

ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN – POLONIA

VOL. XLVIII, 18

SECTIO B

1993

Katedra Geotechniki Politechniki Szczecińskiej

Roman RACINOWSKI

**A Retrospective Look at Significance of Heavy Mineral Studies for Poland's
Quaternary Problems**

Retrospektywne spojrzenie na znaczenie badań mineralów ciężkich w problematyce czwartorzędu Polski

INTRODUCTION

The studies on the heavy minerals in the Quaternary deposits have been carried out in Poland for over 70 years. In the years between the two World Wars however, they were undertaken occasionally (S. Małkowski 1917; W. Wątocki 1928; A. Morawiecki 1928, J. Tokarski 1936).

After the World War II, a considerable growth in the number and scale of these analyses came about. So far, the Polish specialist literature has reported several hundred papers in which the results of the heavy mineral studies have been used, to a various extent, for different purposes. It is Turnau-Morawska who should be recognized as the leading animator of these studies and who has, together with geographers, pedologists and geologists, used the results of analyses of heavy minerals for identifying the features of genetically – and secularly different deposits (B. Dóbrzański, A. Malicki 1948; J. Trembaczowski 1948; M. Turnau-Morawska 1948, 1949, 1952; A. Jahn, M. Turnau-Morawska 1952; K. Łydka, M. Turnau-Morawska 1967).

The followers of M. Turnau-Morawska have proceeded, immediately or intermediately, with this course of studies. This can be testified by a very rich scientific output achieved by J. Morawski and H. Maruszczak, as well as by other researchers in this field. Many of the specialists made their first steps at the Geology and Geography Departments at the Maria Curie-Skłodowska University and the experience they have acquired here is utilized by them at other scientific institutions of Poland.

Beginning from the sixties, the analyses of heavy minerals in Quaternary deposits have been carried out, with great intensity, at all major scientific centres of Poland. This is mainly associated with the fact that these investigations have been considered as the standard in realization of Detailed Geologic Map of Poland in the scale of 1:50 000. Unfortunately,

most of these results are incorporated into archival records of the Governmental Geologic Institute and, so far, have not been critically interpreted. No wonder that the early recapitulations formulated by M. Turnau-Morawska (1955), B. Nowak (1962), and A. Maliszewska (1969) are still valid.

This paper, prepared on the groundwork of individual investigations and considerations, with reference made to only few works (for which author apologizes cordially to the persons who deal with investigations of the heavy minerals), presents some observations which arise in connection with a possibility of utilizing the results of heavy mineral analyses in the Polish Quaternary problems.

DETERMINATION OF BOUNDARY BETWEEN QUATERNARY DEPOSITS AND BEDROCK

Principally, the mass fractions of heavy minerals which occur in the Polish Quaternary bedrock are lower than those occurring in the Pleistocene deposits. In case of increased mass of these components, this is associated with occurrence of glauconite, ferruginous-manganic concretions and, sometimes, muscovite and chlorite in the older deposits.

In the Pre-Quaternary substratum of Eastern Poland and Mid-Polish Uplands belt, the prevailing in the mineral spectrum are: zircon, tourmalines, rutile, staurolite and disthene. Sporadically found are garnets and epidotes. Only trace concentrations of amphiboles, pyroxenes and biotite are found. The minerals that are typical of many Pre-Quaternary deposits of this region include glauconite, muscovite, chlorites and ferruginous-manganic concretions (M. Turnau-Morawska 1948, 1949; J. Morawski 1965a, 1970; M. Kryowska 1966, 1974; R. Gwóźdź, R. Racinowski 1968). The presented features of heavy minerals spectrum allow, in principle, the Quaternary formations to be distinguished from the substratum deposits. In the latter, the prevailing minerals are amphiboles, garnets, epidotes, pyroxenes and biotite.

In the sediments of both the North Poland and Western Poland bedrock, significant fractions of garnets, amphiboles, pyroxenes and biotite are present (e.g. K. Łydka, M. Turnau-Morawska 1967; B. Kosmowska-Ceranowicz 1966, 1979; G. Kociszewska-Musiał, B. Kosmowska-Ceranowicz 1969; R. Racinowski, A. Sochan 1978a). Consequently, the heavy minerals make here a doubtful criterion for distinguishing the Quaternary deposits from the Tertiary ones.

It is also difficult to determine a boundary between the Tertiary deposits and Eopleistocene ones from the Fore Carpathian Slump of Roztocze and the Holy Cross Mts (J. Butrym 1969; R. Racinowski 1969c; E. Mycielska-Dowgiałto 1978; J. Butrym, R. Racinowski 1983). In the older substratum, apart from predominant minerals, such as zircon, rutile, staurolite, disthene and tourmaline, also significant quantities of garnets and, partially, amphiboles as well as biotite are present.

LITHOSTRATIGRAPHIC DELIMITATION OF HORIZONS OF QUATERNARY DEPOSITS

It is generally accepted that boulder clays are most suitable for the lithostratigraphic purposes since they can be readily identified macroscopically and their occurrence points,

in a "unique" way, to the origin of a deposit. This, however, does not prejudice whether this deposit lies on a primary or secondary substratum. Based on very numerous investigations done by many authors (only certain of which were published), it is found that, as a principle, all till horizons occurring in given boreholes are characterized by quantitatively identical and quantitatively similar spectra of heavy minerals (A. Falkiewicz 1962; R. Racinowski 1969a; R. Racinowski, J. Rzechowski 1969a, b; J. Rzechowski 1974, 1976, 1977, 1982; B. Gronkowska, K. Kenig 1974; J. A. Czerwonka 1977; R. Racinowski, A. Sochan 1978b, 1981; W. Iłaszewski, R. Racinowski 1979; K. Choma-Moryl et al. 1991).

Locally, between the regions or particular borehole profiles, for unisecular horizons of boulder clay, some peculiarities may occur, which are connected with an influence of the local Quaternary substratum (A. W. Stankowscy 1966; R. Racinowski 1969a; R. Racinowski, A. Sochan 1978a, 1981; J. Rzechowski 1974, 1976, 1982).

It must be recognized that the investigations into the composition of the heavy minerals contribute very little to the lithostratigraphic problems of boulder clays and can only be, to a limited extent, considered as being of assistance in determination of local routes and molten-continental glacier material sedimentation.

Investigation of fluvio-glacial sediments within the scope of heavy minerals also does not yield any major effects in their stratification (W. Iłaszewski, R. Racinowski 1979; R. Racinowski, A. Sochan 1981).

