening of the rock structure leads to an emulsion of water and oil in the primarily oil-bearing party, and it is unfortunate that we know of no indicative phenomena from which the one or the other case might be inferred. It is quite possible that direct proximity of the fault to the primarily oil-bearing party may react unfavorably rather than otherwise.

The oil-bearing quality of the unit differentiated by us that sedimentary episode — is not in the least an exceptional phenomenon, at least in the qualitative sense if not in the quantitative one. In the upper cherts, oil-bearing sandstones are in many cases known to exist, let us cite the oil horizons in the wells: *Mrażnica* IV at 1433—1439 m and *Robert/Fanto* at 1542 m; also in the well *Mrażnica* III the upper cherts commenced at 1384 m, and at 1410 m oil-bearing sandstone was met among the *Menilite* shales. The relation of those weak oil horizons to the substantial thickness of the bituminous *Menilite* shales series constitutes the best argument against the theory that bituminous shales are the maternal formation of oil-bearing horizons. The fields of *Borysław*, *Tustanowice* and *Mrażnica* are that place where since the second half of the Eocene epoch there commenced to arise permanently conditions of sedimentation favorable to accumulation of bituminous matter in the fluid phase. Their greatest tension those conditions attained during the short period between the Eocene and the Oligocene epochs, however, it must be inferred that the period of solidification and compacting of the lower cherts, the subchert and the *Borysław* sandstone series has been correspondingly lengthened, so that the processes of accumulation of hydrocarbons could attain their climax. This permanency compels us to seek its cause in favorable conditions that existed on the one hand in the sedimentary reservoir itself, and on the other hand in the terrane adjoining the former. The source of organic matter may be life in the coastal region of the sea, as well as that of the coastal region of the land. It has been established more than once that the seas in the Eocene and the Oligocene epochs were not dead by any means. Of life on land we have fewer proofs.

Black and brown coloring of shales in the Menilite series, and frequently also in the Popiele series, may be explained by bacterial processes upon animal and vegetable matter. Traces of carbonization in the rocks of Carpathian cross-sections were not yet made the subject of detailed investigations. We know that for the sandstone of the Krosno formation characteristic is the large quantity of pulverized carbonized matter in them, while in other formations are vegetable remains — outside of fucoids — on the whole rather scarce, and only in places they happen to be not less abundant¹⁾. On well samples from Borysław may be ascertained that in Dobrotower Beds carbonized vegetable remains may be encountered in various horizons.

In oil-bearing series no vegetable remains could be discerned and, if the view point of Haseman and Rae is accepted, vegetable remains should not be even expected in those series.

In Eocene and Inoceramus formations, carbonized vegetable remnants were found in many samples from a number of wells.

Loose data on the occurrence of vegetable remains in the Carpathian sections do not entitle us yet to any conclusions on the genesis of oil, however, it might be well to point out that R. Zuber's views on the part played by humous substances (ulmohumic acids) in the formation of bituminous sediments (l. c. pg. 329—340) are very closely approached by today's views on that matter taken by American geologists, so e. g. Rae.

Conditions permitting accumulation of bituminous material are solely the result of other orogenetic causes which decide the fact that at one portion of the coast such a process will take place, but will not do so at another, and this quite aside from the factor that the general rhythm of the sedimentation is a regional phenomenon²⁾. Upon the general background of that rhythm, the sedimentation of the Borysław sandstone and of the sub-chert series is an exceptional phenomenon and probably dependent upon causes of very local a character. Today we are not yet in position to define those local causes precisely, and we may solely cite the hypothesis advanced by prof. Nowak³⁾, that in its as yet unchanged position the flysch sediment blanket must have spread in

¹⁾ Zuber. Flisz i Nafta. Lwów, 1918, pg. 13—15 and 322—323.

²⁾ Nowak. Zarys tektoniki Polski. Kraków, 1927. 63.

³⁾ Nowak, l. c. 85—86.

a direction transverse to the trend of the Carpathians over the zones of primordial Carpathian area that later, in the period of Menilite shales sedimentation, may have already been entirely submerged. The local character of the B o r y s ł a w sandstone might be derived from one of such zones.

The question might be asked: whether in our flysch there could be found distinct indications disclosing also in other places of the present expanse of that blanket a favorable primordial Carpathian structure and also local sedimentation dependent there from and reduplicating B o r y s ł a w conditions? — The only feature that would indicate any possibility of a subsequent sedimentation of the B o r y s ł a w sandstone is the formation at the bottom of the Menilite shales series of an upper Eocene formation in the facies named P o p i e l e, to which attention has already been called by N o w a k ¹⁾. The Menilite shales — and the cherts among them — are pelitic sediments carrying a large admixture of muds of organic and chemic origin. They are, therefore, sediments accumulating very slowly and having in their primary state a considerable porosity. Until the time when the D o b r o t o w e r Beds settled to considerable depth, the Menilite series could remain in a state favoring the segregation of various components, however, the presence of dry sandstone in the midst of this series does not constitute an argument in favor of a broad transverse migration of bitumina. The lithological uniformity over large areas of the Menilite and chert series that is independent of the multiform character of the formations lying at their bottom, will not permit to expect finding in those series any reliable indications as to what may be looked for underneath them. The oil-bearing sandstones of the wells Z o f j a I, J o f f r e II and S t a n d a r d II have at their top a chert series that is but imperfectly developed. Similarly, the barren B o r y s ł a w sandstone of the well K i n g a II showed at its top Menilites with only traces of cherts among them.

The sedimentation phase in which the B o r y s ł a w sandstone settled in the type most favorable to the accumulation of crude oil (considerable thickness and large porosity) was the consequence of orogenic, erosive and sedimentary causes of which we do not know any particulars. As to whether there are any variations in the lithological features of P o p i e l e Beds that underlie produc-

¹⁾ N o w a k, l. c. 35 & 39.

tive and barren sandstones respectively? — we have as yet no reply to that question, but possibly, if such variations existed, they could be taken advantage of in prospecting work over such areas where outcrops disclose upper Eocene formations and Popiele Beds.

Study of well samples leads to the conclusion that transformation of rocks after they had solidified was less material than at the time when consolidation took place (diagenesis). Sub-terrain conditions of that entire section of the Carpathians were not favorable to broad and deeply going secondary transformation of those rocks, and farther reaching transformations took place rather close to the earth surface in proportions as, in consequence of erosion progressing, those rocks became exposed to influences that originated at the earth's surface. The high vertical pressure, to which deep strata in our sections are exposed, could not exert any appreciable influence upon the transformation of rocks.

The porosity of Jamna sandstone from the well Ralli II at 1800 m was found to be: 8.87% and it hardly differs from the porosity of the Eocene sandstone from the same well (at 1687 m = 7.39%), but is considerably in excess of the porosity of Eocene sandstone from the neighboring well Galatti III (at 1577.6 m = 3.94% and at 1554.8 m = 4.32%). Those differences are due solely to the primary cement in those sandstones. For comparisons sake was investigated also Jamna sandstone from the well known outcrop in the proximity of the Limanowa Company's Main Office: that rock, having a much larger proportion of calcareous cement, shows a porosity of only 3.47%. Eocene sandstone from an outcrop close to the well Silva Plana XVII — composed of small quartz grains (0.2 mm) and of quartz detritus (size = 0.03 mm), with isotropic silica from the decomposition of chlorite — has shown a porosity of 10.20%. By its microstructure this sandstone comes very close to lower Eocene sandstone from the well Ralli II (from 1422.1 m and 1423.4 m and showing a porosity of 9.79% and 12.17% respectively).

Secondary processes connected with the decomposition of silicates contained in sandstones and, in consequence, with the appearance of the opaque siliceous substance, are of comparatively little influence upon changes in the primary structure of rocks. Eocene sandstones (Ciężkowice) coming from the oil-field Lipa in Lipinki (Western Małopolska) from depths of 284 m

and 293.5 m respectively, show according to repeated tests executed by Mr. Nieniewski¹⁾ a porosity of 23.87% and 24.62% resp.

IV.

Conclusions.

I. Analyses: mechanical and microscopic — permit to distinguish in the rocks that were investigated (tab. 2 and 3) the following components:

A) Primary:

- 1) Allochthonous (detrital): Quartz, silicates among heavy minerals (with the exception of chlorite).
- 2) Authigenic: Calcareous oölites, calcareous muds, mud (argillaceous) from the transformation of the bottom of the reservoir, black and brown organic mud, calcareous and siliceous remains of organisms, chlorite, anhydrite, barite, celestite.

B) Secondary:

- 1) Diagenetic: formed during the solidification of the sediment: calcite, siderite, chlorite, isotropic silica, pyrite.
- 2) Epigenetic: in rock already consolidated: isotropic silica, calcite, pyrite, oxides of iron.

In some cases (Drasch VII, Rena VIII, Magdalena XV) it could be observed that the epigenetic calcite was better developed in the top portions of the respective strata.

The most distinct epigenetic processes are: the silicification of calcite and the decomposition of silicates (chlorite).

II. The Borysław Sandstone: 1) Type with detrital cement: The type of the Borysław sandstone that has been found (Fig. 1, 2, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 14) to constitute the best reservoir for oil (Jerzy IX, Horodyszczce II, Standard II, Joffre II, Fanto 58, Mrażnica I, Mrażnica II) is characterized by:

- a) The absence of chemical cement.
- b) Heterogenous structure in consequence of small angular

¹⁾ Those finely grained sandstones are composed of angular grains of quartz with opaque cement of which small quantities surround grains of chlorite, the latter being pyritized to a considerable degree. Abundant heavy minerals (zircon) may be easily distinguished if sufficiently magnified. In the vicinity of Borysław, Eocene sandstones do not carry so large a proportion of heavy minerals.

grains being interposed among larger rounded ones. Because of that structure it crumbles easily when drilled.

3) Paucity of sulphates among authigenic minerals.

4) In secondary minerals: varying quantities of pyrite. That quantity is larger in proportion as the stratum is richer in oil.

Porosity: from 10.50% to 15.32%.

2) Type with calcareous and detrital cement, in part exclusively calcareous: this type (Fig. 16, 17, 18, 19, 20) consists of rock having a larger content of organic calcareous remains (Brugger I, Eglon II, Camus IV, Gallatti III, Horodyszczce VIII, Mela, Magdalena XV, Niagara II) and that frequently are in a state of full decomposition. Those sandstones probably belong to rather poor parties adjoining others having a higher saturation, as in the wells Brugger I and Niagara II.

