

PALEOGEN I NEOGEN POLSKI – NOWE DANE. WPROWADZENIE

ANDRZEJ GĄSIEWICZ¹, GRZEGORZ CZAPOWSKI¹

W ostatnich latach nastąpił postęp w rozpoznaniu szeroko rozprzestrzenionej na Niżu Polskim i w Sudetach pokrywy osadów paleogenu i neogenu. Pozyskanie nowych danych geologicznych jest związane z realizacją pod koniec pierwszej dekady tego wieku przez Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy (PIG-PIB) projektu pt. „Zintegrowany program płytkich wierceń badawczych dla rozwiązania istotnych problemów budowy geologicznej Polski” (2011). Projekt ten zmierzał m.in. do wyjaśnienia wielu problemów regionalnej budowy geologicznej Polski ujawnionych w trakcie wcześniejszych prac badawczych prowadzonych przez PIG-PIB, co wymagało wykonania płytkich otworów wiertniczych. Prace objęte projektem stanowiły z założenia wybór wyselekcjonowanych tematów badawczych prowadzących do wyjaśnienia określonego kontekstu budowy geologicznej kraju.

Część wyników badań utworów paleogenu i neogenu przeprowadzonych w ramach wspomnianego projektu zamieszczono w niniejszym tomie *Biuletynu Państwowego Instytutu Geologicznego*. Badania były też finansowane ze środków statutowych PIG-PIB i grantu Komitetu Badań Naukowych.

Zebrałe artykuły dotyczą głównie zagadnień stratygraficznych, sedimentologicznych, biostratygraficznych, geochemicznych, petrologicznych, paleomagnetycznych i budowy strukturalnej (glacitektonika) utworów paleogeńsko-neogeńskich z wybranych regionów Polski: obszaru zapadliska przedkarpackiego, Sudetów (niecka żytawska), a także północnej części Niżu Polskiego (Pomorze Gdańskie i Pojezierze Mazurskie). Gros prac poświęcono klastycznej serii miocénskiej występującej pod osadami czwartorzędu w zapadlisku przedkarpackim.

W większości artykułów opublikowanych w niniejszym tomie *Biuletynu PIG* przybliżono wyniki kompleksowych badań dwóch otworów wiertniczych z terenu zapadliska przedkarpackiego, o tyle istotnych, że mimo setek wykonanych na tym obszarze odwiertów brak jest w pełni zachowanych rdzeni z tych otworów. Omówiony w dziewięciu pracach znacznej miąższości kompleks morskich osadów klastycznych

środkowego miocenu jest podścielony poziomem utworów ewaporatowych, tworzących horyzont korelacyjny w całym zapadlisku przedkarpackim aż po obszar Ukrainy. Ten dość monotony litologicznie kompleks osadowy jest definiowany jako formacja z Machowa i był wcześniej opisywany jako ility krakowieckie (np. Ney i in., 1974; Pawłowski i in., 1985; Czapowski, Gąsiewicz, 1994a; Pawłowska, 1994; Jasionowski, 1997; Czapowski, 2004). Jego wiek jest wiązany z dwoma piętrami młodszego miocenu: górnym badenem i dolnym sarmatem.

Granica biostratygraficzna między badenem i sarmatem w polskiej części zapadliska przedkarpackiego jest łączona z bardzo nieostrymi stratygraficznie zmianami zespołów makro- i mikrofauny oraz nanoplanktonu (np. Kowalewski, 1958; Łuczowska, 1967; Szczuchura, 1982; Gaździcka, 1994; Garecka, Jugowiec, 1999; Olszewska, 1999; Paruch-Kulczycka, 1999; Studencka, 1999). Nie znajdują one odzwierciedlenia ani w zmianach litologii, ani tekstury omawianych osadów. W efekcie ta ważna granica jest wyznaczana w szerokim przedziale głębokościowym w zależności od regionu zapadliska przedkarpackiego i zachowanych tam skamieniałości. Ponadto wyższa część profilu litologicznego formacji z Machowa, datowana na sarmat, zawiera faunę ubogą w taksony wskaźnikowe lub jest miejscami pozbawiona skamieniałości. Przyczynia się to do dowolności w wyróżnianiu obu jednostek stratygraficznych – badenu i sarmatu – na podstawie bardzo subiektywnych kryteriów litologicznych, które mogą się nieco zmieniać regionalnie. W tej sytuacji podstawowym problemem jest ustalenie jednolitego, opartego na różnorodnych danych stratygraficznych podziału miocénskiej nadewaporatowej serii osadowej w basenie przedkarpackim. Wydziela się tu bowiem liczne i bardzo zróżnicowane (uwarunkowane lokalnie) jednostki lito- i biostratygraficzne, o różnej randze stratygraficznej i różnym zasięgu paleogeograficznym (np. Czapowski, 2004, z literaturą). Tym samym kluczowym zagadnieniem dla prawidłowej korelacji regionalnej osadów środkowego miocenu polskiej części zapadliska przedkarpackiego staje się wyznaczenie granicy między piętrami – badenem i sarmatem.