However, it should be noted that, in case of fluvio-glacial sediments, the composition of heavy minerals can also reflect the nature of the sedimentation on environment. This may cause an apparent diversification of these sediments with respect to the weight content of the heavy minerals and to the fraction of minerals with various hydraulic equivalents (such situation can be perceived in the works of J. Morawski 1969; R. Racinowski 1974; E. Mycielska-Dowgiałło 1978).

Attempts are made to use the results of heavy mineral composition analyses for secular and genetically-facies delimitating the horizons of loess formations (H. Maruszczak 1969; H. Maruszczak, R. Racinowski 1968, 1976; R. Racinowski 1969b, 1976; J. Morawski, J. Trembaczowski 1971; R. Chlebowski, L. Lindner 1976; H. Maruszczak, J. Morawski 1976; J. Buraczyński et al. 1978; H. Maruszczak, M. Wilgat 1978). Also in this case, regardless of a region, type an age of loess, the results of heavy mineral composition analyses are ambiguous as criterion of secular diversification of these sediments.

DISCRIMINATION OF SECULARLY DIFFERENT DEPOSITS

In principle, all Quaternarian deposits of Poland are qualitatively characterized by similar spectra of heavy mineral. Depending, however, on their origin, they exhibit a certain degree of diversification in the mass fraction and in the quantitative features of particular components. But, when doing such comparisons, a care should be taken to correlate minerals which were extracted from fractions of the same grain size.

From among the Quaternarian deposits, the glacial, fluvioglacial and limnoglacial formations can be very clearly separated. Primary among them are amphiboles, garnets, epidotes, pyroxenes and biotite. Sporadically, apart from these minerals, also significant amounts of zircon, disthene, staurolite, tourmalines, glauconite and chlorites may be found. In the limnoglacial deposits, higher fractions of muscovite and chlorites are found, while the fluvioglacial deposits are characterized by higher fractions of garnets and epidotes (R. Racinowski, A. Sochan 1978a, 1981, R. Racinowski 1992b).

Sandy fluvial outwash as well as sandy sea or dune sediments each are usually featured by a higher weight content of heavy minerals among which the components with major hydraulic equivalents are characteristic. These sands are marked by a mass occurrence of garnets, zircon, rutile, staurolite and epidotes. A variable content of amphiboles, pyroxenes and biotite is found in these sands (E. Sawicka 1953; J. Trembaczowski 1949; M. Turnau-Morawska 1952; J. Łoziński, H. Masicka 1962; J. Rzechowski 1961, 1969; B. Nowak 1963, R. Chlebowski 1964; J. Morawski 1965a, b, c, 1966; W. Wajda 1970, 1976, 1980; J. Wojtanowicz 1970; G. Kociszewska-Musiał et al. 1972; R. Racinowski 1974; U. Urbaniak-Biernacka 1975, 1976; E. Mycielska-Dowgiałło 1978; R. Kotliński 1985; A. Choiński 1986; E. Fros, R. Racinowski 1987).

The eolian, fluvial, limnical and floody sediments, both clayey and dusty, all exhibit a considerable similarity among each other. Of their mineral components the ferruginous-carbonate and ferruginous-manganese conversions play a significant role. Occasionally, very high fractions of muscovite and chlorites occur. Among "typical" transparent heavy minerals, the zircon, rutile, and tourmaline play a great role. Variable fractions of amphiboles, biotite, garnets and epidotes are found here (B. Dobrzański, A. Malicki 1948; B. Grabowska 1960; J. Cegła 1963; J. Morawski 1969/1970, 1971 a, b, 1973, 1978; J. Morawski, J. Trembaczowski 1971; J. Wojtanowicz 1971; R. Racinowski, A. Sochan 1981; J. Buraczyński et al. 1978; M. Harasimiuk 1986; W. Florek 1991; S. W. Alexandrowicz et al. 1991).

RECONSTRUCTION OF SEDIMENTATION ENVIRONMENT DYNAMICS

The results of heavy minerals studies are used for qualitative evaluating lithodynamic processes that occur in contemporary sedimentation environments.

In Poland these studies are utilized, on a large scale, for lithodynamic characterizing seashore zone and deeper parts of littoral (J. Łoziński, H. Masicka 1962; B. Nowak 1963; R. Racinowski 1965, 1974, 1989, 1990, 1992a; W. Wajda 1970, 1976; L. Mączka, R. Racinowski 1969; R. Kotliński 1985; A. Choiński 1986; S. Uścińowicz 1986; R. Racinowski, J. Baraniecki 1990).

Assumed rule is that high concentrations of heavy minerals in the rock waste of the seashore zone testify to the area subjected to an intensive washing out. In such mineral spectrum the components with densities higher than 3.6 g/cm^3 are predominant (B. Nowak 1963; J. Łoziński, H. Masicka 1962; L. Mączka, R. Racinowski 1969).

Trends towards increased concentration of heavy minerals are observable in fluvial environment sediments (J. Rzechowski 1961, 1969; J. Morawski 1965b; G. Kociszewska-Musiał et al. 1972; E. Mycielska-Dowgiałło 1978) and in dune environment deposits (J. Morawski 1965a, b, c; J. Wojtanowicz 1970; U. Urbaniak-Biernacka 1975, 1976; T. Szczypek, J. Wach 1991).

It should be noted, however, that the dune deposits unclearly differ from the so-called "high uplandish drift" sands and from the floodside terrace sands (R. Fros, R. Racinowski 1987).

Following the above remarks, efforts are made to reconstruct, on the basis of the results of heavy mineral analyses, the Pleistocene "flood waters", environment (R. Racinowski 1969c; R. Racinowski, A. Sochan 1981; J. Butrym, R. Racinowski 1983). The interpolation of the results of heavy minerals analyses is however, very ambiguous.

DETERMINATION OF TRANSPORT DIRECTION

Determination of direction of material transport into sedimentation basin can only be of an intermediate (auxiliary) nature. This is associated with the fact that rocks which occur on Poland's territory and adjacent areas are characterized by a qualitatively similar composition of the heavy minerals and moreover, that the Quaternary-originated material is a product of redeposition proceeded in different sedimentation environments.

As noted previously, the argillaceous-silty Eopleistocene sediments of Poland contain material which was probably transported from the Carpathians side, which is testified by a large amount of garnets and optically-deformed zircons (e.g. R. Racinowski 1969c; E. Mycielska-Dowgiałło 1978; J. Butrym, R. Racinowski 1983; S. W. Alexandrowicz et al. 1991; M. Kryszewska-Iwaszkiewicz, M. Łanczont 1992).