The content as such even of large quantities of calcareous organic remains — so long as those latter have not suffered decomposition during the consolidation of the sediment (as in the wells Camus IV, Joffre II, Mrażnica II) is of no moment for the saturation of sandstones with oil, and, therefore, loss on HCl, even though quite large, does not furnish any real index as to the character of the cement from which in turn depend the porosity and saturation.

Porosity: 6.65%—12.43%.

3) Type with calcareous cement: a third type of the Borysław sandstone (Fig. 7, 21, 23, 24) (wells: Drasch VII, Rena VIII, Ratoczyn I) constitute rocks, in which calcification proceeded uniformly through the entire mass of rock, even though the final quantity of calcareous cement be not large. Calcite: frequently from two generations, sandstone: frequently dry.

Porosity: 6.34%—8.53%.

4) Type with opaque cementing substance: the fourth type of the Borysław sandstone (Fig. 15 Fanto 58, fig. 12 Eglon II, fig. 22 Drasch VII) are rocks in which acts as cement an isotropic silica, generated chiefly at the expense of chlorites (glaukonite) decomposing.

Porosity: 5.29%—15.80%.

Whether this or any other type of the Borysław sandstone will result, is decided in the first place by conditions of sedimen-

tation and the diagenesis (types 1 and 2) and, in a lesser degree, by secondary epigenetic causes (types 3 and 4).

Out of 41 investigated samples of the Borysław sandstone, the relative frequency of cement of the various types was found to be as follows:

Calcareous	$\frac{20}{41} = 48.78\%$
Opaque	$\frac{5}{41} = 12.20\%$
Quartz detrital	$\frac{12}{41} = 29.27\%$
Calcareous and detrital	$\frac{4}{41} = 9.75\%$

and among 12 samples of non-oilbearing sandstone there were with:

Detrital cement	$\frac{1}{12} = 8.3\%$
Calcareous	$\frac{9}{12} = 75.0\%$
Opaque	$\frac{2}{12} = 16.6\%$

of 29 samples of oil-bearing sandstone, held cement as follows:

Detrital	$\frac{11}{29} = 38.00\%$
Calcareous and detrital	$\frac{4}{29} = 13.78\%$
Calcareous	$\frac{11}{29} = 38.00\%$
Opaque	$\frac{3}{29} = 10.22\%$

* * *

III. The shape and size of sandstone grains disclose conditions in which the grains had been transported: larger grains have been rolled along the bottom and were imparted a rounded form even after having been transported for but a short distance; small grains, on the contrary, having been transported in suspension remained angular in spite of having travelled long distances.

The Borysław sandstones are chiefly fine-grained and this proves — if not their having been transported for long distances — then at any rate that repeated sluicing of the material had taken place. Of 35 samples examined, 20 (57.2%) show angular grains, while 15 (42.8%) show rounded grains intermingled with finer angular detritus.

The sub-chert sandstones — a product of the next following sedimentation phase — have grains chiefly angular (fig. 13, 25, 26, 27, 28, while sandstones from the Popiele Beds — that is originated in the phase just preceding the sedimentation of the Borysław sandstone — have grains chiefly rounded or mixed with angular ones (fig. 34).

The lower Eocene and Jamna sandstones have grains smaller

and more uniform in size (fig. 31, 32, 33, 35) than the Borysław sandstone.

IV. Proportion of heavy nonmagnetic minerals. From table 2 may be observed that the proportion of heavy nonmagnetic minerals, while vacillating in various samples within rather broad limits, is nevertheless within the vertical cross section subject to certain laws. Thus the average proportion was found to be:

In sandstones from the lower Eocene (4 samples):	0.66%
„ „ „ „ Popiele Beds (5 „):	0.74%
„ the Borysław sandstone (36 „):	0.28%
„ Sub-chert sandstone (6 „):	0.71%

All rocks investigated are characterized by a small proportion of silicates as compared with that of pyrites and of products of decomposition in the shape of iron oxides (black isotropic minerals). Among silicates, in turn, strikes the paucity in species what would prove the common origin of the sediments in the section investigated. The low content in heavy minerals in the Borysław sandstone, which cannot be explained away as being incidental, bears evidence to the exceptionally pure composition of that sandstone: chiefly of quartz grains.

Petrographic differences between the various geological horizons seem to be founded upon frequent variations in the conservatory conditions of detrital material and upon larger or smaller adjections of chemical sediment.

V. Abundance of pyrite in rocks cannot constitute a favorable index for the oil-bearing qualities of the sandstone. The pyrite may be the result of epigenetic processes connected with the deformation of rocks and exerting an adverse influence upon their saturation with oil (Rena VIII, Ratoczyn I, Galatti III). Epigenetic pyrite (pyritization of chlorite, pyrite veins) may be distinguished by macro- and microscopic examination much quicker than by way of an analysis of heavy minerals.

VI. Abundance of pyrite in veins and twinning of calcite crystals may serve as indices of zones of deformation. Any appraisal of the importance of such zones in regard to oil-bearing qualities may be attempted solely after the trend of faults has been established.

VII. The lithologic features of oil-bearing Borysław sandstones and their geologic expanse demonstrate them to be facial modifications originated during sedimentation which latter,

although short in time, was nevertheless very changeful. This is borne out by the differences in proportion between the Popiele beds and the sub-chert series as such, and the oil-bearing sandstones contained in each of those formations.

VIII. Transformation phenomena in the Borysław sandstone are chiefly confined to the primary character of the latter (sedimentation), no interdependence of such transformations from over- and underlying complexa could be proven so far.

IX. Within the limits of a given reservoir (i. e. the reach of the Borysław sandstone series jointly with that of the series directly overlying the former) it is possible to forecast changes of a tectonical rather than those of sedimentary nature. Changes resulting from the first of above causes may be forecast at larger distance than sedimentary changes.

X. By comparing well logs of neighboring wells with simultaneous examination of well samples — chiefly under the microscope and by testing for porosity — it would be possible to motivate forecasts regarding the direction in which lenticular strata of oil-bearing sandstones spread.

* * *

The lithological character of oil-bearing Borysław sandstones (their comparatively small porosity and considerable interior friction), and also the great depth at which they occur, will permit the reservoir pressure to be maintained for a long time. At every moment of the well's life a certain relation must be maintained between the reservoir pressure and the back pressure, so that the largest possible summary productiveness could be attained at the smallest gas/oil ratio.

In this country there are generally no measures taken to maintain backpressure and if nevertheless declines in production are not quite so striking as in some fields in the United States, it is due exclusively to natural conditions of the Borysław reservoir.

The following table gives the gas/oil ratio for some Borysław wells at the end of June 1928 as compared with that for their initial production. The volume of crude oil is taken in kilogrammes instead of in barrels, so that the ratio is given in turn in cubic meters per 1 kilogramm of oil. This was done as the

object was not to obtain figures to be compared with those obtained in the United States, but figures to be compared against each other.

Gas/Oil Ratio (x cbm of gas per 1 kg of oil).

Well	Initial	Now	Well	Initial	Now
Brugger I	0·17	—	Fanto 58	—	0·27
Camus IV	0·13	0·07	Mrażnica I	0·27	—
Jerzy IX	0·07	0·04	Mrażnica II	1·50	0·80
Konrad IV	—	0·10	Mrażnica XII	—	0·37
Horodyszcze II	1·7—2·9	0·72	Ullmann	—	0·50
Horodyszcze VIII	0·36	0·24	Ludwik	—	1·30
Joffre I	7·00	—	Józef I	—	0·24
Joffre II	—	0·52	Zofja I	—	0·02
Standard II	0·10	0·28	Stateland X	—	0·64

This table demonstrates that on the whole there is no great waste of gas in our wells, a situation that is due solely to natural conditions prevailing in the reservoir.

Those very same conditions (great depth, small porosity, considerable interior friction) render however impossible the application in our fields of such producing methods as is the driving by dry or wet gas. Similarly also for the application of water-flooding to oil-bearing Borysław formations are the lithological features of the Borysław sandstone less suited than those in Pennsylvania where that method is applied successfully in the fields of Bradford to sandstones showing a porosity of 15.7 to 18.6%.

Better success might have the application of this producing method to the fields of Western Małopolska, e. g. those in the proximity of Lipinki.

* * *

We have as yet no answer to the question as to what proportion of the total underground resources is in the Borysław fields actually recovered by means of drilled wells. Clogging with paraffine frequently cuts short exploitation long before the sand has become depleted, while on the other hand the case of the wells Brugger I and Ralli II demonstrates that a limited field may yield a volume of production quite out of proportion to the

porosity and the thickness of the formation tapped. There were as yet no measurements taken systematically of quantities of bituminous material contained in samples taken from wells approaching depletion. Only once such information has been given, when prof. K r e u t z (l. c. pg. 47) gave the hydrocarbon content in sandstone from the well N i a g a r a II as being 2.3%.

From various sides are quite frequently advanced bold projects of a possible exploitation by mining of the northern portion of the B o r y s ł a w field, where the oil-bearing horizon lies at the least depth, that is at less than 1000 meters. Leaving aside technical difficulties of such a project, it would be necessary to reflect first whether the depletion of the B o r y s ł a w sandstone had been carried only to such an insufficient extent, and to what degree those sandstones would be capable to yield the oil that still remained in them. To answer those questions there is no other way, but to obtain from wells still drilling some core samples of B o r y s ł a w sandstones and to subject them to necessary tests.

Of the B o r y s ł a w sandstones solely the first type constitutes a brittle rock that is the more brittle, the more oil has been withdrawn from it. That type is the chief reservoir of the entire party that is saturated with oil and probably its depletion is more thorough than that of the other types, while its physical features are the most favorable for the application of drainage. The second and especially the third type are not adapted for drainage, and it is just in sandstones of those two types that the largest quantities of residual oil may be expected. Sandstones of various types may pass into other types both in the horizontal, as well as in the vertical direction, and that irregularity in the succession of various types of sandstones constitutes probably one of the main causes of the very ununiform results — mostly, however, negative — attained from shooting wells in the B o r y s ł a w fields¹⁾. Lithological features of Eocene sandstones, e. g. those on the fields of L i p i n k i in Western Małopolska, are more favorable to shooting, as well as to drainage by means of mining operations.

