

MICHALINA KUCIA-LUBELSKA

WIEK SERII WITOWSKIEJ W ŚWIETLE BADAŃ MINERAŁÓW CIĘŻKICH

(2 fig.)

The age of Witów series based on the heavy mineral assemblages

(Summary)

(2 Figs.)

Treść. Badania terenowe oraz analizy minerałów ciężkich pozwoliły stwierdzić, że seria witowska jest osadem rzeczonym złożonym w okresie od górnego toronu po dolną granicę czwartorzędu w rynnę wyciętej w łałach miocenijskich.

WSTĘP

W dolinie Wisły między Brzeskiem Nowym a Witowem szczególną uwagę zwracają osady żwirowo-piaszczyste, które J. Ł y c z e w s k a (1948) nazwała serią witowską (fig. 1).

Obszar, w którym występuje seria witowska, leży na granicy dwóch wielkich jednostek geomorfologicznych: kotliny sandomierskiej i niecki nidziańskiej. W skład niecki nidziańskiej wchodzi południowo-wschodnia część płaskowyżu proszowickiego, a do kotliny sandomierskiej należy dolina Wisły. Zróżnicowanie na jednostki morfologiczne zaznacza się bardzo wyraźnie w krajobrazie.

Płaskowyż proszowicki opada stromym progiem o wysokości 40—80 m n.p.m. do doliny Wisły. W dolinie Wisły przeciętna wysokość waha się od 180—196 m n.p.m. Dolina Wisły jest asymetryczna. Dno doliny zajmuje terasa zalewowa o wysokości względnej 1—6 m. Na lewym brzegu ponad terasę zalewową wznosi się 15-metrowy poziom lessowy. Najwyższym elementem w dolinie Wisły są spłaszczone Garby Witowskie. Występują one na lewym brzegu doliny w granicach od 210—280 m n.p.m. i ciągną się pasmem zwężającym się ku SE, położonym na dziale wodnym między Wisłą a Szreniawą. Omawiany obszar jest częścią zapadliska przedkarpackiego.

Najstarszymi utworami trzeciorzędowymi występującymi w odkrywkach i płytkich wierceniach są ły, żwiry i piaski. Żwiry i piaski tworzą serię witowską. Ponad serią witowską zalega czwartorzęd reprezentowany przez płyty moreny, głązy narzutowe, aluwia plejstocenijskie i holocenijskie.

Dolina Wisły między Brzeskiem Nowym a Witowem została zbadana jako jeden z odcinków do ogólnego opracowania rozwoju morfologicznego doliny Wisły od źródeł po Sandomierz, przygotowywanego na Kongres INQA (1961). Badania były prowadzone pod kierunkiem prof. dra M. Klimaszewskiego i doc. dra L. Starkla. Analizy minerałów ciężkich wykonano pod kierunkiem dr inż. M. Kryskiej. Za udziele-

nie rad i wskazówek przy opracowaniu niniejszego artykułu składam podziękowania dr inż. M. Kryśowskiej, doc. drowi L. Starkłowi i doc. drowi Z. Czappemu.

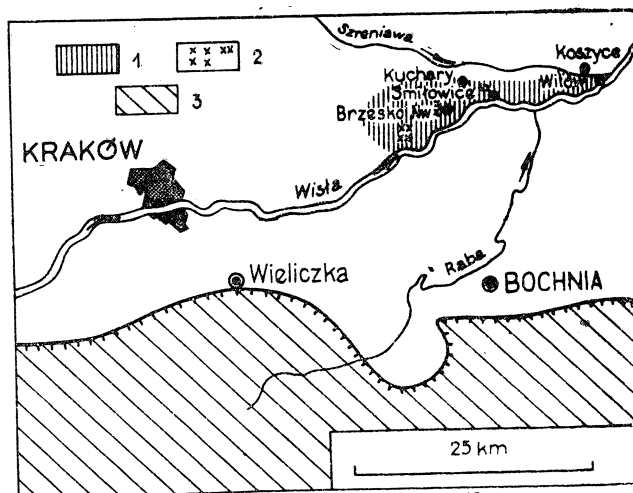


Fig. 1. Obszar występowania serii witowskiej: 1 — seria witowska; 2 — odkrywki; 3 — Karpaty fliszowe

Fig. 1. Schematic map showing the occurrences of Witów series; 1 — Witów series; 2 — outcrops; 3 — Flysch Carpathians