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; e-mail: andrzej.gasiewicz@pgi.gov.pl, grzegorz.czapowski@pgi.gov.pl.

Dokładniejsze badania stratygraficzne i sedymentologiczne mioceńskiego kompleksu nadewaporatowego w brzeżnej, północnej części zapadliska przedkarpackiego zapoczątkowano w latach 80. i 90. XX w. w związku z poszukiwaniem złóż siarki (np. Pawłowski i in., 1985; Gąsiewicz, 1989; Czapowski, Gąsiewicz, 1994b). Wykonano wówczas badania paleontologiczne, geochemiczne i sedymentologiczne profili dwóch otworów wiertniczych (Jamnica S-119 i Buda Stalowska P7) w okolicy Tarnobrzega oraz badania sedymentologiczne w profilach kolejnych dwóch otworów (Buda Stalowska P10 i P12) znajdujących się na południe od Niska. W wyniku badań chemostratygraficznych omawianej serii osadowej w profilach otworów wiertniczych Jamnica S-119 i Buda Stalowska P7 lepiej zdefiniowano granicę obu pięter niż na podstawie dotychczas stosowanych metod biostratygraficznych, a tym samym wykazano przydatność badań geochemicznych dla ustaleń stratygraficznych (Gąsiewicz i in., 2004). Niemniej ze względu na bardzo nieliczne kompletne rdzenie z nadkładu poziomu ewaporatowego w polskim zapadlisku przedkarpackim stratygrafia tych utworów nadal jest przedmiotem dyskusji. Na podstawie wymienionych prac wykazano, że istnieje potrzeba przeprowadzenia bardziej złożonych badań z użyciem różnych metod badawczych. Zintegrowanie tych metod daje gwarancję pewniejszych korelacji w obrębie samych utworów miocenu w zapadlisku przedkarpackim w Polsce, a także pozwala lepiej powiązać je stratygraficznie z odpowiednikami w ukraińskiej części zapadliska i na obszarze Paratetydy. W ostatnich latach ustalenie położenia granicy między badenem i sarmatem w regionie Paratetydy nabiera coraz większego znaczenia, co wynika głównie z potrzeby dokonywania regionalnych korelacji w ramach intensywnie prowadzonych w krajach tego paleoregionu programów i prac o charakterze stratygraficznym (np. Vasiliiev i in., 2004; Popov i in., 2006; Bukowski, 2011; Studencka, Jasionowski, 2011; Śliwiński i in., 2012; de Leeuw i in., 2013). Programy te mają na celu nie tylko korelację utworów miocenu z różnych regionów Paratetydy, lecz także skorelowanie ich z utworami dość dobrze zbadanego obszaru medyterańskiego (Piller, Harzhauser, 2005).