It can also be judged that "preglacial" deposits of Northern and Western Poland contain material that has originated from weathered Scandinavian or Sudeten granitoids (K. Łydka, M. Turnau-Morawska 1967; G. Kociszewska-Musiał, B. Kosmowska-Ceranowicz 1969; B. Kosmowska-Ceranowicz 1966, 1979; R. Racinowski, A. Sochan 1978a).

Relating to the Pleistocene deposits of region scale, an effect of local Pre-Quaternary substratum on the composition of heavy minerals in boulder clays or in fluvio-glacial sediments is sometimes recorded (R. Racinowski 1969a, c; R. Racinowski, J. Rzechowski 1969 a, b; J. Rzechowski 1977, 1982; W. Iłaszewski, R. Racinowski 1979).

Also noticeable in the heavy mineral composition is the effect of local transport on material of which the dust covers of Southern Poland were formed (B. Dobrzański, A. Malicki 1948; J. Cegła 1963; S. Uziak 1962; S. Uziak et al. 1967, 1971; R. Gwóźdź, R. Racinowski 1968; H. Maruszczak, R. Racinowski 1968, 1976; J. Wojtanowicz 1971; R. Chlebowski, L. Lindner 1976; R. Racinowski 1976; W. Raczkowski 1976; J. Borowiec et al. 1977; M. Harasimiuk

1986; S. W. Alexandrowicz et al. 1991; M. Kryowska-Iwaszkiewicz, M. Łanczont 1992).

Nevertheless, these studies do not enable the direction of rock-waste drift along the Polish coast of the Baltic Sea to be univocally determined (R. Racinowski 1974; S. Uścińowicz 1985; R. Racinowski, J. Baraniecki 1990).

Based on the results of heavy mineral analyses there is a possibility to determine the direction of alluvial transport for certain Sudeten water races (e.g. M. Jęczmyk, J. Kanasiewicz 1970; M. Jęczmyk 1979; M. Jęczmyk, M. Markowski 1990).

RECONSTRUCTION OF HYPERGENIC PROCESSES

There were high hopes about results of heavy mineral studies for the possibility of determining course of the loess-forming processes (e.g. H. Maruszczak, R. Racinowski 1968, 1976; H. Maruszczak 1969; R. Racinowski 1969b; H. Maruszczak, J. Morawski 1976; H. Maruszczak, M. Wilgat 1978; S. W. Alexandrowicz et al. 1991). As an initial thesis it has been assumed that the relations among the heavy minerals with various resistance to chemical and mechanical weathering will prevent the paleopedological conclusions to be drawn (B. Manikowska 1966; K. Konecka-Betley, T. Majsterkiewicz 1973). More extensive and exact studies on both the fossil and recent soils show, however, that there are certain, though very hard to be interpreted, relationships between the composition of heavy minerals and the course of soil-forming processes (e.g. J. Morawski 1969/70a, b; J. Morawski et al. 1971; R. Fros, R. Racinowski 1983).

Notwithstanding, for the pedological studies, the results of heavy mineral analyses are of worth, because it is possible then (with their use) to distinguish the rendzinas and other initial soils of Southern Poland, which are rich in minerals of Pre-Quaternary substratum rock origin, for genetically different soils deposited on the monolithic rock substratum, where the heavy mineral spectrum is referable to the Quaternary deposits (S. Uziak 1962; B. Dobrzański, R. Turski 1964; S. Uziak et al. 1967, 1971; R. Fros, R. Racinowski 1987).

At last, the attention should be paid to a fairly characteristic phenomenon that is found when investigating heavy minerals in particular boreholes. The spectrum of these minerals cannot, in principle constitute a criterion that would allow the weathered horizons of deposits or the sedimentation hiatuses to be univocally separated in the borehole profiles. Also interesting is the fact that the glacial and fluvioglacial sediments deposited all over the territory of Poland are characterized as qualitatively as in quantitative aspects by a similar mineral composition (e.g. R. Racinowski 1969a). And yet the Pleistocene formations that occur in Southern Poland were exposed to weathering processes for a far longer period of time.

CONCLUSION

Presented only roughly in this paper the remarks, concerning the possibility of utilizing the heavy mineral analyses for the studies on the Quaternary deposits of Poland, should constitute a ground for discussions and considerations about purposes and scopes of application for these results.

A question which must be answered is: what is the significance of the heavy mineral studies in relation to the genetically different types of deposits? Furthermore, whether the obtained results are relevant for solving local problems only, or may also be used for the problems of region or macroregion scale.

Obviously, there are many more of doubtful or disputable problems, which, however does not mean that the reflections presented in this paper can be summarized by a statement that the studies on the heavy minerals of Quaternary deposits in Poland are useless for the scientific knowledge purposes.

REFERENCES

- Alexandrowicz S. W., Butrym J., Kryszowska-Iwaszkiewicz M., Zuchiewicz M. 1991; On new sections of loess-like deposits of the Rożnów foothills of the West Carpatians, Poland. *Ann. UMCS, sec. B*, 46. Lublin 1–19.
- Borowiec J., Maruszczak H., Racinowski R. 1977; Regularities of the chemical and mineral composition differentiation as an index of autochtonism of Polish loess. *Biuletyn Inst. Geol.*, 305. Warszawa 69–82.
- Buraczyński J., Rzechowski J., Wojtanowicz J. 1978; Studium sedimentologiczne i stratygraficzne lessów w Raryczowie na Grzędzie Sokalskiej (sum. On the sedimentation and stratigraphy of loesses at Raryczów on the Grzęda Sokalska – Sokalska Range). *Biuletyn Inst. Geol.*, 300. Warszawa 235–302.
- Butrym J. 1969; Utwory pyłowe wschodniej części Niziny Sandomierskiej (sum. Silty formations in the eastern part of the Sandomierz Lowland.) *Ann. UMCS, sec. B*, 23. Lublin 87–127.
- Butrym J., Racinowski R. 1983; Analiza porównawcza osadów drobnoziarnistych wschodniej części Niziny Sandomierskiej na podstawie badań minerałów ciężkich (sum. The comparative analysis of fine deposits in the eastern part the Sandomierz Lowland made on the basis of the heavy minerals examination). *Geographia. Studia et dissertationes*, 7. Katowice 68–83.
- Cegła J. 1963; Porównanie utworów pyłowych kotlin karpackich z lessami Polski (sum. On the origin of the Quaternary silts in the Carpatian Mountains). *Ann. UMCS, sec. B*, 18. Lublin 69–116.
- Chlebowski R. 1964; Minerale ciężkie piasków plażowych i wydmych wybrzeża Wyspy Wolin (sum. Heavy minerals of the beach and dune of the Wolin Island – Northern Poland). *Biuletyn Geol. Univ. Warszawskiego*, 4. Warszawa 128–142.
- Chlebowski R., Lindner L. 1976; Próba zastosowania minerałów ciężkich w problematyce badawczej lessów na przykładzie lessów młodszych zachodniej części regionu świętokrzyskiego (sum. Attempt to apply the heavy minerals analysis to the loess research problems exemplified by younger loesses of the western part of the Góry Świętokrzyskie area). *Biuletyn Inst. Geol.*, 297. Warszawa 293–305.
- Choiński A. 1986; Charakterystyka osadów dennych Zatoki Koszalińskiej (sum. Characteristic of the bottom sediments in the Koszalin Bay). *Badania Fizjogr. nad Polską Zach.*, s. A. 36. Poznań 5–24.
- Choma-Moryl K., Czerwonka J., Moryl J. 1991; Petrograficzna-mineralogiczna charakterystyka glin zwałowych okolic Szamotuł (sum. Petrography and mineralogy of tills from the vicinity of Szamotuły). [In:] *Geneza, litologia i stratygrafia utworów czwartorzędowych. Geografia* 50. Poznań 227–236.
- Czerwonka J. A. 1977; Zastosowanie średnich odległości taksonomicznych (ATD) do interpretacji wyników analiz minerałów ciężkich utworów czwartorzędowych (sum. The use of average taxonomic distances