Likewise account the multiform physical features of the B o r y s ł a w sandstone also for the different attitudes of various individual wells toward swabbing: there are wells which require to

¹⁾ R u t k o w s k i: „Torpedowanie otworów wiertniczych“. Przemysł Naftowy, 1927, 21. („Shooting of oil wells“).

be swabbed for a longer period of time before production can be induced to flow. and which after but a short interruption in swabbing regain the former rate of production only after protracted stimulation by swabbing. Among such wells belong e. g.: Jerzy IX, Sadler XII and in some measure also Camus IV. In the latter well the Borysław sandstone has a calcareous cement, and similarly undesirable qualities may be displayed by sandstones having a very fine and closely pressed detrital cement as e. g. that one from the well Jerzy IX.

The manner in which the best producing properties are scattered over the area of Tustanowice leads — as follows from the work by Eng. Pfaff — that author to the conclusion that such fields are surrounded by portions comparatively poor on oil, similarly as islands are scattered in a river delta¹⁾. At the same time Pfaff maintains that there exists no direct relation between the boundaries of such islands and the faults and fractures by which the entire field was presumably disrupted into blocks during the next following orogenic phase; he therefore assumes that upon the entire area of Tustanowice there must have been formed a new set of fissures, through which oil has been transmitted to the various islands from unknown depths. On the basis of those premises Pfaff recommends that, before a new location is selected upon a known field, the logs of all wells situated within a radius of 500 meters were prepared and into each of them entered the volume of production obtained within each 10 meters of the log. By taking thus into account the various rates of production and their duration, he thinks, it would be possible to construct a probable system of fissures and to choose from that the most favorable location for the new well.

Pfaff's method rests on the one hand upon statistical material, but on the other hand it seeks support upon arbitrary assumptions, of a source of the oil at unknown depths and of its migration through fissures of which we do not know anything.

In fact, that method does not furnish any real basis for petroleum practice and the only substantial result of the statistical analysis of the material on Tustanowice was to define the productive islands or, in other words, to establish the irregular occurrence of more productive parties within the bulk of the Bo-

¹⁾ Pfaff, l. c. pg. 8.

rysław sandstone formation, but such localization of productive sands in the limits of a stratigraphically permanent oil horizon makes it necessary to proceed gropingly in the search for productive parties. Underground structure maps with the bottom of the lower cherts as their key horizon, the preparation of exact lithological sections in the limits of the lower chert and the subchert series will furnish material that may serve solely to forecast complications on the surface of the chert horizon and, therefore, also the oil horizon underlying the former. It is not only regarding the fields of Borysław, but also some others in the United States and Russia, that the facts available compel to the conclusion that the irregular lenticular stratification of oil sands, their being interlaminated, respectively their wedging out sideways toward their top or bottom in alternation with formations that normally should under- respectively overlie those oil sands, and, finally, lithological changes in the sands themselves, are the result of conditions under which sedimentation of coastal marine formations took place.

Pfaff has aptly defined the irregular location of productive sands in Tustanowice as resembling islets in a river delta, and as a sedimentary episode following the sedimentation of the Popiele Beds, the oil reservoir of Borysław—Tustanowice—Mrażnica has many features suggesting deltaic formation. However, to reconstruct the primary contour of that deltoid triangle narrowing toward the south and enlarging toward the north, and to find the laws according to which accumulation of crude oil depended from primary conditions in which sedimentation of the reservoir took place and, following this, the tectonical structure underwent successive changes — is a task that is difficult to accomplish. Evidential material, that could have been in its time gained during the exploitation of the old fields of Borysław and Tustanowice, unfortunately does not exist, and, therefore, all that can be done is to see to it that in future at least the compilation of such material is not neglected.

The manner in which Eng. Pfaff endeavored to explain the problem of the location of productive oil fields among the barren ones can by reason of its simplicity appeal solely to persons, who even to-day attempt to explain a geologic phenomenon like an oil deposit by associating it with depths unknown. As a matter of fact, sections of all Carpathian oil-bearing flysch series — from

the Cretaceous to the Oligocene — are thoroughly known to us, and we also know that the laws governing the segregation and accumulation of oil depend on conditions in which the sediment composing each of those series has accumulated and subsequently solidified, — further, conditions in which deformations took place after that solidification had taken effect and, partly, even during that process, and also conditions under which the sediments have become transformed into their present shape, — and, finally, conditions in which waters of various origin could circulate. Inasmuch as every one of those factors may have exerted a favorable or an unfavorable influence upon the formation of a deposit, thus deciding upon its industrial value, forecasting results of wells about to be drilled becomes a difficult, but eventually not a hopeless task. To cope with it successfully would, therefore, require as much as possible of comparative material that would need to be suitably elaborated upon — that is geologically, petrographically and statistically — and as few as possible of one-sided and unsupported conjectures.

Institut of Economic Geology,
Mining Academy at Kraków.

OBJAŚNIENIE TABLIC

Światło spolaryzowane bez analizatora na zdjęciach, przy których nie zaznaczono, że nikole są skrzyżowane.

Powiększenie na wszystkich zdjęciach 30-krotnie, z wyjątkiem tych, przy których inne powiększenie zostało zaznaczone.

EXPLANATION TO TABLES

Light polarized without analyser, unless it is stated that the nicols were crossed.

On all photos magnification 30-fold, unless stated otherwise.

TABLICA 7 [I].

TABLE 7 [I].

Fig. 1. Horodyszczce II. 1434—1435 m, No. 68. Nik. x

Piaskowiec borystawski ze stropowej partji —

Piaskowiec drobnoziarnisty. Ziarna kanciaste, jednakowej wielkości. Lepiszczce okruchowe w małej ilości. Miejsca ciemne na zdjęciu: chloryt brunatny w niewielkiej ilości.

Borystaw sandstone from top portion of stratum —

Finely grained sandstone. Angular grains of uniform size. Detrital cement in small quantity. Dark spots on photo: brown chlorite in small quantity.

Porowatość — Porosity = 15.32%.

Fig. 2. Horodyszczce II. 1438 m, No. 59. Nik. x

Piaskowiec borystawski —

Piaskowiec drobnoziarnisty. Ziarna kanciaste, jednakowej wielkości, sprasowane, prawie bez spoiwa. Ślady kalcytu, rzadkie ziarna zielonego glaukonitu.

Borystaw sandstone —

Finely grained sandstone. Angular grains of uniform size, pressed, almost without any cement. Traces of calcite, scarce grains of green glauconite.

Porowatość -- Porosity = 14.53%.

Fig. 3. Horodyszczce II. 1447.2 m, No. 48. Nik. x

Piaskowiec borystawski —

Piaskowiec drobnoziarnisty. Ziarna kanciaste, ściśnięte, po części zazębione.

Borystaw Sandstone —

Finely grained sandstone. Angular grains, pressed, partly interserrated.

Porowatość — Porosity = 8.48%.

Fig. 4. Horodyszczce II. 1447.2 m, No. 48-b. Nik. x

Łupek rogowcowy z serji piaskowca borystawskiego —

Skała pelitowa, złożona z bardzo drobnych okruchów kwarcu, zazębiających się wzajemnie, i uławiconą biegnąciami równoległe wstęgami, złożonymi z bituminów, tlenków żelaza i opalowej substancji.

Cherty slate from the Borystaw sandstone series —

Pelitic rock composed of very fine quartz detritus mutually interserrated and showing parallel bands composed of bitumina, iron oxides and opaque substance.

TABLICA 8 [II].

TABLE 8 [II].

Fig. 5. Standart II. 1480 m, No. 69.

Piaskowiec borysławski —

Piaskowiec bardzo drobnoziarnisty. Ziarna kanciaste, zazębione i szczelnie przylegające. Gdzie niegdzie brunatno zabarwiony ił i ziarna glaukonitu, widoczne tylko przy silnych powiększeniach.

Borysław sandstone —

Very finely grained sandstone with angular grains, interserrated and adhering closely. Here and there brownish colored clay and some glauconite grains that are visible only when greatly magnified.

Fig. 6. Standart II. 1480 m, No. 69.

Ta sama partja preparatu pomiędzy nikolami skrzyżowanymi —

Druzgot kwarcowy, pozbawiony całkowicie lepiszcza.

The same portion of preparation between crossed nicols —

Quartz detritus entirely destitute of cement.

Fig. 7. Joffre II. 1462·5 m, No. 52. Nik. x

Piaskowiec borysławski ze stropu —

Ziarna kwarcu są objęte drobnoziarnistą masą kalcytową, zawierającą szczątki organiczne.

Borysław sandstone from top portion —

Quartz grains are encompassed by finely grained calcitic mass carrying organic remains.

Porowatość — Porosity = 10·89%.

Fig. 8. Joffre II. 1463·5 m, No. 49.

Piaskowiec borysławski —

Typ skały pośredni pomiędzy typem wapiennym a druzgotowym. Ziarna kwarcu kanciaste, dość szczelnie do siebie przylegające. Miejsca ciemne na zdjęciu: kalcyt, gdzie niegdzie w większych skupieniach, nie tworzy on jednak lepiszcza ciągłego.

Borysław sandstone —

Type of rock intermediate between the calcareous and the detrital type. Quartz grains angular, adhering to each other quite closely. Dark spots on photo: calcite, here and there in larger accumulations, but not forming a continuous cement.

Porowatość — Porosity = 10·85 — 12·28%.

TABLICA 9 [III].

TABLE 9 [III].

Fig. 9. Mrażnica I. 1528·8 m, No. 19. Nik x

Piaskowiec borystawski —

Ziarna okrągławe, ścięsnione, nieco ząbione. Ślady kalcytu. U dołu po prawej stronie większe skupienie drobnych okruchów kwarcu.

Borystaw sandstone —

Grains rounded, pressed and interserrated to some extent. Traces of calcite. At the right bottom a larger accumulation of fine quartz detritus.

Fig. 10. Mrażnica II. 1524·3 m, No. 57. Nik. x

Piaskowiec borystawski —

Ziarna kanciaste, wydłużone, ścielnie przylegające, rzadziej okrągławe. Szczątki organiczne nie uległy rozpuszczeniu.

Borystaw sandstone —

Grains angular and elongated, adhering closely, only exceptionally rounded. Organic remains did not succumb to dissolution.

Porowatość — Porosity = 10·50%.

Fig. 11. Mrażnica II. 1524·3 m, No. 57. Nik. x

Tenże piaskowiec, — Nik. x, powiększenie 50-krotne —

W środku obrazu większe ziarna kalcytu, poznawalne po łupliwości i zbliżeniu. Czarna plama: to pole szlifu poza preparatem.

The same sandstone, — Nik. x, magnified 50 times —

In the center of photo larger grains of calcite, recognizable by cleavage and twinning. Black spot indicates field of grinding beyond the rock.