Wobec problemów z podziałem stratygraficznym nadkładu poziomu ewaporatowego polskiej części zapadliska przedkarpackiego, potrzeby dokonania dokładniejszej korelacji z wydzieleniami w serii osadowej miocenu Paratetydy (znacznie lepiej datowanej) i znaczących kontrowersji interpretacyjnych zasadniczym celem prac podjętych w ramach wykonanego przez PIG-PIB projektu badawczego było wyznaczenie granicy badenu i sarmatu. W północnej części zapadliska przedkarpackiego zaprojektowano dwa pełnordzeniowane otwory, które miały przewiercić kompleks nadewaporatowy: Busko (Młyny) PIG-1 i Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1. Ich lokalizacja w bardziej zachodniej części regionu była uwarunkowana sytuacją paleogeograficzną (Czapowski, Gąsiewicz, 2015). W założeniu z obu otworów miał zostać pozyskany materiał badawczy z dotąd słabo rozpoznanej zachodniej części północnego brzegu basenu środkowego miocenu na przedpolu Gór Świętokrzyskich.

Rozpatrywane pełnordzeniowane profile stanowią szczególnie użyteczny materiał badawczy pod względem stratygraficznym, ponieważ jest możliwe prześledzenie pełnego, począwszy od poziomu ewaporatowego, zapisu litologicznego formacji z Machowa. Żeby wykonać zadanie, posłużono się różnymi metodami, w szczególności badaniami sedymentologicznymi i petrograficznymi (Czapowski, Gąsiewicz, 2015; Kramarska, 2015), geochemicznymi (chemicznymi i izotopowymi – Gąsiewicz, 2015), petrologicznymi (badania warstewek tufitów – Bukowski, 2015), przeprowadzono też analizy zespołów makrofauny (Studencka, 2015), mikrofauny (Paruch-Kluczycka, 2015; Peryt, Peryt, 2015) i nanoplanktonu wapiennego (Gaździcka, 2015). Osobnym zagadnieniem są wyniki badań paleomagnetycznych (Sant i in., 2015), na których podstawie określono zmiany polarności magnetycznej w profilu otworu Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1.

Utwory paleogenu i neogenu Niżu Polskiego utworzyły się w różnych środowiskach. W tym czasie obszar Polski poza zapadliskiem przedkarpackim odznaczał się zróżnicowaną paleogeografią i środowiskami w znacznej mierze o charakterze kontynentalnym (szczególnie w neogenie). W efekcie tego sekwencje depozycyjne z różnych rejonów Niżu Polskiego charakteryzują się dość skomplikowaną stratygrafią. Podział stratygraficzny jest oparty głównie na sukcesji zespołów roślinnych, które w dodatku nie wszędzie są wystarczająco dobrze rozpoznane. Ponadto obecność licznych luk w profilu oraz nie zawsze jednoznaczna pozycja stratygraficzna osadów (*in situ* czy przemieszczone), będąca skutkiem procesów glacictonicznych, powoduje dodatkowe trudności interpretacyjne. Dotyczy to m.in. opisywanych w tym tomie *Biuletynu PIG* obszarów Pomorza Gdańskiego (Kramarska i in., 2015) i Warmii (Słodkowska, Gałązka, 2015), których utwory paleogenu i neogenu najczęściej uważano za kry glacialne i brak było tym samym ich reprezentatywnego profilu dla tej części Niżu. Wynikiem badań przeprowadzonych w ramach wykonanego przez PIG-PIB projektu miało być określenie charakteru i genezy wystąpień tych utworów.

Odpowiedzią na potrzebę uściślenia następstwa serii osadowych paleogenu i neogenu Niżu Polskiego były m.in. kompleksowe badania osadów paleogenu i neogenu ze stanowiska w Łęczycach na Pomorzu Gdańskim (otwór wiertniczy i odsłonięcie Łęczyce-Tr), zmierzające do sporządzenia profilu referencyjnego paleogenu i neogenu Polski północnej (Kramarska i in., 2015). Co istotne z paleogeograficznego punktu widzenia, wykazano, że kompleks osadów od oligocenu po pliocen znajduje się w pozycji *in situ* i reprezentuje różne środowiska depozycji, od kontynentalnego po obszar płytkiego szelfu. Udokumentowane w Łęczycach odsłonięcie jest najdalej wysuniętym na północ stanowiskiem występowania osadów pliocenu na Niżu Polskim. Wyznaczona w odsłonięciu granica litostratygraficzna między formacją poznańską a formacją gozdnicką jest przesunięta w stosunku do granicy biostratygraficznej miocen/pliocen i znajduje się już w osadach plioceńskich.