- (ATD) in interpretation of results of analysis of heavy minerals from Quaternary deposits). *Kwart. Geol.*, 21, 4. Warszawa 819–827.
- Dobrzański B., Malicki A. 1948; Rzekome loessy i rzekome gleby loessowe w okolicy Leżajska (sum. Pseudo-loesses and pseudo-loess soils in the environment of Leżajsk) *Ann. UMCS*, s. B, 3. Lublin 415–426.
- Dobrzański B., Turski R. 1964; An attempt of determining rendzinas genesis on the occurrence of heavy minerals. *Rocz. Glebozn., Dodatek do t. 14.* Warszawa 295–301.
- Falkiewicz A. 1962; Własności fizyczno-mechaniczne glin zwałowych środkowego Mazowsza (sum. Physico-mechanical properties of boulder clay in the Middle Masovia area). *Biuletyn Geol. Uniw. Warszawskiego*, 2. Warszawa 3–128.
- Florek W. 1991; Postglacjalny rozwój dolin rzek środkowej części północnego skłonu Pomorza (sum. Postglacial development of river valleys in the middle part of the northern slope of Pomerania). *WSP. Słupsk* 1–238.
- Fros R., Racinowski R. 1987; Porównanie utworów grzebietowo-stokowych z osadami dolinnymi rejonu Jarosławca koło Olkusza na podstawie badań uziarnienia i analizy minerałów ciężkich (sum. Comparison of the crest-slope and valley formations of Jarosławiec near Olkusz based on the grain-size and heavy minerals analysis). *Geografia. Studia et dissertationes*, 10. Katowice 18–34.
- Grabowska B. 1961; Analiza minerałów ciężkich na tle stratygrafii lessów okolic Ćmielowa (sum. Heavy minerals analysis in the light of stratigraphy of loesses from Ćmielów region). *Biuletyn Geol. Uniw. Warszawskiego*, 1, 1. Warszawa 50–67.
- Gronkowska B., Kenig K. 1974; Profil glin zwałowych w Szwajcarii koło Suwałk (sum. Profile of tills at Szwajcaria near Suwałki). *Zesz. Nauk. Uniw. A. Mickiewicza. Geografia* 10. Poznań 137–147.
- Gwóźdź R., Racinowski R. 1968; Analiza porównawcza minerałów ciężkich z drobnodziarnistych utworów czwartorzędowych i górnokredeowych Wyżyny Lubelskiej (sum. Comparative analysis of heavy minerals from Quaternary and upper Cretaceous formations of Lublin Upland area). *Kwart., Geol.* 12, 2. Warszawa 388–402.
- Harasimiuk M. 1986; Lithologica properties as indices of sedimentation conditions of the Vistulian loesses in the eastern part of the Nałęczów Plateau (SE Poland). *Ann. UMCS*, sec. B, 41. Lublin 1986.
- Iłaszewski W., Racinowski R. 1979; Efektywność stratyfikacji glin zwałowych na podstawie badań minerałów ciężkich (sum. Effectivity stratification of boulder clays on the basis of examining of heavy minerals). *Prace Nauk. Politechniki Szczecińskiej*, 97. Szczecin 44–68.
- Jahn A., Turnau-Morańska M. 1952; Preglacjał i najstarsze utwory plejstoceniczne Wyżyny Lubelskiej (sum. Pre-glacial and oldest Pleistocene deposits of the Lublin Upland). *Biuletyn Inst. Geol.*, 65. Warszawa 268–311.
- Jęczmyk M. 1979; Minerale ciężkie w aluwjach potoków na obszarze metamorfiku izerskiego (sum. Heavy minerals in the alluvial deposits of stream in the Iżera metamorphic area). *Biuletyn Inst. Geol.*, 319. Warszawa 75–153.
- Jęczmyk M., Kanasiwicz J. 1970; Skład mineralny aluwii doliny Kwisy w rejonie Leśnej (sum. Mineral composition of alluvial deposits in the Kwisa River valley, Leśna region). *Kwart. Geol.*, 14, 3. Warszawa 549–566.
- Jęczmyk M., Markowski W. 1990; Koncentracje antropogeniczne czy okruszcowanie As, Ba na obszarze bloku przedsudeckiego (sum. Anthropogenic concentrations or As and Ba mineralisation on the Fore-Sudetic Block). *Przeł. Geol.*, 12. Warszawa 541–546.
- Kociszewska-Musiał G., Kosmowska-Ceranowicz B. 1969; Charakterystyka osadów okolicy Przeclawia na południe od Szczecina (sum. Description of deposits from the vicinity of Przeclaw – S of Szczecin). *Prace Muzeum Ziemi* 16. Warszawa 1969.
- Kociszewska-Musiał G., Kosmowska-Ceranowicz B., Musiał T. 1972; Charakterystyka sedymentologiczna współczesnych aluwii Sanu (sum. Sedimentological characteristics of the recent alluvial deposits of the San river). *Prace Muzeum Ziemi*, 19. Warszawa 135–160.
- Konecka-Betley K., Majsterkiewicz T. 1973; Geneza gleb wytworzonych z pokrywowych utworów pyłowych Polski środkowej (sum. Genesis of soil developed of silty cover sediment of Central Poland). *Rocz. Glebozn.*, 24, 2. Warszawa 133–158.
- Kosmowska-Ceranowicz B. 1966; Osady preglacjalne dorzecza środkowej Wisły (sum. Preglacial sand, gravel sediments in the Middle Vistula basin). *Prace Muzeum Ziemi*, 9. Warszawa 223–286.