Fig. 12. Eglon II. 1076·7—1076·9 m, No. 30.

Piaskowiec borystawski —

Ziarna kwarcu różnej wielkości otoczone błado-żółtą, zaznaczającą się na zdjęciu szaro, opalową izotropową substancją. Proces sylifikacji posunięty daleko.

Borystaw sandstone —

Quartz grains of various size are surrounded by a pale yellow opaque isotropic substance showing gray on the photo. Silicification process far advanced.

TABLICA 10 [IV].

TABLE 10 [IV].

Fig. 13. Fanto 58. 1441.5 m, No. 58.

*Serja podrogowcowa — Piaskowiec
i tupek —*

Piaskowiec o teksturze wyraźnie uławiconej brunatno zabarwionemi wstęgami, opalowo-ilastemi, bitumicznymi, zaznaczającemi się czarno na zdjęciu. Poszczególne ziarna kwarcu toną w masie opalowo-izotropowej, zabarwionej na brunatno.

*Sub-chert series — Sandstone and
slate —*

Sandstone of a texture distinctly laminated, as indicated by brown colored, opaque, argillaceous and bituminous bands that show black on the photo. Individual grains of quartz are lost in the brown colored isotropic mass.

Porowatość — Porosity = 5.51%.

Fig. 14. Fanto 58. 1459.4 m, No. 54. Nik. x

Piaskowiec borysławski —

Ziarna średniej wielkości, wydłużone, kanciaste, ściśnięte i ząbione.

Borysław sandstone —

Grains of medium size, elongated, angular, pressed and interserrated.

Porowatość — Porosity = 12.78%.

Fig. 15. Fanto 58. 1461.9 m, No. 51.

Piaskowiec borysławski —

Białe ziarna kwarcu oddzielone od siebie zaznaczoną szaro na zdjęciu opalową izotropową masą.

Borysław sandstone —

White quartz grains separated from each other by the opaque isotropic mass, appearing gray on the photo.

Porowatość — Porosity = 15.80%.

TABLICA 11 [V].

TABLE 11 [V].

Fig. 16. Brugger I. 1325—1327 m, No. 3.

Piaskowiec borysławski —

Ziarna kwarcu okrągławe, różnej wielkości. Lepiszczce kalcytowe, zaznaczające się na zdjęciu kolorem szarym. Czarne ziarna: chloryt.

Borysław sandstone —

Rounded quartz grains of various sizes. Calcitic cement appearing on the photo in gray color. Black grains: chlorite.

Porowatość — Porosity = 10.79% and 11.35%.

Fig. 17. Camus IV. 1368.4 m, No. 25.

Piaskowiec borysławski —

W lewej części obrazu: biała masa złożona z ziaren kwarcu, szczelnie przylegających, zazębionych, bez lepiszcza. Prawa część — ciemniejsza — obejmuje gniazdo z wapiennym lepiszczem i chlorytem.

Borysław sandstone —

In the left hand portion of the photograph, the white mass is composed of quartz grains adhering closely, interserrated, and without any cement. The darker right hand portion comprises a nest of calcareous cement and chlorite.

Fig. 18. Horodyszczce VIII. (Galicja) 1430.0 m, No. 46.

Piaskowiec borysławski —

Ziarna kwarcu średniej wielkości wśród drobnego druzgotu, oddzielone masą lepiszcza wapiennego ze szczątkami organicznymi. U dołu czarna plama z białymi punktami: szczątek mszywiołu.

Borysław sandstone —

Quartz grains of middle size among fine detritus, separated from each other by a mass of calcareous cement holding organic remains. White speckled black blotch at the bottom: bryozoa remain.

Porowatość — Porosity = 9.33%.

Fig. 19. Mela. 1469.7 m, No. 72.

Piaskowiec borysławski —

Ziarna kwarcu okrągławe, oddzielone lepiszczem kalcytowym, uwidocznionem barwą szarą i czarną na zdjęciu. Szczątki otwornic dobrze zachowane.

Borysław sandstone —

Rounded quartz grains separated by calcitic cement, the latter indicated on the photo by gray and black color. Foraminifera remains well preserved.

Porowatość — Porosity = 8.1%.

TABLICA 12 [VI].

TABLE 12 [VI].

Fig. 20. Niagara II. 1239—1245 m, No. 4.

Piaskowiec borysławski —

Typ piaskowca gruboziarnistego. Ziarna okrągławe, lepiszcze kalcytowe. Szczątki organiczne — jak w środku obrazu — dobrze zachowane.

Borysław sandstone —

Typical coarse-grained sandstone, rounded grains, calcitic cement. Organic remains — as in center of photo — in good state of preservation.

Porowatość — Porosity = 5.79% and 7.41%.

Fig. 21. Drasch VII. 1364—1366.1 m, No. 2.

Piaskowiec borysławski —

Piaskowiec gruboziarnisty. Ziarna okrągławe, lepiszcze kalcytowe, równomiernie rozwinięte. Niektóre czarne miejsca: ziarna chlorytu.

Borysław sandstone —

Coarse-grained sandstone. Grains rounded, calcitic cement developed uniformly. Some of the black specks indicate grains of chlorite.

Porowatość — Porosity = 6.34%.

Fig. 22. Drasch VII. 1370.2 m, No. 23. Nik. x

Piaskowiec borysławski —

Typ piaskowca w stadium silnego okrzemienia. Izotropowa krzemionka wyszła na zdjęciu czarno. Ziarna kwarcu okrągławe.

Borysław sandstone —

Type of sandstone in stage of advanced silicification. Isotropic silica appears on the photo in black. Quartz grains rounded.

Fig. 23. Rena VIII. 1376.1 m, No. 41.

Piaskowiec borysławski —

Ziarna kwarcu okrągławe wśród lepiszcza kalcytowego, zaznaczającego się na zdjęciu szaro. U góry po lewej stronie: wydłużony szczątek organiczny.

Borysław sandstone —

Rounded quartz grains among calcitic cement, the latter appearing on the photo in gray color. On the left top: an elongated organic remain.

Porowatość — Porosity = 8.53% and 7.53%.

TABLICA 13 [VII].

TABLE 13 [VII].

Fig. 24. Ratoczyn I. 1439.4—1440.5 m, No. 42.

Piaskowiec borysławski —

Typ piaskowca o lepiszczu kalcytowem. Znaczna ilość szczątków organicznych, zaznaczających się szaro lub czarno na zdjęciu (u góry z lewej strony i z prawej u dołu).

Borysław sandstone —

Typical sandstone with calcitic cement. Considerable quantity of organic remains appearing on the photo as gray or black (left top and right bottom).

Porowatość — Porosity = 5.36%.

Fig. 25. Dumba VI. 1390.1 m, No. 61. Nik. x

Piaskowiec serji podrogowcowej —

Ziarna kanciaste, ściśnięte. Ilość lepiszcza wapienno-ilastego niewielka. Ślady wtórnej krzemionki.

Sandstone from sub-chert series —

Angular grains pressed. Quantity of limy mud cement is not large. Traces of secondary silica.

Porowatość — Porosity = 13.46%.

Fig. 26. Jerzy IX. 1421.2 m, No. 21.

Piaskowiec serji podrogowcowej —

Ziarna — wielkie, okrągławe i drobne kanciaste — są objęte spoiwem kalcytowem. Czarne punkty: chloryt.

Sandstone from sub-chert series —

Grains — large rounded and small angular — are encompassed by calcitic cement. Black specks: chlorite.

Fig. 27. Ullmann. 1527—1528 m, No. 81.

Piaskowiec serji podrogowcowej —

Okruchy kwarcu równomiernej wielkości w lepiszczu ilastem, kalcytowem, barwy szaro brunatnej.

Sandstone from sub-chert series —

Quartz detritus of uniform size in argillaceous calcitic cement of grayish brown color.

TABLICA 14 [VIII].

TABLE 14 [VIII].

Fig. 28. Nahujowice I. 1101.6 m, No. 66. Nik. x

Piaskowiec serji podrogowcowej —

Piaskowiec drobnoziarnisty, równomierny o słabej konsystencji, prawie bez lepiszcza. Ślady opalowego, izotropowego lepiszcza, rozmieszczonego równomiernie.

Sandstone from sub-chert series —

Finely grained sandstone, uniform, of small consistency, almost without any cement. Traces of opaque isotropic cement uniformly disposed.

Porowatość — Porosity = 8.26%.

Fig. 29. Mrażnica XII. 1372.7 m, No. 75.

Strop serji menilitowej —

Wapień ilasto-kalcytowy, oolitowej budowy, z żyłkami kalcytu wtórnego.

Top of Menilite series —

Clayish-calclitic limestone of oolitic structure with veins of secondary calcite.

Fig. 30. Mrażnica XII. 1482.8 m, No. 76. Nik. x

Piaskowiec serji menilitowej —

Piaskowiec z partji przejściowej pomiędzy gruboziarnistym a drobniej ziarnistym. Drobne okruchy kwarcu otaczają całkowicie ziarna tegoż o większych wymiarach. Rzadkie ziarna glaukonitu.

Sandstone from Menilite series —

Sandstone from a bed transitory between the coarsely grained and the finely grained species. Fine quartz detritus surrounds entirely larger sized grains of the same material. Scarce grains of glauconite.

TABLICA 15 [IX].

TABLE 15 [IX].

Fig. 31. Galatti III. 1547.6 m, No. 43.

Eocen dolny —

Piaskowiec drobnoziarnisty z okruców kwarcu w wapienno-ilastem lepiszczu. Ślady chlorytu.

Lower Eocene —

Finely grained sandstone of quartz detritus suspended in limy clay cement. Traces of chlorite.

Porowatość — Porosity = 3.94%.

Fig. 32. Galatti III, 1554.8 m, No. 37.

Eocen dolny —

Piaskowiec drobnoziarnisty z okruców kwarcu w lepiszczu kalcytowem.

Lower Eocene —

Finely grained sandstone of quartz detritus in calcitic cement.

Porowatość — Porosity = 4.32%.

Fig. 33. Galatti III. 1554.8 m, No. 37.

Ta sama partja skały o powiększeniu 75-krotnem —

Białe ziarna kwarcu oddzielone gruboziarnistym, na zdjęciu szarym kalcytem, częściowo zarysowanym prążkami.

The same portion of rock magnified 75 times —

White grains of quartz separated by coarse-grained — on the photo gray — calcite that is banded in parts.