STAN DOTYCHCZASOWYCH BADAŃ W DOLINIE WISŁY MIĘDZY BRZESKIEM NOWYM A WITOWEM

W dotychczasowej literaturze istnieje kilka opracowań dotyczących serii witowskiej, wysuwających różne hipotezy w odniesieniu do jej genezy i wieku. Najstarsza wzmianka pochodzi z mapy załączonej do pracy J. B. P u s c h a (1881), który utwory budujące pas wzniesień na lewym brzegu Wisły nazywa molasą. W roku 1912 w związku z badaniami archeologicznymi w Jaksicach W. K u Ź n i a r (1914) opracował geologię tego obszaru. Fragmenty pokryw żwirowych, które znalazł w Jaksicach (mapa w skali 1 : 75 000, punkty wysokościowe 256 i 270 m n.p.m.) uważa za żwirowiska skał karpackich osadzonych przez Rabę w plejstocenie.

Na osady żwirowo-piaszczyste występujące w Witowie zwraca uwagę J. F l i s (rękopis 1935). Uważa on, że seria witowska jest materiałem rzeczonym osadzonym na pliocenie.

W roku 1948 ukazało się opracowanie J. Ł y c z e w s k i e j, która zajmuje się szerzej serią żwirowo-piaszczystą, szczególnie profilami Witowa, gdzie wymieniona seria jest najlepiej odsłonięta. Na podstawie ułożenia otoczków oraz obecności fauny otwornic w wkładkach ilastych przyjmuje, iż fragmenty pokryw żwirowo-piaszczystych serii witowskiej są synchroniczne z osadami górnego tortonu, jednak o innym wykształceniu facjalnym na skutek różnych warunków sedymentacji. Według J. Ł y c z e w s k i e j są to przewarstwione osady spływającego się morza górnortonońskiego z osadami potoków górskich i rzek, działającymi intensywnie w czasie ruchów górotwórczych w Karpatach.

W wydawnictwach kartograficznych Instytutu Geologicznego: z 1947 roku (mapa geologiczna zakryta w skali 1 : 300 000 arkusz Kielce) do serii witowskiej zaliczono ily i żwir z materiałem karpackim, bliżej ich nie datując, natomiast na mapie odkrytej w 1953 roku serię oznaczono jako fację piaszczysto-żwirową sarmatu dolnego.

Odmienne datuje serię witowską E. Rühle (1957), który uważa, że seria witowska (piaski ze żwirami) odpowiada preglacjałowi — najstarszemu zlodowaceni, starszemu od zlodowacenia krakowskiego.

Pogląd J. Łyczewskiej datujący serię witowską został poddany krytyce przez R. Gradzińskiego i R. Unruga (1959). Autorzy odrzucają hipotezę J. Łyczewskiej, ponieważ podstawowe kryterium (datowanie otwornic) jest ich zdaniem nie do przyjęcia, gdyż zły stan zachowania i przemieszanie zespołów otwornic dolnego i środkowego tortonu wskazuje, że otwornice leżą na drugorzędnym złożu.

Występowanie serii witowskiej w dolinie Wisły, obecność otoczków wapieni jurajskich pochodzących z Wyżyny Krakowskiej oraz kierunek transportu z W na E wskazują, że stanowi ona osad złożony przez rzekę. Z rozmieszczenia serii naprzeciwko ujścia Raby do Wisły autorzy wnioskują, że głównym źródłem tego materiału był obszar dorzecza Raby. Na podstawie przeprowadzonych obserwacji występowania otoczków skał północnych autorzy twierdzą, że seria jest wieku plejstoceni, genetycznie związana z fazą recesji lądolodu i „reprezentuje interstadia zlodowacenia krakowskiego następującego po wcześniejszym stadiale, którego materiał erratyczny został złożony na południe od Wisły”.

Tak więc wiadomości i hipotezy dotyczące serii witowskiej są bardzo różne, oparte na odmiennych, czasem nikłych dowodach, jednak nie rozstrzygających stratygrafii tej serii. W związku z tym wyłonił się problem ustalenia, o ile to jest możliwe, wieku serii witowskiej i jej genezy przy pomocy innych metod. W niniejszym artykule badania nad stratygrafią serii witowskiej oparte zostały na wynikach badań terenowych: geomorfologicznych, geologicznych i petrograficznych.