Z kolei na podstawie wyników badań palinologicznych i geologicznych materiału rdzeniowego z otworu wiertniczego Wysoka Wieś, wykonanego w rejonie Wzgórz Dylewskich na Pojezierzu Mazurskim w ramach zadań Państwowej Służby Geologicznej, udokumentowano ponad 400-metrowej miąższości profil osadów paleogenu i neogenu oraz wyjaśniono genezę tych utworów (Słodkowska, Gałązka, 2015). Rozpatrywany profil wyraźnie uwidacznia skalę trudności w rozpoznaniu stratygrafii kenozoiku na Niżu Polskim, spowodowanych przemieszczeniami glacictektonicznymi. W wyniku przeprowadzonych prac wydatowano powtarzające się kompleksy utworów paleogenu i neogenu i stwierdzono skomplikowane, wielkoskalowe deformacje glacictektoniczne. Najstarszy kompleks osadów paleogeńskich jest niezaburzony i znajduje się w pozycji pierwotnej. Wyższy kompleks paleogeński został wkomponowany w miąższe łuski glacictektoniczne. W osadach mioceńskich te same poziomy pyłkowe powtarzają się w profilu dwu- i trzykrotnie. Skala deformacji oraz jej zasięg są unikatowe i jednocześnie jednoznacznie wskazują na glacictektoniczną genezę Wzgórz Dylewskich.

W niecce żytańskiej, w zachodniej części Dolnego Śląska, utwory paleogenu i neogenu są stosunkowo dobrze rozpoznane dzięki badaniom profili licznych otworów wiertniczych i eksploatacji złóż węgla brunatnego. Dotychczas sądzono, że niecka zaczęła odgrywać rolę zbiornika depozycyjnego głównej serii osadowej dopiero od środkowego miocenu. Na podstawie wyników badań profilu otworu wiertniczego Opolno Zdrój PIG-1 Kasiński i in. (2015) udokumentowali występowanie utworów węglistych starszego kenozoiku pod pokrywą skał wulkaniczno-piroklastycznych. Jest to unikatowa sytuacja geologiczna na Dolnym Śląsku. Ponadto w wyniku badań palinologicznych osadów węglistych określono ich wiek na oligocen, co potwierdzono na podstawie superpozycji bazaltów datowanych radiometrycznie. Proces sedymentacji badanej serii osadowej rozpoczął się zatem nie w środkowym miocenie, ale już w oligocenie. Niecka żytańska jest więc strukturą znacznie starszą (paleogeńską) niż wcześniej przypuszczano.

Zebrane w niniejszym tomie *Biuletynu PIG* wyniki prac geologicznych dostarczają nowych danych o wykształceniu, środowisku powstania, stratygrafii i ewolucji pokrywy paleogenu i neogenu zapadliska przedkarpackiego i Niżu Polskiego. Badania – zróżnicowane pod względem zakresu i rodzaju użytych metod – były skoncentrowane na wybranych ważnych problemach regionalnych i ich rezultaty uzupełniają dotychczasowy stan wiedzy albo wręcz stawiają ją w nowym świetle.

Autorzy mają nadzieję, że wyniki ich prac przyczynią się do lepszego zrozumienia rozwoju budowy geologicznej rozpatrywanych regionów, a także – w dalszej perspektywie – pozwolą powiązać je z wynikami prowadzonych na dużą skalę badań nad równowiekowymi utworami z innych basenów europejskich.