Fig. 34. Ralli II. 1422.1 m, No. 38. Nik. x

Warstwy popielskie (Eocen górny) —

Piaskowiec. Ziarna kwarcu wielkości różnych przylegają ścielnie do siebie i zazębiają się wzajemnie. Na brzegach poszczególnych okrągławych ziaren kwarcu często osłona wtórnego kwarcu, nie dającego jednak zwięzłego lepiszcza.

Popiele Beds (Upper Eocene) —

Sandstone. Quartz grains of various size adhere closely to and interserrate each other. Upon the surface of individual rounded quartz grains there frequently spreads a cover of secondary quartz which, however, does not provide a continuous cement.

Porowatość — Porosity = 17.12% and 9.79%.

TABLICA 16 [X].

TABLE 16 [X].

Fig. 35. Ralli II. 1800 m, No. 40. Nik. x

Piaskowiec jamneński —

Piaskowiec drobnoziarnisty, złożony z ziaren przylegających blisko i zazębionych.

Jamna sandstone —

Finely grained sandstone composed of grains adhering closely to each other and interserrated.

Porowatość — Porosity = 8.87%.

Fig. 36. Well 5-Oil Field „LIPA“ in Lipinki, 293.5 m. Nik. x

Piaskowiec ciężkowicki — (*Eocen*) —

Piaskowiec drobnoziarnisty. Ziarna kanciaste jednakowej wielkości. Ciemne miejsca na zdjęciu: przeważnie chloryt, otoczony izotropową krzemionką. Dużo minerałów ciężkich.

Ciężkowicer sandstone — (*Eocene*) —

Finely grained sandstone. Angular grains of uniform size. Dark spots on photo are chiefly chlorite, surrounded by isotropic silica. Large proportion of heavy minerals.

Pórowatość — Porosity = 23.87% and 24.62%.

Fig. 37.

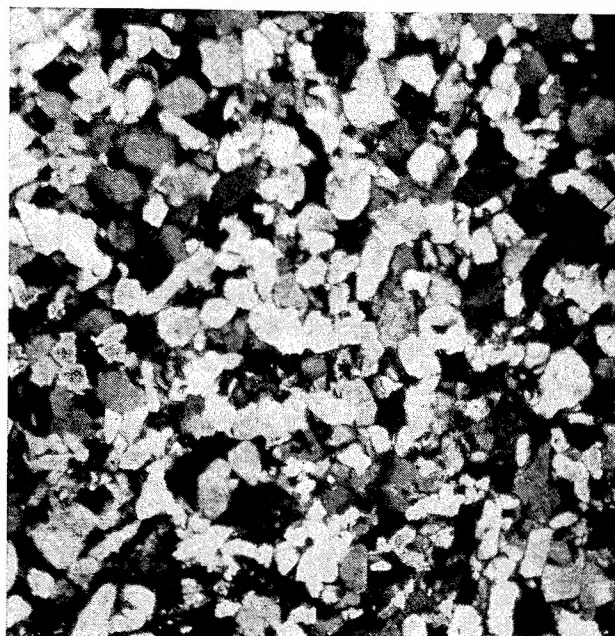
Aparaty Russella i Frasera do mierzenia porowatości i wydzielenia minerałów ciężkich.

Roussell's and Fraser's apparatus for determination of porosity and for separation of heavy minerals.

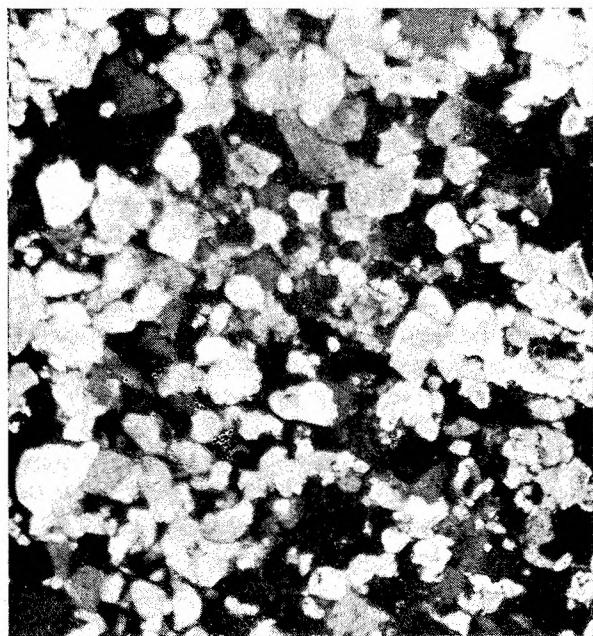
PIASKOWIEC BORYSŁAWSKI



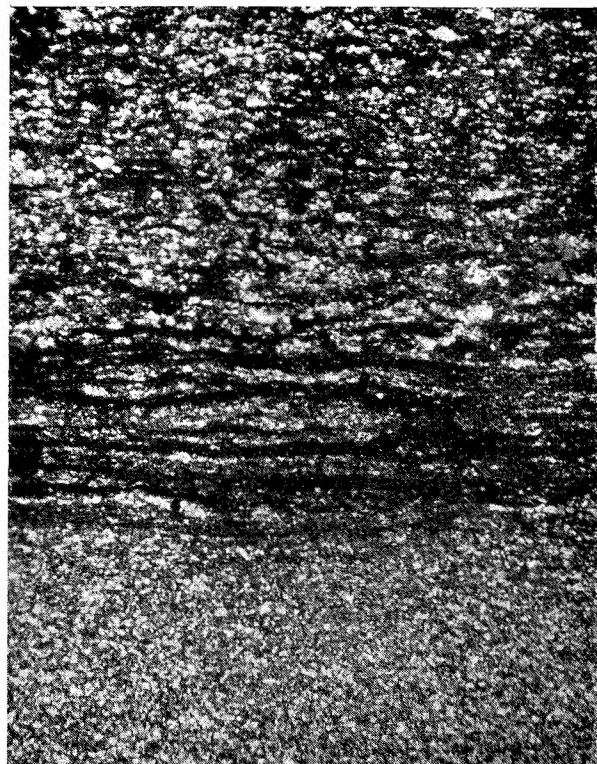
1. Horodyszcz II. 1434—1435 m



2. Horodyszcz II. 1438 m

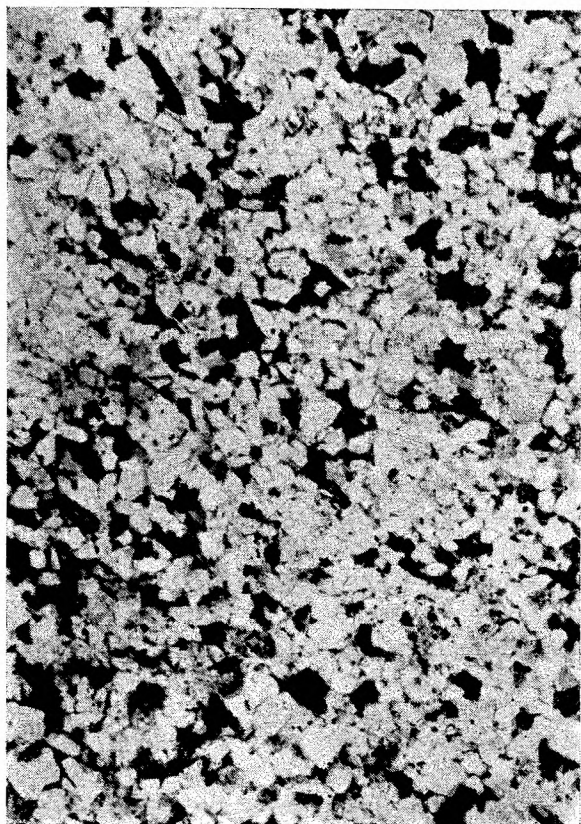


3. Horodyszcz II. 1447.2 m

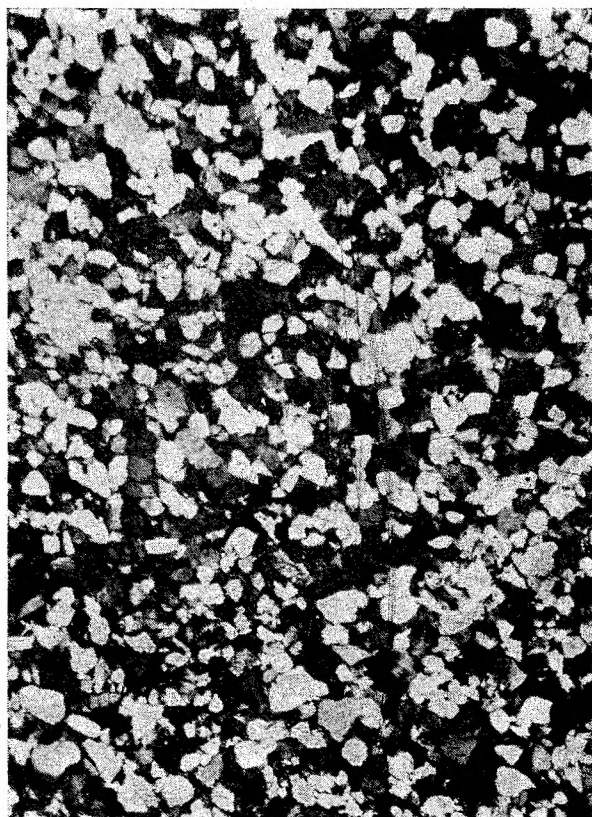


4. Horodyszcz II. 1447.2 m

PIASKOWIEC BORYSŁAWSKI



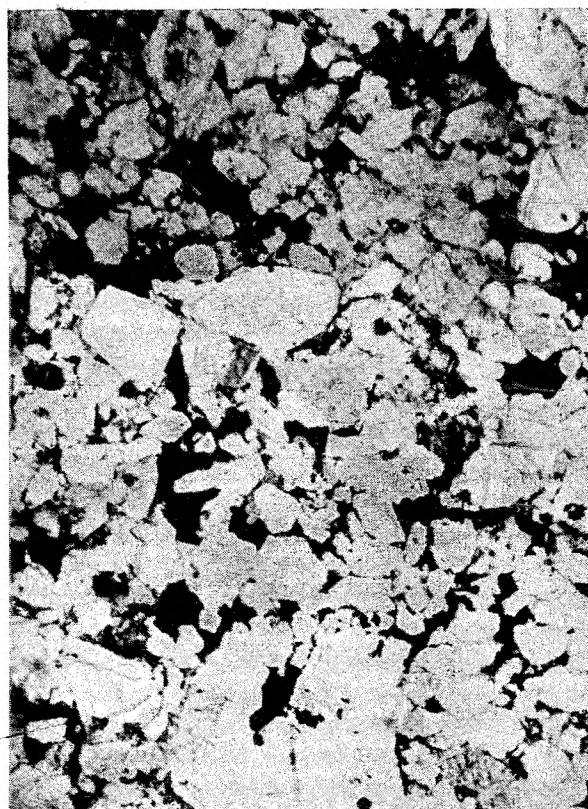
5. Standard II. 1480 m



6. Standard II. 1480 m



7. Joffre II. 1462.5 m



8. Joffre II. 1463.5 m

PIASKOWIEC BORYSŁAWSKI.