- Kosmowska-Ceranowicz B. 1979; Zmienność litologiczna i pochodzenie okruchowych osadów trzeciorzędowych wybranych rejonów północnej i środkowej Polski w świetle wyników analiz przezroczystych minerałów ciężkich (sum. Lithological variability and origin of the Tertiary clastic sediments from some areas of North and Central Poland in the light of analyses of the transparent heavy minerals). *Prace Muzeum Ziemi*, 30. Warszawa 3–73.
- Kotliński R. 1985; Osady dna Ławicy Słupskiej (sum. Bottom deposits of Słupsk Bank). *Biuletyn Inst. Geol.*, 352. Warszawa 5–56.
- Krysowska M. 1966; Minerality ciężkie w utworach miocenijskich obszaru śląsko-krakowskiego (sum. Heavy mineral assemblages in Miocene formation of the Silesian and Cracovian regions). *Prace Geol.*, 36. Kraków–Warszawa, 1–71.
- Krysowska-Iwaszkiewicz M. 1974; Studium mineralogiczno-petrograficzne kenozoicznych osadów lądowych Wyżyny Krakowskiej (sum. Mineralogical and petrographical study of Cenozoic continental deposits of the Cracovian Upland). *Prace Miner.*, 35. Kraków–Warszawa 1–69.
- Krysowska-Iwaszkiewicz M., Łanczont M. 1992; Zróżnicowanie składu minerałów ciężkich w osadach plejstoceńskich w Prądkowcach koło Przemyśla (Karpaty Przemyskie). *Przegl. Geol.*, 9. Warszawa 551–555.
- Łoziński J., Masicka H. 1962; Badania minerałów ciężkich w piaskach plażowych Zatoki Gdańskiej (rés. Recherches sur les minéraux lourds dans les sables littoraux du Golf de Gdańsk). *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 32, 4. Kraków 579–599.
- Łydka K., Turnau-Morawska M. 1967; Minerality ciężkie w osadach trzeciorzędowych i plejstoceńskich w Marantowie koło Konina (sum. Heavy minerals from Tertiary and Pleistocene deposits at Marantów, near Konin). *Prace Inst. Geol.*, 48. Warszawa 137–146.
- Maliszewska A. 1969; Rola minerałów ciężkich w geologii i paleogeografii (sum. Role of heavy minerals in geology and paleogeography). *Przegl. Geol.*, 11. Warszawa 556–558.
- Małkowski S. 1917; O wydmach piaszczystych okolic Warszawy (rés. Les dunes des environs de Varsovie). *Prace Tow. Nauk. Warsz.*, wyd. 3, 23. Warszawa 1–43.
- Manikowska B. 1966; Głęby młodszego plejstocenu w okolicach Łodzi. (rés. Les sols du Pléistocene supérieur aux environs de Łódź). *Acta Geogr. Lodziensia*, 22. Łódź 1–149.
- Maruszczak H. 1969; Genetic interpretation of lithological features of Polish loess. *Geographia Polonica*, 17. Warszawa 293–310.
- Maruszczak H., Morawski J. 1976; Zróżnicowanie składu minerałów ciężkich w podstawowych jednostkach litologiczno-stratygraficznych lessów polskich (sum. Differentiation of heavy minerals composition in the principal units lithological-stratigraphic of the Polish loesses). *Biuletyn Inst. Geol.*, 297. Warszawa 63–76.
- Maruszczak H., Racinowski R. 1968; Peculiarities of the conditions of loess accumulation in Central Europe in the light of results of heavy minerals analysis. *Geographia Polonica*, 14. Warszawa 35–46.
- Maruszczak H., Racinowski R. 1976; Dynamika akumulacji eolicznej lessu młodszego w okolicy Lublina w świetle badań uziarnienia i składu minerałów ciężkich (sum. Dynamics of the accumulation of the aeolian accumulation of the younger loess in the Lublina area in the light of grain size analysis and heavy minerals studies). *Biuletyn Inst. Geol.*, 297. Warszawa 211–225.
- Maruszczak H., Wilgat M. 1978; Zróżnicowanie stratygraficzne i paralelizacja profili lessowych Nieledu i Odonowa w świetle badań minerałów ciężkich (sum. Stratigraphic differentiation and parallelization of loess profiles from Nieledu and Odonów in the light of heavy minerals investigation). *Folia Soc. Scient. Lublin, Geogr.* 2, 20. Lublin 89–95.
- Mączka L., Racinowski R. 1969; Formy występowania skupień minerałów ciężkich na plażach Pomorza Zachodniego (sum. Occurrence forms of heavy minerals assemblages in beaches of West Pomerania). *Kwart. Geol.*, 13, 1. Warszawa 223–232.
- Morawiecki A. 1928; Piasek granatowo-ilmenitowy z Helu (rés. Sable à grdnat, ilmenit et magnétite de la presque île de Hel). *Sprawozdania Tow. Nauk. Warszawskiego*, 21. Warszawa 129–130.
- Morawski J. 1965a; Charakterystyka cyrkonów z wydym Kotliny Chodelskiej (Zsf. Eine Charakteristik der Zirkone aus Dünen des Chodelbeckens). *Annales UMCS, sectio B*, 20. Lublin 1–25.