Wyniki badań, które publikuje, są częściowo odpowiedzią na notatkę J. Łyczewskiej zamieszczoną w Przeglądzie Geologicznym nr 10 z 1960 r., w której autorka kwestię serii witowskiej pozostawia otwartą, wymagającą zastosowania nowych metod badań.

SERIA WITOWSKA

Rozmieszczenie i typy osadów serii witowskiej

Po dokładnym zapoznaniu się z budową geologiczną obszaru zawartego w widłach Wisły i Szreniawy stwierdzono, że utwory serii witowskiej wykształcone są w postaci dwóch ząbających się typów osadów: żwirowo-piaszczystych i piaszczystych (fig. 2).

Seria żwirowo-piaszczysta najlepiej odsłonięta jest w Witowie, Kucha-

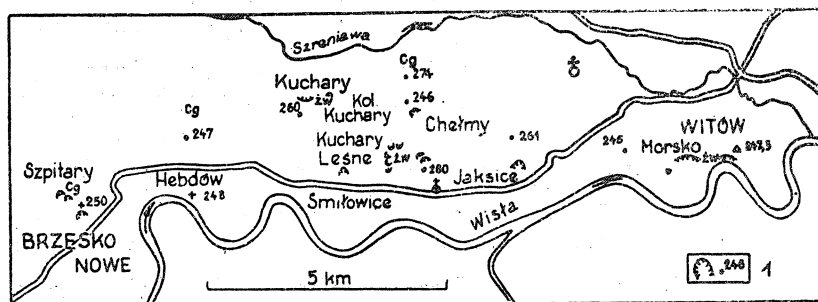


Fig. 2. Rozmieszczenie pobranych próbek serii witowskiej: 1 — miejsca pobrania próbek

Fig. 2. Localizations of samples: 1 — samples

rach, fragmentarycznie w Morsku i Jaksicach (fig. 2). Największe odkrywki to żwirownie Witów 1 i 2 nad Wisłą o ekspozycji południowej, występujące w poziomie od 195 m — 240 m npm. W Morsku osady te występują na wysokości 230 m npm. (40 m nad poziomem koryta Wisły). Seria żwirowo-piaszczysta odsłania się w ostańcowatych pagórach: Chełmu 280 m npm. (Cg 260 m npm. ekspozycja S), Kuchary Leśne o wys. 240 m npm. (w punkcie mapy 1 : 100 000 — 245 m npm.), Kolonia Kuchary — 225 m npm. (w punkcie 246 m npm., ekspozycja SW), Kamieniec 269,8 m npm. (na N i NW stokach znajduje się duża żwirownia na poziomie 225—230 m npm.).

Piaszczysta seria witowska występuje na poziomie 200—230 m npm. Odsłania się w Śmiłowicach na poziomie 208—215 m npm. na SW od Kamieńca, w Brzesku Nowym, po prawej stronie szosy Brzesko Nowe — Proszowice na poziomie 205—215 m npm. i Szpitarach, w stoku garbu o najwyższej kulminacji 252 m npm., na wysokości 200—230 m npm.

Z rozmieszczenia serii wynika, że tworzyła ona rozległą powierzchnię, obecnie zachowaną we fragmentach. Spąg serii witowskiej nie odsłania się nigdzie na powierzchni w obrębie badanego terenu. Na podstawie wywiadów studziennych i płytkich wierceń stwierdzono, że jej spąg stanowi ił niebiesko-szary. Zalega ona na poziomie 175—195 m npm., ma prawdopodobnie bardzo urozmaiconą i nierówną rzeźbę powierzchni (pod korytem Wisły znajduje się ona na głębokości 8—11 m, w poziomie lessowym na głębokości 11—14 m, w obrębie Garbów Witowskich występuje w odkrywkach cegielni Szpitar i Przybysławic na głębokości około 40—60 m). Zatem seria witowska została prawdopodobnie złożona w dnie doliny wyciętej w iłach, jest pokrywą włożoną. Brak odkrywek tego horyzontu nie pozwala bliżej określić charakteru jego powierzchni.