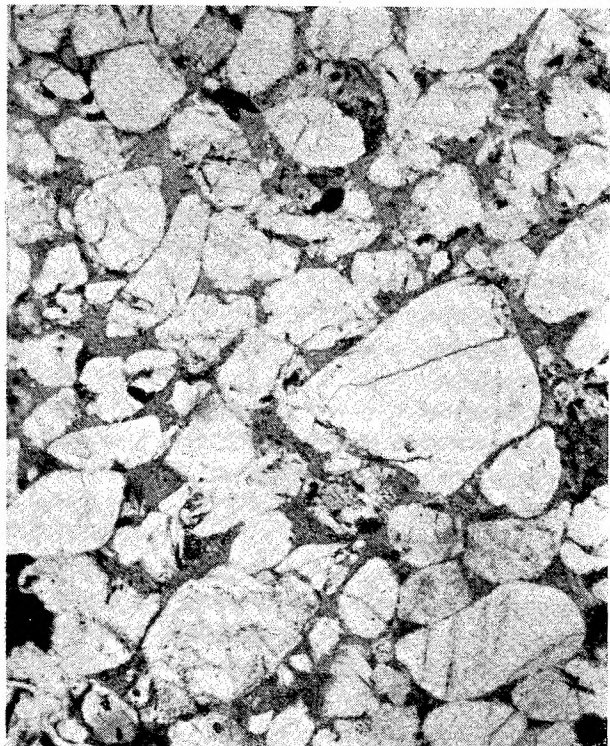
9. Mrażnica I. 1528·8 m



10. Mrażnica II. 1524·3 m

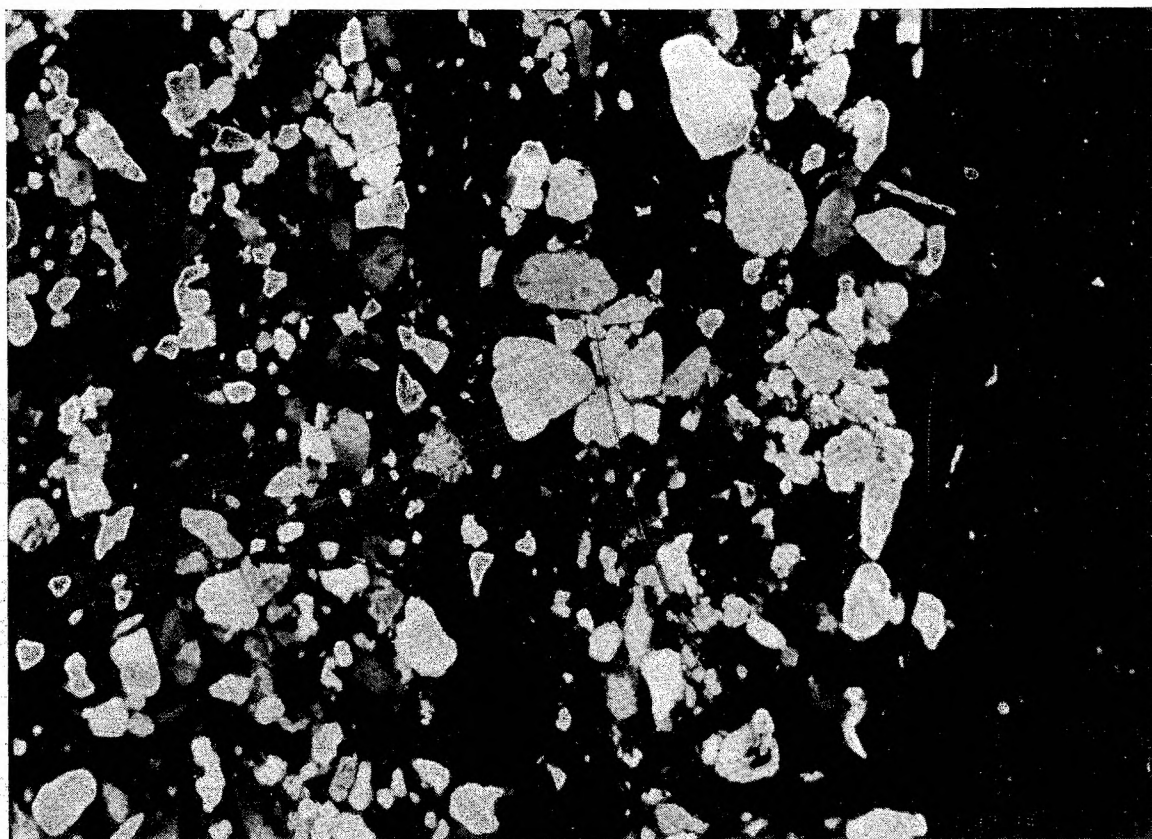


11. Mrażnica II. 1524·3 m



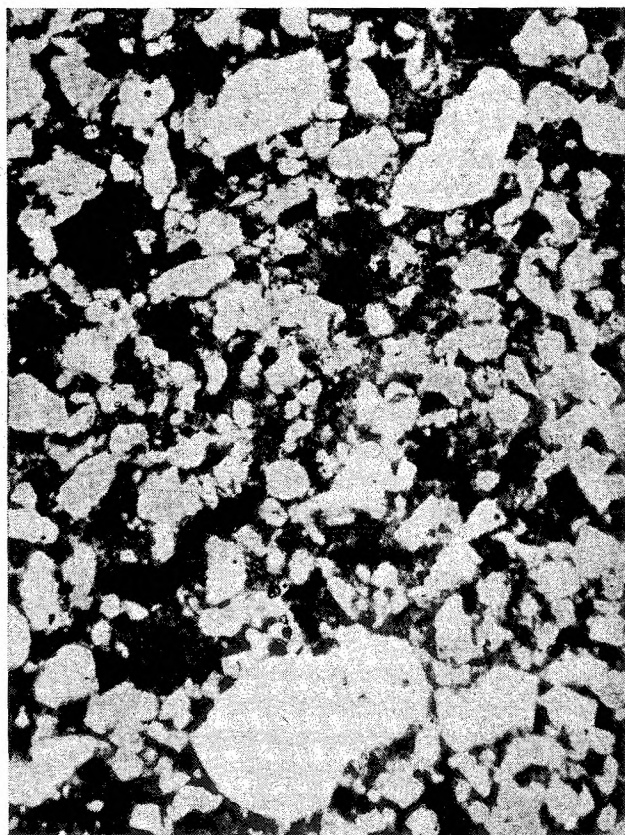
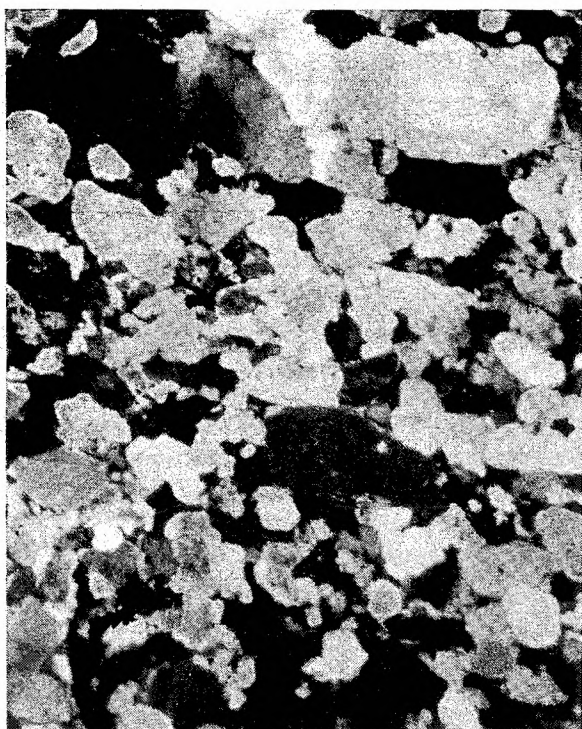
12. Eglon II. 1076·7—1076·9 m