Redaktorzy tomu serdecznie dziękują recenzentom zamieszczonych w tym numerze *Biuletynu PIG* artykułów za trud włożony w weryfikację danych i cenne sugestie dotyczące ich jak najlepszego przedstawienia. Trudnej roli recenzentów podjęli się: Janusz Badura (PIG-PIB Wrocław), Maciej Bąbel (Wydział Geologii UW), Krzysztof Bukowski (Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH), Krzysztof Dudek (Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH), Marcin Górka (Wydział Geologii UW), Jacek Grabowski (PIG-PIB Warszawa), Elżbieta Jackowicz (PIG-PIB Warszawa), Marek Jasionowski (PIG-PIB Warszawa), Paweł Karnkowski (Wydział Geologii UW), Jarmila Krzymińska (PIG-PIB Gdańsk), Elżbieta Król (Instytut Geofizyki PAN), Barbara Olszewska (PIG-PIB Kraków), Marta Oszczytko-Clowes (Instytut Nauk Geologicznych UJ), Jolanta Paruch-Kulczycka (PIG-PIB Warszawa), Maciej Pawlikowski (Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH), Bogusław Przybylski (PIG-PIB Wrocław), Elżbieta Worobiec (Instytut Botaniki PAN) oraz Maria Ziemińska-Tworzydło (Wydział Geologii UW).

Szczególne podziękowania należą się paniom: Annie Kalinowskiej i Ewelinie Leśniak, redaktorkom *Biuletynu PIG*, za trud włożony w przygotowanie do druku niniejszego tomu.

LITERATURA

- BUKOWSKI K., 2011 — Badańska sedymentacja salinarna na obszarze między Rybnikiem a Dębicą w świetle badań geochemicznych, izotopowych i radiometrycznych. *Rozpr. Monogr.*, **236**.
- BUKOWSKI K., 2015 — Mioceńskie poziomy tufitowe z otworów wiertniczych Busko (Młyny) PIG-1 i Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **461**: 79–94.
- CZAPOWSKI G., 2004 — Miocen. Otoczenie Gór Świętokrzyskich. *W: Budowa geologiczna Polski. T. 1. Stratygrafia. Cz. 3a. Kenozoik: paleogen i neogen* (red. M. Peryt, M. Piwocki). Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- CZAPOWSKI G., GAŚIEWICZ A., 1994a — Preface. *Geol. Quart.*, **38**, 3: 337–340.
- CZAPOWSKI G., GAŚIEWICZ A. (red.), 1994b — Conference on Tertiary sulphur-bearing formation in the Carpathian Foredeep. *Geol. Quart.*, **38**, 3, Sp. Issue.
- CZAPOWSKI G., GAŚIEWICZ A., 2015 — Wykształcenie, stratygrafia i środowiska depozycji utworów pogranicza badenu i sarmatu z SW otoczenia Gór Świętokrzyskich – profile otworów badawczych Busko (Młyny) PIG-1 i Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **461**: 9–52.
- GARECKA M., JUGOWIEC M., 1999 — Wyniki badań biostratygraficznych miocenu zapadliska przedkarpackiego na podstawie nanoplanktonu wapiennego. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **168**: 29–42.
- GAŹDZICKA E., 1994 — Nannoplankton stratigraphy of the Miocene deposits in Tarnobrzeg area (north-eastern part of the Carpathian Foredeep). *Geol. Quart.*, **38**, 3: 553–570.
- GAŹDZICKA E., 2015 — Nanoplankton wapienny i okrzemki środkowego miocenu w rejonie Buska i Kazimierzy Wielkiej (północna część zapadliska przedkarpackiego). *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **461**: 153–178.