Ponad serią witowską zalegają utwory czwartorzędowe: przemyte fragmenty moreny dennej drugiego zlodowacenia, żwiry mieszane, margiel lodowcowy, piaski fluwioglacjalne i less. Utwory te rozmieszczone są bardzo nierówno na serii witowskiej. Morena występuje w płatach na różnej wysokości i tworzy strop żwirów karpackich serii witowskiej. W Witowie oprócz moreny strop serii stanowią: żwiry mieszane i iły.

Ławice żwirów serii żwirowo-piaszczystej mają bardzo zmienną miąższość: 0,5—3,00 m. Przeważnie są to żwiry karpackie, polimiktyczne: głazy i otoczaki piaskowców, kwarcytów, kwarców białych, różowych, czarnych, rogowców, łupków krystalicznych, rzadziej spotyka się otoczaki wapieni jurajskich, a zupełnie sporadycznie egzotyki oraz otoczaki jasnego granitu tatrzańskiego (Kuchary 246 m npm.). Brak jest otoczków skał północnych. Żwir jest źle wysortowany, kształtu owalnego, obtoczony, o średnicy 2—60 cm. Jest nadwietrzały i bardzo zwietrzały (widoczne pierścienie Lizeganga i rdzawe plamy powstałe ze zwietrzenia żwirów). Często żwiry posiadają czarną pokrywę manganową. Całe ławice żwirów są scementowane spoiwem wapnistym, żelazistym, piaszczysto-ilastym. Piaski serii żwirowo-piaszczystej są przeważnie grubo- i średnioziarniste, barwy od jasnopopielatej do rdzawej, silnie scementowane, smugowane i warstwowane. W ławicach piasku spotyka się cienkie wkładki drobnego żwirku o średnicy 0,5—2,00 cm. Piaski serii piaszczystej są średnio- i drobnodziarniste, rzadziej gruboziarniste. Miąższość ławic 0,50—1,50 m. Barwa piasku jest od jasnożółtej do rdzawej. Brak żwiru o średnicy poniżej 0,5 cm. Osady piaszczyste występują na SE od serii żwirowo-piaszczystej.

W osadach piaszczystych występują mułowce popielatoszare i zapiaszczone, tworzące cienkie wkładki.

Żwiry w serii żwirowo-piaszczystej najczęściej ułożone są dachówkowato i płasko. W strefie zaburzeń występują w postaci tłoku żwirowego. Nachylenie warstw jest bardzo różne. Przeważa upad warstw ku E i SE. Piaski serii żwirowo-piaszczystej mają warstwowanie przekątne oraz występują w postaci soczewkowatych ławic.

Seria witowska piaszczysta ma warstwy ułożone horyzontalnie. Dla ławic piasków serii żwirowo-piaszczystej charakterystyczne są wąskie spękania barwy rdzawej, pionowe lub lekko nachylone.

Seria witowska posiada silne zaburzenia krioturbacyjne. Występują one na wysokości od 210 m npm. w postaci klinów.

Petrografia serii witowskiej

W celu poznania warunków sedymentacji i wieku serii witowskiej szczególną uwagę zwrócono na osady piaszczyste. Obserwacje oparto na analizach próbek piasków pobranych na różnych głębokościach, przeważnie od 1—20 m. Wykonano analizy mechaniczne, sitowe dla 100 g wysuszonej próbki. Po rozdzieleniu na frakcje stwierdzono, że przeważają ziarna piasku średnioziarniste o średnicy 0,4 mm — 0,2 mm. Frakcje o średnicy ziarn mniejszych od 0,5 mm zostały oczyszczone w kwasie solnym, a następnie rozdzielone w bromoformie na frakcję lekką i ciężką. Preparaty utrwalono w balsamie kanadyjskim, ustalono ilościowy skład minerałów przez przeliczenie 300 ziarn oraz zbadano obtoczenie ziarn kwarcu i ziarn minerałów ciężkich.

Minerały ciężkie

Występowanie minerałów ciężkich

Próbki pobrano z piasków drobno-, średnio- i gruboziarnistych, kwarcowych serii żwirowo-piaszczystej i piaszczystej.

Zawartość procentową minerałów ciężkich ilustruje tabela 1.