SERJA PODROGOWCOWA



13. Fanto 58. 1441'5 m

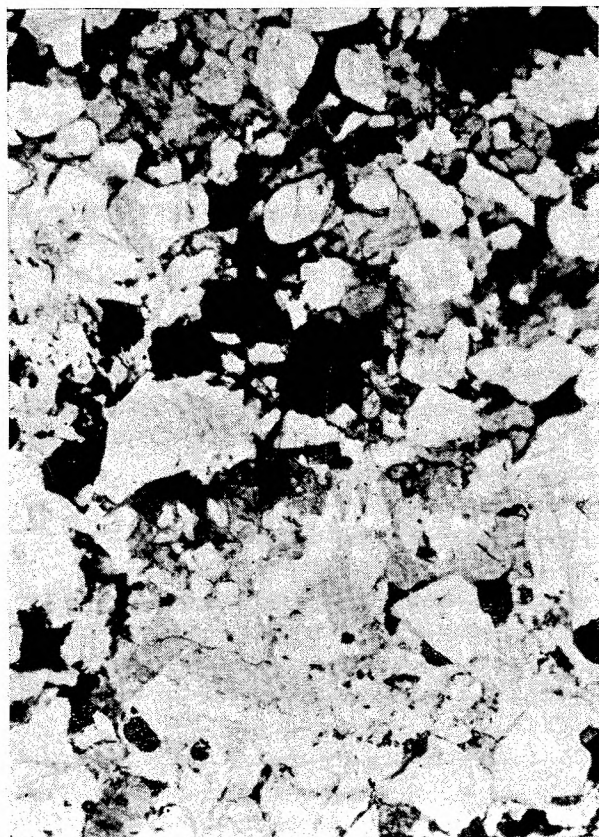
PIASKOWIEC BORYSŁAWSKI



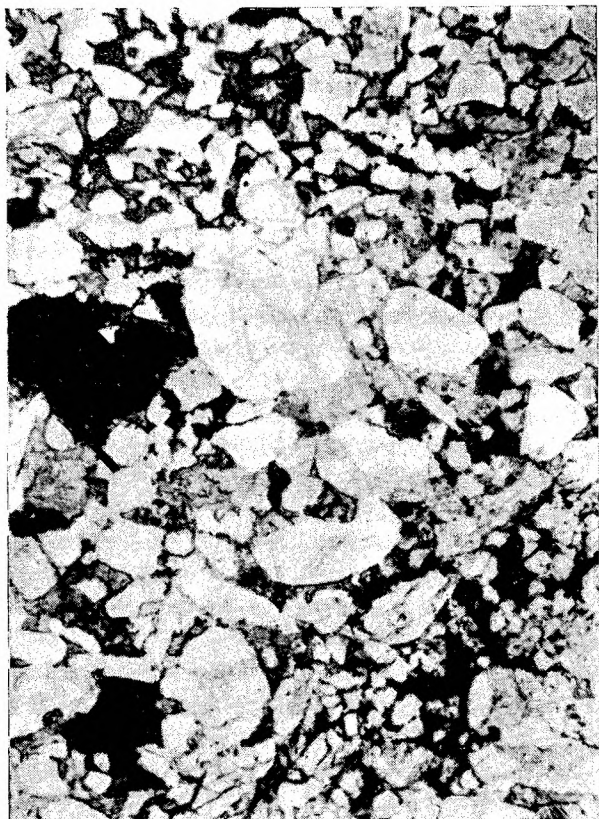
PIASKOWIEC BORYSŁAWSKI



16. Brugger I. 1325—1327 m



17. Camus IV. 1368·4 m



18. Horodyszczce VIII. (Galicja). 1430·0 m



19. Mela. 1469·7 m

PIASKOWIEC BORYSŁAWSKI



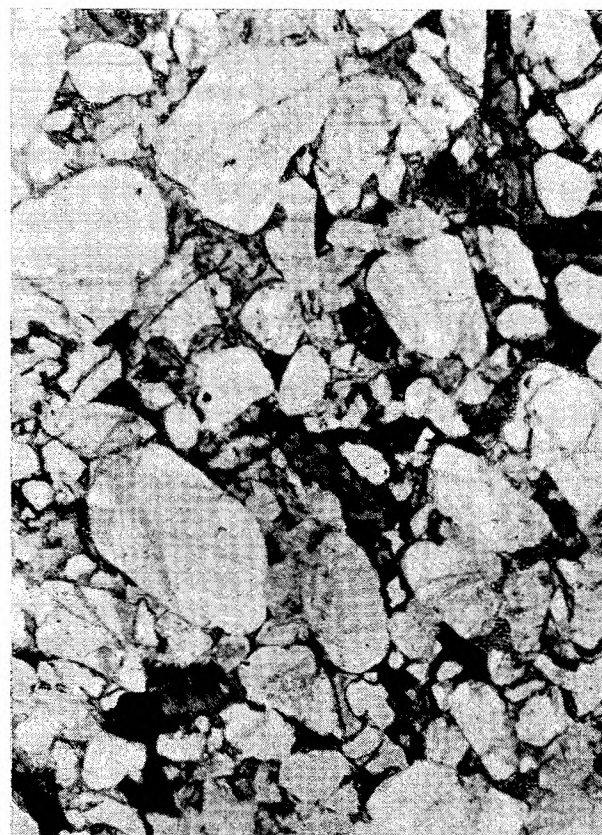
20. Niagara II. 1239—1245 m



21. Drasch VII. 1364—1366.1 m



22. Drasch VII. 1370.2 m



23. Rena VIII. 1376.1 m

PIASKOWIEC BORYSŁAWSKI

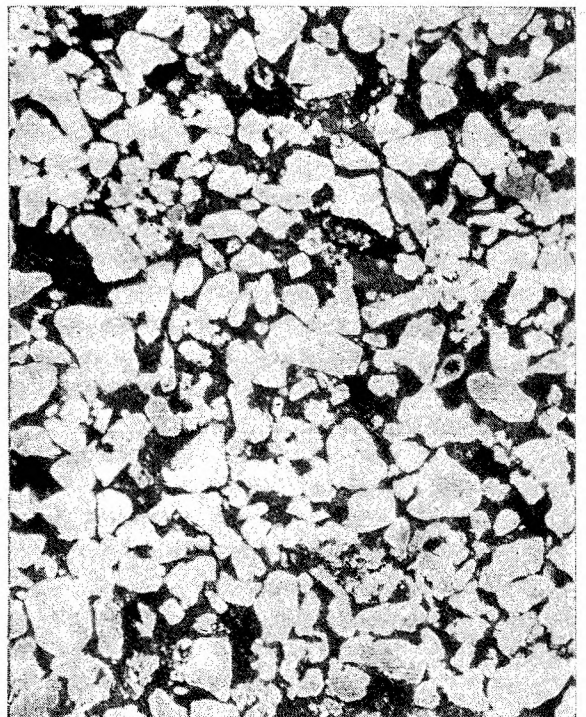
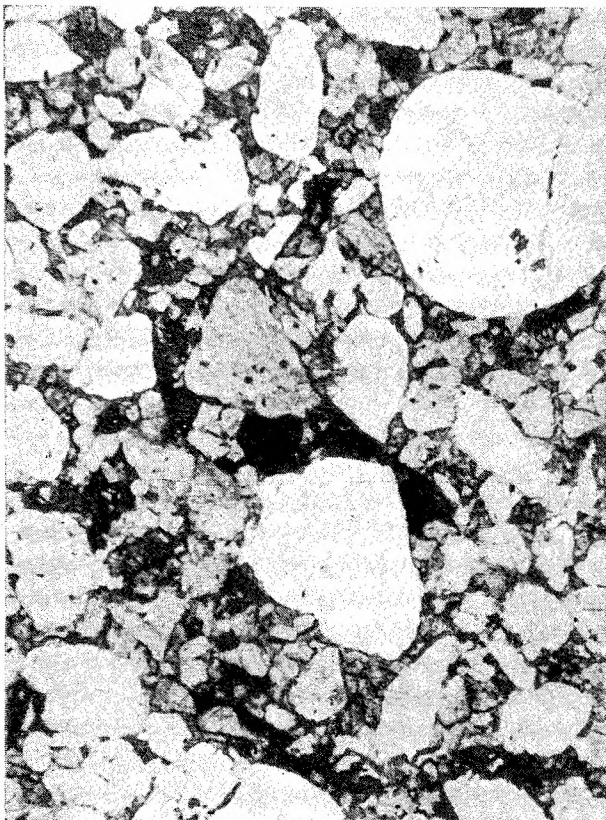
PIASKOWIEC SERJI PODROGOWCOWEJ