- Morawski J. 1965b; Osady piaszczyste Wyżyny Lubelskiej. Studium sedymentologiczne. Univ. M. Curie-Skłodowska. Lublin 1–158.
- Morawski J. 1965c; Spozrzedzenia nad odpornością i typami granatów w piaskach różnych środowisk sedymentacyjnych (Zsf. Beobachtungen über die Widerstandsfähigkeit und die Granattypen in Sanden verschiedener Sedimentationsmilieu's). Annales UMCS, sc. B, 20. Lublin 28–54.
- Morawski J. 1966; Charakterystyka mineralogiczna piasków wydmych Wyżyny Lubelskiej (sum. Mineralogical characteristics of aeolian sands of the Lublin Upland). Kwart. Geol., 10, 2. Warszawa 497–506.
- Morawski J. 1969; Próba charakterystyki i porównania piasków fluwioglacjalnych zlodowacenia bałtyckiego i środkowopolskiego z obszaru Polski wschodniej. Folia Soc. Scient. Lublin, sc. D, 9. Lublin 29–35.
- Morawski J. 1969/1970a; O dwóch glebach holocenijskich na piaskach wydmych w okolicy Puław. Folia Soc. Scient. Lublin., suppl., sc. A-D, 9/10. Lublin 201–207.
- Morawski J. 1969/1970b; Uwagi o zróżnicowaniu granulowanym minerałów ciężkich w lessie w Lublinie na przykładzie granatu. Folia Soc. Sient. Lublin., suppl., sc. A-D, 9/10. Lublin 195–200.
- Morawski J. 1970; Charakterystyka piasku glaukonitowo-kwarcowego z nad twardego dna w Bochochnicy (Zsf. Eine Charakteristik des über dem Hartgrund (hard ground) liegendes Glaukonit-quarzsandes in Bochochnica). Annales UMCS, sc. B, 25. Lublin 95–197.
- Morawski J. 1971a; Charakterystyka cyrkonów lubelskiego lessu (Zsf. Eine Charakteristik der Zirkone aus der Lubliner Löss). Folia Soc. Scient. Lublin., sc. D 11, Lublin 15–19.
- Morawski J. 1971b; Charakterystyka minerałów ciężkich z lessu okolic Ciecierzyna (Zsf. Eine Charakteristik der aus der Loessumgebung von Ciecierzyn stammenden Schwermineralien). Folia Soc. Scient. Lublin., sc. D, 11. Lublin 133–138.
- Morawski J. 1973; Porównanie morfologii cyrkonów z dwóch warstw lessowych na Kwaskowej Górze w Kazimierzu nad Wisłą (Zsf. Morphologische Korrelation von zwei Lössschichten, die der Erhebung Kwaskowa Góra in Kazimierz der Weichsel entstammen). Folia Soc. Scient. Lublin., 15, geogr. 1. Lublin 3–8.
- Morawski J. 1978; Charakterystyka minerałów ciężkich z lessów Płaskowyżu Nałęczowskiego (sum. Characteristics of the heavy minerals from the loesses of the Nałęczów Plateau). Annales UMCS, sc. B, 30-31. Lublin 81–95.
- Morawski J., Pomian J., Uziak S. 1971; Rozmieszczenie ważniejszych minerałów ciężkich w glebach wytworzonych z utworów pyłowych (sum. The distribution of more important heavy minerals in soil formed from silt deposits). Folia Soc. Scient. Lublin., sc. D, 11. Lublin 129–132.
- Morawski J., Trembaczowski J. 1971; Charakterystyka mineralogiczna lessów profilu „Kwaskowa Góra” w Kazimierzu nad Wisłą (sum. The mineralogical characteristics of „Kwaskowa Góra” loess profile in Kazimierz upon the Vistula). Annales UMCS, sc. B, 26. Lublin 1–25.
- Mycielska-Dowgiatło E. 1978; Rozwój rzeźby fluwialnej północnej części Kotliny Sandomierskiej w świetle badań sedymentologicznych (sum. Evolution of the fluvial relief in the northern part of the Sandomierz Basin in the light of the sedimentary investigation). Uniw. Warszawski, Rozprawy 120. Warszawa 1–167.
- Nowak B. 1962; O współzależności między składem minerałów ciężkich a stopniem ich koncentracji. Wszelchświat 10. Warszawa 256–261.
- Nowak B. 1963; Hydrodynamiczne zróżnicowanie składu minerałów ciężkich w osadach dennych strefy przybrzeżnej południowego Bałtyku na odcinku j. Bukowo–j. Łebsko. Materiały do monografii polskiego brzegu morskiego, 5. Gdańsk 89-119.
- Racinowski R. 1965; Litologia i dynamika tworzenia się osadów piaszczystych strefy brzegowej w Darłowie i Uście (sum. Lithology and origin of sand of the littoral zone at Darłówek and Ustka). Roczn. Pol. Tow. Geol., 35, 1. Kraków 77–95.
- Racinowski R. 1969a; Badania granulometryczne i mineralno-petrograficzne glin zwalowych Polski wschodniej (sum. Grain-size and mineralogical-petrographic analysis of tills from Eastern Poland). Biuletyn Inst. Geol., 220. Warszawa 289–323.
- Racinowski R. 1969b, Le profil du loess a Nieledeu sur le plateau de Lublin a la lumidre de l'analyse de minéraux lourd. Biuletyn Perygl. 20. Łódź 179–205.