Charakterystyka minerałów ciężkich

Zespół minerałów ciężkich występujący w serii witowskiej piaszczystej i żwirowo-piaszczystej składa się z minerałów: nieprzeźroczystych, granatu, cyrkonu, rutilu, staurolitu, oraz nieznacznych ilości epidotu, chlorytu, cyjanitu, muskowitu. Wyżej podany zespół minerałów ciężkich, typowy dla całej serii witowskiej, wykazuje małą zmienność ilościową i jakościową, brak składników mniej odpornych na transport i wietrzenie, co świadczy, że seria witowska jest pokrywą starszą. Wszystkie ziarna minerałów ciężkich występujące w tej serii są bardzo słabo obtoczone (obliczono wg metody Ruchina). Słabe obtoczenie ziarn świadczy o tym, że piaski przeszły krótki transport. (tab. 2)

Charakterystyka minerałów warstw leżących na serii witowskiej

Z warstw leżących na serii witowskiej wykonałam analizy dla dwóch prób pochodzących z Witowa i Śmiłowic. Próbki pobrałam z klinów o głębokości 8 m wypełnionych piaskiem budującym strop odkrywek.

Charakterystyczny zespół minerałów ciężkich ze stropu serii składający się z: granatu, staurolitu, cyrkonu, turmalinu, rutilu, amfibolu, an-

Tabela 2

Wskaźniki obtoczenia ziarn minerałów ciężkich (obliczonych wg metody Ruchina)
wartości podano w procentach
Ruchin's roundness coefficients of heavy minerals in Witów series

Nr próbki	3	6	9	10	11	18
Witów	9,75	11,75	12,75	9,50	—	—
Kuchary	—	—	—	—	10,70	—
Brzesko Nowe	—	—	—	—	—	11,50

Tabela 3

Procentowa zawartość minerałów ciężkich w utworach pokrywających serię witowską
Heavy minerals composition in sediments covering the Witów series

Minerał	Witów	Śmiłowice
nieprzeźroczyste	41,7 %	38,0 %
granat	38,7 %	41,0 %
cyrkon	1,7 %	5,7 %
staurolit	5,3 %	6,0 %
turmalin	2,0 %	2,3 %
rutyl	7,7 %	1,3 %
cyjanit	3,0 %	2,0 %
amfibol	2,0 %	1,3 %
andaluzyt	2,0 %	—
syllimanit	1,7 %	—
epidot	1,3 %	1,0 %

andaluzytu, sillimanitu, epidotu, cyjanitu (tab. 3) różni się od zespołów minerałów ciężkich serii witowskiej tym, że obok minerałów odpornych występują minerały mało odporne, jak: amfibol, andaluzyt, sillimanit, epidot. Wskazywałoby to, że strop serii witowskiej jest już inną pokrywą, młodszą. Fakt ten potwierdza też obtoczenie ziarn minerałów ciężkich i ziarn kwarcu (tab. 4).

Tabela 4

Obtoczenie ziarn minerałów ciężkich i kwarcu w utworach pokrywających serię witowską
Ruchin's roundness coefficients of heavy minerals and sand grains in sediments covering the Witów series

Miejscowość	Obtoczenie minerałów ciężkich i kwarcu obliczone wg metody Ruchina w %	
	minerały ciężkie	kwarc
Witów	—	79,95
Śmiłowice	67,2	60,00

Przytoczone zespoły minerałów ciężkich z osadów serii witowskiej wykazują duże podobieństwo do zespołów minerałów ciężkich oznaczonych

w piaskach bogucickich przez J. Ł o z i ń s k i e g o (1959) jako górnotor-
tońskie (tabela 5). To podobieństwo wskazuje na wspólne źródło materiału
piaszczystego, którym są piaskowce fliszu karpackiego.

Tabela 5

Porównanie osadów serii witowskiej z miocenскими osadami piaszczystymi
Comparison of Witów series with Miocene sand deposits

Minerały	piaskowce bogucickie Bogucice sandstones			seria witowska Witów series
	Rajsko %	Bogucice Bie- żanów war- stwa I %	Kosocice %	Witów nr próbki 2 %
Granat	58,0	50,0	34,0	42,0
Cyrkon	23,0	28,0	9,0	7,0
Rutyl	8,0	9,0	8,0	4,0
Turmalin	5,0	5,0	4,0	3,3
Staurolit	6,0	6,0	3,0	7,0
Epidot	—	1,0	ślady	0,3
Chloryt	—	ślady	—	—
Nieprzeźroczy- ste	—	—	—	—