24. Ratoczyn I. 1439'4—1440'5 m

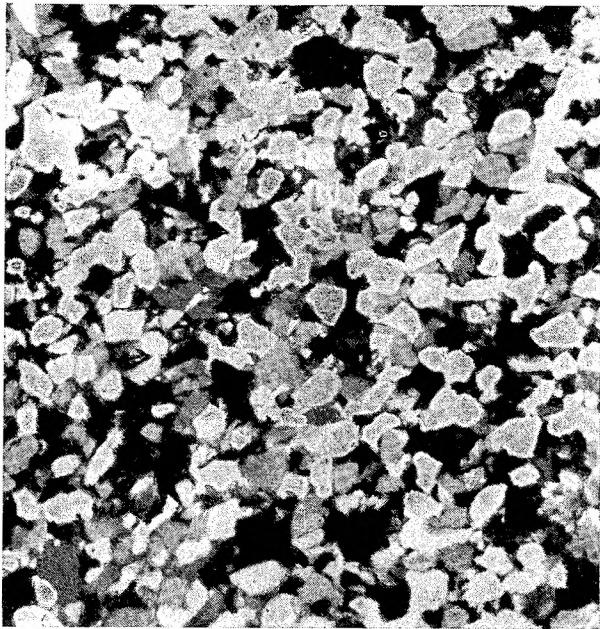
25. Dumba VI. 1390'1 m

PIASKOWIEC SERJI PODROGOWCOWEJ



SERJA PODROGOWCOWA

SERJA MENILITOWA

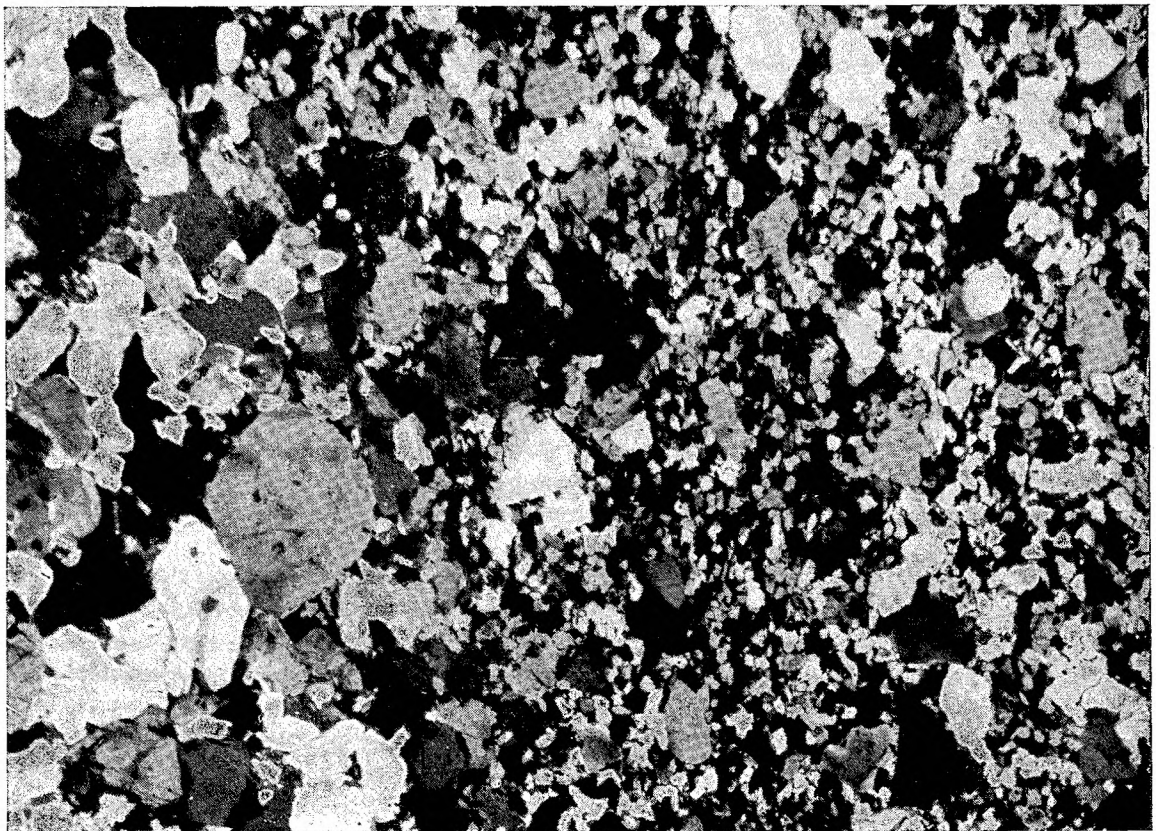


28. Nahujowice I. 1101:6 m



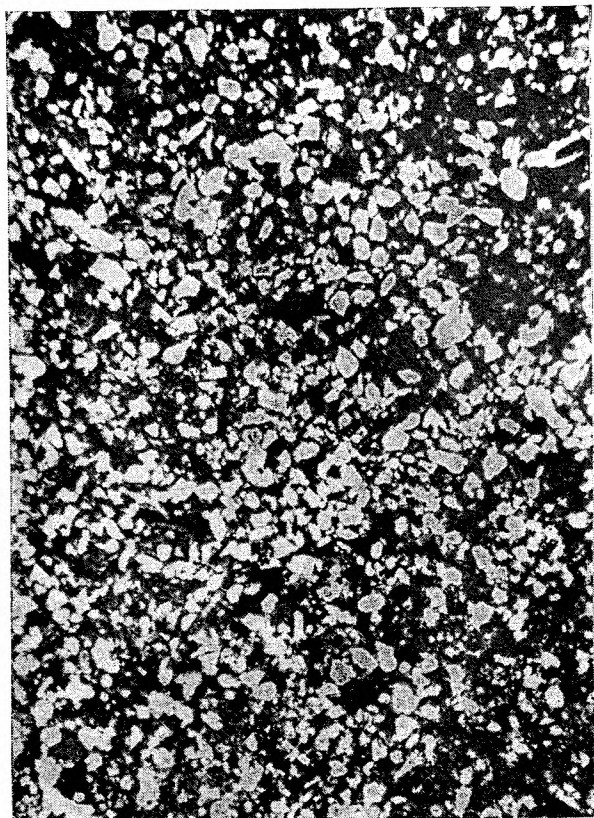
29. Mrażnica XII. 1372:7

SERJA MENILITOWA

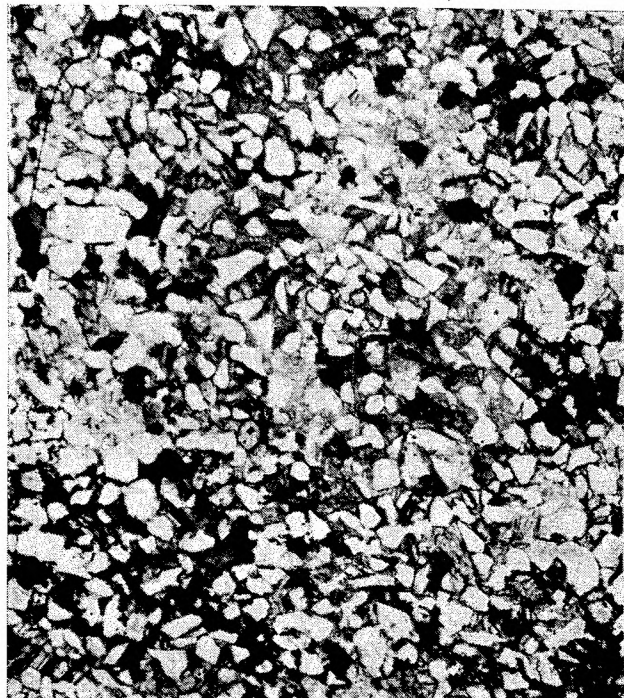


30. Mrażnica XII. 1482:8 m

EOCEN



31. Galatti III. 1547·6 m



32. Galatti III. 1554·8



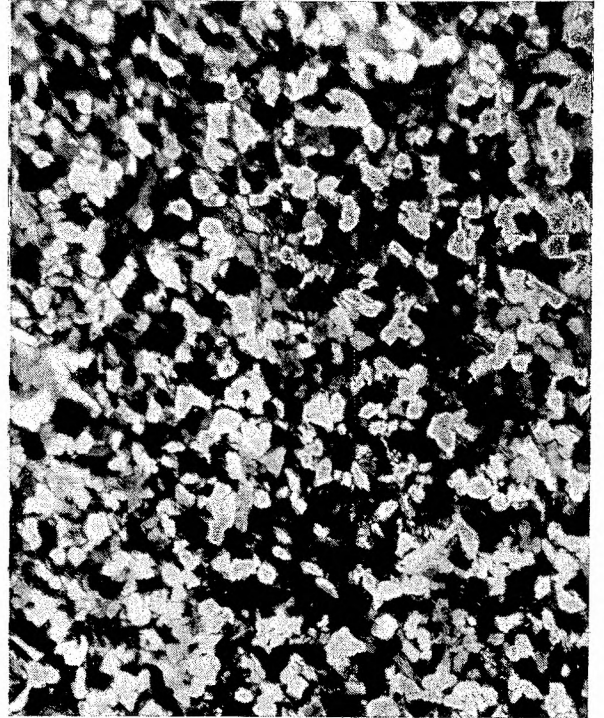
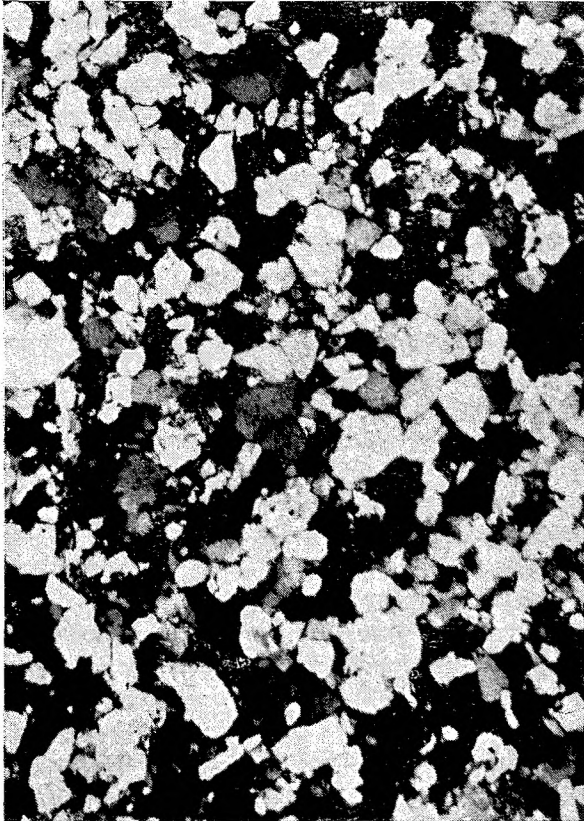
33. Galatti III. 1554·8 m



34. Ralli II. 1422·1 m

PIASKOWIEC JAMNEŃSKI

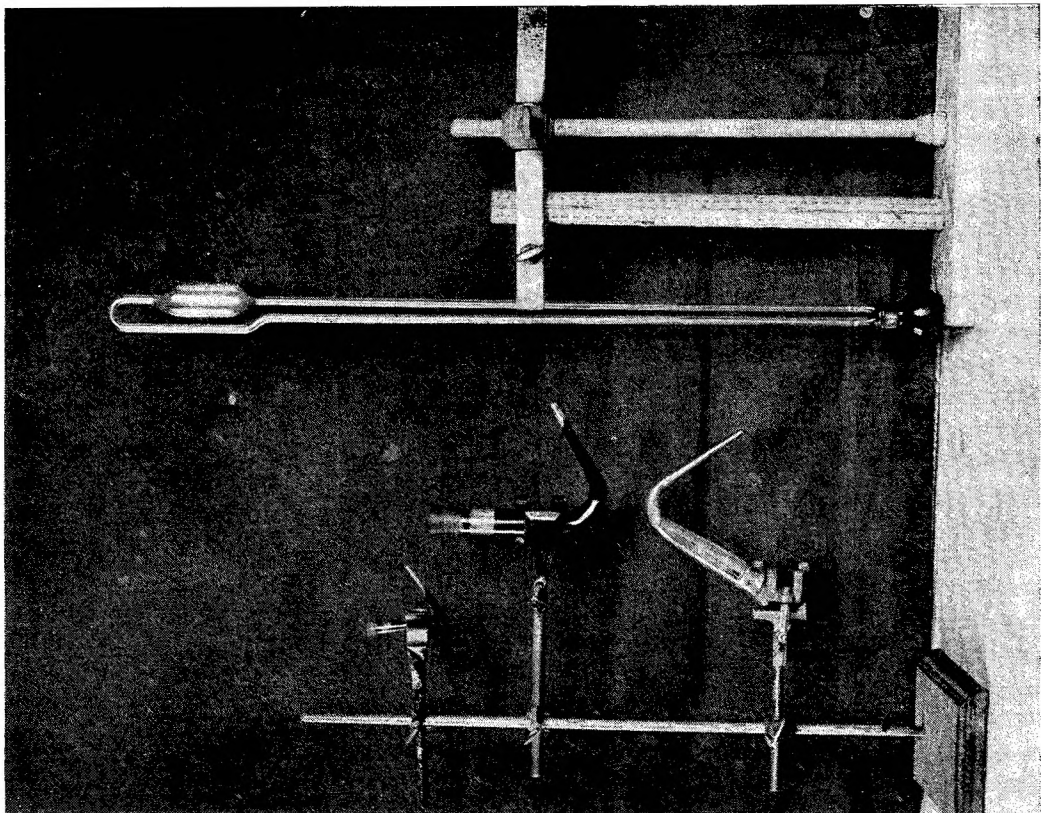
PIASKOWIEC CIĘŻKOWICKI



35. Ralli II. 1800 m

36. Well 5-Oil Field „Lipa“ in Lipinki.
293.5 m

APARATY WEDŁUG RUSSELLA I FRASERA.



37.