- Rac in o w s k i R. 1969c; Sedymentacja osadów czwartorzędowych w okolicach Biłgoraja (sum. Sedimentation of Quaternary deposits in the vicinity of Biłgoraj – Eastern Poland). *Biuletyn Inst. Geol.*, 220. Warszawa 275–288.
- Rac in o w s k i R. 1974; Dynamika środowiska sedymentacyjnego strefy brzegowej Pomorza Zachodniego w świetle badań minerałów ciężkich i uziarnienia osadów (sum. Dynamics of sedimentary environment of West Pomerania coastal zone in the light of heavy minerals and grain size distribution research). *Prace Nauk. Politechniki Szczecińskiej*, 4, Szczecin 1–156.
- Rac in o w s k i R. 1976; Uwagi o składzie minerałów ciężkich lessów lubelskich i przemyskich (sum. Remarks on the heavy minerals composition of the Lublin and Przemyśl). *Biuletyn Inst. Geol.*, 297. Warszawa 227–247.
- Rac in o w s k i R. 1989; Próba interpretacji dynamicznej badań litologicznych osadów podbrzeża między Niechorzem a Trzęsaczem (sum. Tentative dynamic interpretation of lithological study of nearshore deposits between Niechorze and Trzęsacz). *Badania Fizjogr. nad Polską Zachod.*, s. A, 39. Poznań 77–103.
- Rac in o w s k i R. 1990; Próba wykorzystania badań minerałów ciężkich do uszczegółowienia charakterystyki litodynamicznej płytkiego podbrzeża w rejonie Dziwnowa (Zsf. Zur Untersuchungsprobe der Ausnutzung von schweren Mineralien, um die lithodynamische Ufercharakteristik in der Region bei Dziwnowo zu detaillieren). *Prace Nauk. Politechniki Szczecińskiej*, 418. Szczecin 5–21.
- Rac in o w s k i R. 1992a; Charakterystyka standardowych cech litologicznych rumowiska strefy brzegowej morza Północnego (Zsf. Zur Charakteristik der lithologischen Standardeigenschaften von Bettgeschiebe der Meeresunterküstenzone an der Küste von Szczecin). *Prace Nauk. Politechniki Szczecińskiej*, 459. Szczecin 5–93.
- Rac in o w s k i R. 1992b; Znaczenie badań minerałów ciężkich w rozróżnieniu genezy osadów plejstoceńskich Pomorza Zachodniego (sum. Importance of heavy minerals analysis in the distinction of genesis of the Pleistocene deposits in the region of Western Pomerania). *Prace Nauk. Politechniki Szczecińskiej*, 474. Szczecin 23–31.
- Rac in o w s k i R., Baraniecki J. 1990; Przydatność litologicznych wskaźników dla charakteryzowania wzdłużbrzegowego potoku rumowiska na polskim wybrzeżu Bałtyku (sum. Usability of lithological indices in describing sediment flow along Polish Baltic coast). *Rozprawy Hydrotechniczne*, 51. Gdańsk 159–210.
- Rac in o w s k i R., Rzechowski J. 1969a; Minerale ciężkie w glinach zwałowych Polski środkowej (sum. Heavy minerals in boulder clays of Central Poland). *Kwart. Geol.*, 13, 2. Warszawa 479–490.
- Rac in o w s k i R., Rzechowski J. 1969b; Selected problems of lithology and petrography of boulder clays in Central and Eastern Poland. *Geographia Polonica*, 17. Warszawa 319–340.
- Rac in o w s k i R., Sochan A. 1978a; Młodoplejstoceńskie osady ze Szczecina w świetle porównawczych badań litologicznych (sum. Late Pleistocene deposits from Szczecin in the light of comparative lithological studies). *Biuletyn Inst. Geol.*, 300. Warszawa 199–234.
- Rac in o w s k i R., Sochan A. 1978b; Zastosowanie prostych metod statystycznych w badaniach petrograficznych glin zwałowych – na przykładzie materiału z klifu Trzęsacz-Niechorze (sum. The use of simple statistical methods in petrographic analyses of tills – on the basis of material from the Trzęsacz-Niechorze cliff). *Biuletyn Inst. Geol.*, 300. Warszawa 179–198.
- Rac in o w s k i R., Sochan A. 1981; Próba charakterystyki litostratigraficznej osadów plejstoceńskich północnej części Półwyspu Iberyjskiego (sum. Lithostratigraphical characteristics of Pleistocene deposits of north part of Szczecin Shoreland). *Prace Nauk. Politechniki Szczecińskiej*, 128. Szczecin 1–110.
- Raczkowski W. 1976; Niektóre problemy genezy lessów Przedgórze Sudeckie (sum. Some problems of the origin the Sudete Foreland loesses). *Biuletyn Inst. Geol.*, 297. Warszawa 329–343.
- Rzechowski J. 1961; Młodo czwartorzędowe osady doliny Bugu w okolicy Dubienki (res. Dépôts de Quaternaire récent de la vallée du Bug aux environs de Dubienka). *Annales UMCS, sc. B. Lublin* 37–62.
- Rzechowski J. 1969; Facje młodoczwartorzędowych aluwii dorzecza środkowego Bugu (sum. Facies of late Quaternary alluvia in the middle Bug River Basin). *Kwart. Geol.*, 13. Warszawa 193–202.
- Rzechowski J. 1974; O litotypach glin zwałowych dolnego i środkowego plejstocenu na Niżu Polskim (sum. On lithotypes of lower and middle Pleistocene tills in Polish Lowland). *Zeszyty Naukowe Uniw. A. Mickiewicza, Geografia* 10. Poznań 87–99.

- Rzechowski J. 1976; Lithological peculiarities of Polish Lowlands till. *Zeszyty Naukowe Uniw. A. Mickiewicza, Geografia* 12. Poznań 33–48.
- Rzechowski J. 1977; Main lithotypes of tills in the Central Polish area. *Biuletyn Inst. Geol.*, 305. Warszawa 31–43.
- Rzechowski J. 1982; Dependence of till lithology on properties of a local Quaternary bedrock in Central Poland. *Biuletyn Inst. Geol.*, 343. Warszawa 111–134.
- Sawicka E. 1953; Minerale ciężkie w piaskach plażowych polskiego wybrzeża Bałtyku. *Biuletyn Inst. Geol. Warszawa* 1–27.
- Stankowska A., Stankowski W. 1966; Próba rozpozniomowania glin zwalowych Polski zachodniej w świetle analiz mineralogicznych i chemicznych (sum. An attempt at boulder clay classification from NW Poland by means of mineralogical and chemical investigations). *Badania Fizjogr. nad Polską Zach.*, s.A, 17. Poznań 109–139.
- Szczypek T. 1986; Procesy wydmotwórcze w środkowej części Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej na tle obszarów przyległych (sum. Dune forming processes in the middle part of the Cracow-Wieluń Upland against a background of the neighbouring area). *Prace Nauk. Uniw. Śląskiego*, 823. Katowice 1–177.
- Szczypek T., Wach J. 1991; Rozwój współczesnej wydmy w warunkach silnej antropopresji (sum. Development of the modern dune in the strong human impact conditions). *Prace Nauk. Uniw. Śląskiego*, 1164. Katowice 1–79.
- Tokarski J. 1936; Physiographie der podolischen losses und des problem seiner stratigraphie. *Mém. Acad. Pol. Sci. Letter. s.A*, 4. Kraków 1–61.
- Trembaczowski J. 1948; Próba wyjaśnienia pochodzenia piasków plaży i wydm w Puławach (sum. Origin of beach and dune sand in Puławy). *Annales UMCS*, sc. B, 3, Lublin 67–78.
- Turnau-Morawska M. 1948; Piaskowiec albski okolic Rachowa nad Wisłą (sum. An Albian sandstone in the environment of Rachów on the Vistula river). *Annales UMCS*, sc. B, 3, Lublin 33–66.
- Turnau-Morawska M. 1949; Spostrzeżenia dotyczące sedymentacji i diagenety sarmatu Wyżyny Lubelskiej (sum. Remarks concerning sedimentations and diagenesis of Sarmation deposits on the Lublin Upland). *Annales UMCS*, sc. B, 4. Lublin 135–182.
- Turnau-Morawska M. 1952; Utwory rzeczne doliny Bugu między Terespołem a Wyszkwem (sum. Fluvial deposits in the Bug valley between Terespol and Wyszkw). *Biuletyn Inst. Geol.*, 68. Warszawa 121–138.
- Turnau-Morawska M. 1955; Znaczenie analizy minerałów ciężkich w rozwiązywaniu zagadnień geologicznych (sum. Heavy mineral analysis and the solution of geological problems). *Acta Geol. Polonica*, 5, 3. Warszawa 363–388.
- Urbanik-Biernacka U. 1975; Wydmy okolic Świętoustia na wyspie Wolin (sum. The dunes in the Świętoust region on Wolin Island). *Acta Univ. N. Copernici, Geografia* 11. Toruń 57–85.
- Urbanik-Biernacka U. 1976; Badania wydm środkowej Polski z wykorzystaniem metod statystycznych (sum. Investigation of the dunes in Central Poland with use of statistical methods). *Politechnika Warszawska, Prace Naukowe, Geodezja* 17. Warszawa 1–204.
- Uściniowicz S. 1985; Litodynamika podwodnego skłonu brzegowego na odcinku Mrzeżyno-Rowy (sum. The lithodynamics of subaqueous slope of the Baltic shore in the Mrzeżyno-Rowy section). *Przegl. Geol.*, 12. Warszawa 683–688.
- Uziak S. 1962; Zagadnienie typologii niektórych gleb pyłowych Pogórza Karpackiego (sum. Typology of some silt soils of the Carpathian Foothills). *Annales UMCS*, sc. B, 17, Lublin 1–64.
- Uziak, Pomian J. 1967; Wstępne badania utworów lessowatych Wyżyny Lubelskiej i gleb z nich wytworzonych (sum. Preliminary studies of loess-like formations of Lublin Upland and of the soil formed out of them). *Annales UMCS*, sc. E, 22. Lublin 91–105.
- Uziak, Morawski J., Pomian J., Melke J., Klimowicz Z. 1971; Utwory i gleby pyłowe Równiny Bełżyckiej (sum. Silty formations and soils of the Bełżyce Plain). *Roczniki Gleboznawcze* 22, 1. Warszawa 3–18.
- Watocki W. 1928; Der Granatsand von Hel am Baltischen Meer. *Bull., Ac. Pol. Sc., sc. A*, Kraków 9.
- Wajda W. 1970; Minerale ciężkie piasków dennych polskiego wybrzeża Bałtyku (sum. Heavy minerals of the bottom sand (Polish) coast of the Baltic). *Rocznik Pol. Tow. Geol.*, 40, 1. Kraków 131–149.