Wnioski

Z przeprowadzonych analiz wynika, że na badanym terenie występują dwa typy osadów o różnych zespołach minerałów ciężkich. Jeden z nich, budujący serię witowską, odznacza się zubożalym zespołem minerałów ciężkich. Występują tylko minerały bardzo odporne. Zespół, w którym występują minerały ciężkie: granat, cyrkon, staurolit, rutyl, turmalin, jest niezmienny we wszystkich badanych próbkach w obrębie serii witowskiej zwirowo-piaszczystej i piaszczystej. Słabe obtoczenie ziarn wskazuje na niegługi i zapewne rzeczny transport materiału. Utwory pokrywające strop serii zawierają także minerały mniej odporne: amfibole, andaluzyt, syllibmanit, charakterystyczne dla utworów pokryw czwartorzędowych. Doskonałe obtoczenie ziarn mineralnych wskazuje, że jest to osad fluwio-glacialny. Tak więc seria witowska jest osadem starszym i niewątpliwie trzeciorzędowym.

Geneza i wiek serii witowskiej

W oparciu o badania terenowe i laboratoryjne, jak: analizy minerałów ciężkich, analizy stopnia obtoczenia, doszłam do wniosku, że materiał serii witowskiej został prawdopodobnie złożony w rynną wyciętą w ilach mioceńskich. W czasie orogenezy w Karpatach nastąpiła gwałtowna erozja, wody rzek transportowały gruby materiał z południa na północ. O dużej sile transportowej rzek świadczy wielkość transportowanych żwirów i miąższość serii. Tam gdzie obecnie zachowały się fragmenty pokrywy witowskiej, tworzyła się rozległa powierzchnia zbudowana z materiału

żwirowo-piaszczystego. Osadzanie się serii przypada prawdopodobnie między górnym mioceniem a czwartorzędem. Zakończenie sedymentacji nastąpiło przed plejstocenem. O tym, że osad pochodzi z tego okresu, świadczą między innymi wyniki analiz minerałów ciężkich.

Podzielałam zdanie R. Gradzińskiego i R. Unruga (1959), że seria witowska jest osadem rzeczny, jednak autorzy niesłusznie datują jej wiek jako plejstoceni na podstawie występowania otoczków skał północnych. W ławicach żwirowo-piaszczystych serii nie spotkano w ogóle żwirów skał północnych, natomiast znajdowano otoczaki granitu czerwonego odpowiadające egzotykom karpackim. Fakt uznania czerwonych granitów za egzotyki karpackie potwierdzają późniejsze badania R. Unruga, który znajdował otoczaki egzotyczne czerwonych granitów w warstwach istebniańskich m. in. w dorzeczu Raby (wiadomość ustna).

W warstwach leżących na serii nierzadko spotyka się erratyki o różnej średnicy. O tym, że seria witowska nie jest plejstoceni, świadczy oprócz braku żwirów skał również skład minerałów ciężkich. W czasie badań nie znalazłam mikrofauny otwornic.

Dowody powyższe nie ustalają dokładnie wieku serii, można jednak na ich podstawie stwierdzić, że nie jest ona osadem plejstoceni ani morskim górnortoceni. Przede wszystkim ułożenie i charakter osadów wskazuje, że seria jest osadem rzeczny (dachówkowate ułożenie otoczków, krzyżowe, przekątne i horyzontalne ułożenie piasków). Seria została złożona przed nasunięciem lodowca, o czym świadczy nie tylko brak skał północnych w serii, ale i charakter zaburzeń glaciektonicznych.

Tak więc można przypuszczać, że utwory serii witowskiej są osadem rzeczny przedplejstoceni.

*Przedsiębiorstwo Geofizyki
Przemysłu Naftowego*

WYKAZ LITERATURY REFERENCES

- Gradziński R., Unrug R. (1959), Geneza i wiek serii witowskiej. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, t. 29, z. 2.
- Kuźniar S. (1914), Paleolit w Jaksicach nad górną Wisłą cz. 2. *Wiad. Muzeum Ziemi* 19. *Mat. Antropo-Archeologiczne* AU 13, Kraków.
- Łoziński J. (1959), Minerale ciężkie piasków bogucickich i porównanie ich z mineralami ciężkimi niektórych karpackich skał fliszowych. Odbitka z posiedzeń Komisji Oddziału PAN w Krakowie.
- Łyczewska J. (1948), Sprawozdanie z badań geologicznych w NW części arkusza Brzesko Nowe. Przyczynki do geologii Polski za rok 1947.
- Pusch J.B. (1881), Nowe przyczynki do geognozji Polski. *Pam. fizjogr.* Warszawa.
- Rühle E. (1957), Mapa utworów czwartorzędowych w skali 1 : 2 000 000. *Biul. Inst. Geol.* 118. Warszawa.
- Rukhin A. — Рухин А. (1961), Основы литологии. Учение об осадочных породах. Ленинград.
- Skoczyła-Ciszewska K., Kolasa M. (1958), O piaskach bogucickich. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, t. 28, z. 3.