- Wajda W. 1976; Współzależność między składem granulometrycznym a składem mineralnym dennych osadów piaszczystych południowego Bałtyku (sum. Correlation between grain-size and mineral composition of sandy bottom deposits in the Southern Baltic Sea). *Biuletyn Inst. Geol.*, 285, Warszawa 129–152.
- Wajda W. 1980; Osady piaszczyste południowego Bałtyku w aspekcie badań przydatnych gospodarczo koncentracji minerałów ciężkich. *Peribalticum 1*. Gdańsk 59–78.
- Wojtanowicz J. 1970; Wydmy Niziny Sandomierskiej w świetle badań granulometrycznych (rés. Les dunes du Bassin de Sandomierz a la lumidre de l'examen granulometrique). *Annales UMCS*, sc. B, 25, Lublin 1–49.
- Wojtanowicz J. 1974; Wyspa lessowa koło Krzeszowa nad Sanem (sum. The loess island near Krzeszów on San). *Annales UMCS*, sc. B, 26, Lublin 67–88.

STRESZCZENIE

Na kanwie badań minerałów ciężkich osadów czwartorzędowych, jakie zostały wykonane w Polsce w ciągu ostatnich trzydziestu lat, sformułować można następujące uwagi.

1. W pasie wyżyn środkowopolskich na podstawie badań minerałów ciężkich wyodrębnić można osady czwartorzędowe od starszego podłoża. W tych pierwszych charakterystyczne są bowiem amfibole, granaty, pirokseny, biotyty. Na przedpolu Karpat wyodrębnienie materiału czwartorzędowego jest utrudnione ze względu na znaczną obecność granatu w skałach starszych. W obrębie Polski północno-zachodniej utwory czwartorzędowe i trzeciorzędowe cechują się zbliżonymi spektrami minerałów ciężkich.

2. Analizy składu minerałów ciężkich tylko w sposób wycinkowy (lokalny) wykorzystywane mogą być do stratyfikacji osadów glacialnych i fluwioglacialnych. Podobne uwagi odnieść można do rozpozniowywania wiekowego osadów lessowych. Zróżnicowanie spektrów minerałów ciężkich w osadach fluwioglacialnych, fluwialnych i wydmych stanowić może odbicie zróżnicowania litofacialnego tych utworów.

3. W sposób znaczący skład minerałów ciężkich pomocny może być przy rozróżnianiu osadów glacialnych i fluwioglacialnych od materiału innej genezy. W znacznym stopniu badania te wykorzystywane mogą być do rozróżniania litofacialnego osadów prądowych oraz związku osadów plejstoceńskich z lokalnym materiałem wyjściowym.

4. Analizy minerałów ciężkich wykorzystywane mogą być do charakterystyki litodynamicznej współczesnego środowiska strefy brzegowej Bałtyku. Częściowo również do oceny tych procesów w środowisku fluwialnym i wydmy.

5. W warunkach polskich skład minerałów ciężkich tylko w sposób wycinkowy wykorzystywany może być do odtwarzania lokalnych kierunków transportu materiału osadowego. Dotyczy to głównie Polski południowej, gdzie na tej podstawie wykazywać można związki między utworami pyłowymi i gliniastymi a skałami karpaczkimi.

6. Bardzo trudno dopatrywać się zależności między składem minerałów ciężkich a intensywnością procesów bipergenicznych. W zasadzie na podstawie tych badań nie można w sposób jednoznaczny wyznaczać poziomów wietrzeniowych tak w profilach wiertniczych, jak i przekrojach geologicznych. Rezultaty analiz minerałów ciężkich wykorzystywane mogą być do rozróżniania rędzin i innych gleb inicjalnych od pararędzin lub innych genetycznie gleb, bowiem te ostatnie cechują się minerałami ciężkimi typowymi dla osadów plejstoceńskich.

7. Ze względu na niejednoznaczną rolę badań minerałów ciężkich osadów czwartorzędowych Polski wskazana jest szersza dyskusja, która dałaby odpowiedź na pytanie: dla jakich celów analiza składu minerałów ciężkich jest szczególnie przydatna i efektywna?