SUMMARY

Field studies and analysis of heavy minerals led the author to the conclusion that the Witów series consists of fluvial sediments deposited in a channel cut in Miocene clays between the Upper Tortonian and the Quarternary.

The area of occurrence of the gravels and sands named by J. Łyczewska (1948) „Witów series” lies on the boundary of two great geomorphological units: the Sandomierz Depression and the Nida basin.

The Witów series builds flat ridges and hills forming the watershed between the Wisła River and the Szreniawa River. The Witów series consists of intertonguing sandy gravels and sands.

The sandy gravels of the Witów series are well exposed at Witów and Kuchary, while poorer exposures are situated at Morsko and Jaksice. The exposures are lying at altitudes ranging from 195 to 240 m a. m. s. l. The thickness of the gravel beds is variable; pebbles of Carpathian Flysch sandstones are prevailing, while some rare pebbles of exotic rocks derived from Carpathian Flysch conglomerates are also present. Pebbles of rocks brought from the north by the Scandinavian ice-sheet are absent. The gravels are poorly sorted, the diameters of pebbles range from 2 to 60 cm. Imbricated fabric is very characteristic, beds of lag gravels also occur.

The sands of the sandy gravels type of the Witów series are coarse- and medium-grained, light-grey of rusty-red in colour, slightly cemented, layered and cross-stratified, often forming lenticular layers.

The sandy type of the Witów series is exposed at Smiłowice, Brzesko Nowe and Szpitary, alying at an altitude of 230 m a. m. s. l. The sands are medium and fine-grained, light-yellow to rusty red in colour, horizontally layered.

The Witów series overlies the bluish-grey Miocene clays, whose top is situated at altitudes ranging from 175 to 195 m a. m. s. l.

Above the Witów series occur Quarternary sediments: washed fragments of the basal moraine of the second glaciation, mixed gravels, marls, fluvioglacial sands and loess.

The distribution of the Witów series indicate, that it was forming a cover actually preserved only in fragments.

In the present study emphasis has been put on the heavy minerals of the Witów series. The assemblage of heavy minerals typical for the Witów series consists of opaque minerals, garnet, zirkone, rutile, staurolite, and of small amounts of epidote, chlorite, kyanite, and muscovite. The quantitative and qualitative variations are small, less resistant mineral species are absent and the grains are poorly rounded.

The heavy minerals assemblage of the overlying Quarternary sediments consists of opaque minerals, garnet, zirkone, tourmaline, staurolite and less resistant minerals: amphibole, andalusite, sillimanite, epidote. The grains are very well rounded.

The analyses of heavy minerals indicate, that in the area described occur two covers with different assemblages of heavy minerals. One of them, formed by the Witów series, is characterised by an impoverished assemblage of heavy minerals, and the poor rounding of grains indicate a short transport of material. The composition of the heavy minerals assemblage and the good rounding of grains in the younger Quarternary cover overlying the Witów series reflects the presence of material brought by the Scandinavian ice-sheet and transportation in fluvioglacial condit-

ions. The comparison of the assemblages of heavy minerals of the Witów series and of the Bogucice sands (Table 5) shows a great similarity, suggesting that the detrital material of these two series came from the same source, i. e. of the sandstones of the Carpathian Flysch. The Witów series can be considered as older than the Pleistocene.

The Witów series is a fluvial deposit as indicated by sedimentary structures (imbrication of pebbles, cross- and horizontal stratification of the sands) formed between the Upper Tortonian and the Pleistocene. The upper limit of age of the Witów series is determined on the account of the presence of a distinctly different heavy minerals assemblage characteristic for Pleistocene sediments in the cover overlying the Witów series.

*Department of Geophysics,
State Oil Prospecting Company
Cracow*

*translated
by R. Unrug*