- GAŚIEWICZ A., 1989 — Wyniki prac poszukiwawczych złóż siarki rodzimej w rejonie Alfredówka–Gwoździec. *Prz. Geol.*, **37**, 4: 207–209.
- GAŚIEWICZ A., 2015 — Cechy geochemiczne utworów pogranicza badenu i sarmatu w otworach wiertniczych Busko (Młyny) PIG-1 i Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 z północnego obrzeżenia zapadliska przedkarpackiego. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **461**: 61–78.
- GAŚIEWICZ A., CZAPOWSKI G., PARUCH-KULCZYCKA J., 2004 — Granica baden–sarmat w zapisie geochemicznym osadów w północnej części zapadliska przedkarpackiego – implikacje stratygraficzne. *Prz. Geol.*, **52**, 5: 413–420.
- JASIONOWSKI M., 1997 — Zarys litostratygrafii osadów miocennych wschodniej części zapadliska przedkarpackiego. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **375**: 43–60.
- KASIŃSKI J.R., BADURA J., PAŃCZYK M., PECSKAY Z., SATERNUS A., SŁODKOWSKA B., URBAŃSKI P., 2015 — Osady paleogeńskie w polskiej części niecki żytańskiej – nowe światło na problem wieku zapadliska tektonicznego. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **461**: 295–324.
- KOWALEWSKI K., 1958 — Stratygrafia trzeciorzędu Polski Południowej ze specjalnym uwzględnieniem południowego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich. *Kwart. Geol.*, **2**, 1: 3–43.
- KRAMARSKA R., 2015 — Minerale ciężkie w profilu utworów miocenu w otworze wiertniczym Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 (północny skraj zapadliska przedkarpackiego). *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **461**: 53–60.
- KRAMARSKA R., KASIŃSKI J.R., CZAPOWSKI G., PIWOCKI M., SŁODKOWSKA B., 2015 — Referencyjny profil osadów neogenu Pomorza Wschodniego w Łęczycach koło Lęborka (północna Polska). *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **461**: 193–250.
- de LEEUW A., FILIPESCU S., MAȚENCO L., KRIJGSMAN W., KUIPER K.F., STOICA M., 2013 — Paleomagnetic and chronostratigraphic constraints on the Middle to Late Miocene evolution of the Transylvanian Basin (Romania): implications for Central Paratethys stratigraphy and emplacement of the Tisza–Dacia plate. *Global Planet. Change*, **103**: 82–98.
- ŁUCZKOWSKA E., 1967 — Paleokologia i stratygrafia mikropaleontologiczna miocenu okolic Grzybowa koło Staszowa. *Acta Geol. Pol.*, **17**: 219–249.
- NEY R., BURZEWSKI W., BACHLEDA T., GÓRECKI W., JAKÓB-CZAK K., SŁUPCZYŃSKI K., 1974 — Zarys paleogeografii i rozwoju litologiczno-facjalnego utworów miocenu zapadliska przedkarpackiego. *Pr. Geol.*, **82**: 1–65.
- OLSZEWSKA B., 1999 — Biostratygrafia neogenu zapadliska przedkarpackiego w świetle nowych danych mikropaleontologicznych. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **168**: 9–28.
- PARUCH-KULCZYCKA J., 1999 — Genus *Silicoplaentina* (Class Amoebina) from the Miocene Machów Formation (Krakowiec Clays) of the northern Carpathian Foredeep. *Geol. Quart.*, **43**, 4: 499–508.
- PARUCH-KULCZYCKA J., 2015 — Biostratygrafia osadów miocenu z otworów wiertniczych Busko (Młyny) PIG-1 i Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 na podstawie otwornic (północna część zapadliska przedkarpackiego). *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **461**: 115–132.
- PAWŁOWSKA K., 1994 — Miocene and its basement in sulphur-bearing areas of marginal part of the Carpathian Foredeep – a summary. *Geol. Quart.*, **38**, 3: 365–376.
- PAWŁOWSKI S., PAWŁOWSKA K., KUBICA B., 1985 — Budowa geologiczna tarnobrzeskiego złoża siarki rodzimej. *Pr. Inst. Geol.*, **114**.
- PERYT D., PERYT T.M., 2015 — Zmiany środowiskowe poprzedzające sedimentację gipsów badieńskich i na początku ich depozycji w rejonie Rzeki Wschodniej (północna część zbiornika przedkarpackiego). *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **461**: 133–152.
- PILLER W.E., HARZHAUSER M., 2005 — The myth of the brackish Sarmatian Sea. *Terra Nova*, **17**: 450–455.
- POPOV S.V., SHCHERBA I.G., ILYINA L.B., NEVESSKAYA L.A., PARAMONOVA N.P., KHONDKARIAN S.O., MAGYAR I., 2006 — Late Miocene to Pliocene palaeogeography of the Paratethys and its relation to the Mediterranean. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, **238**: 91–106.
- Zintegrowany program płytkich wierceń badawczych dla rozwiązania istotnych problemów budowy geologicznej Polski. Problem 12. Opracowanie charakterystyki stratygraficzno-genetycznej miocenu gipsonośnego z obszaru Niecki Nidy, 2011. Narod. Arch. Geol., Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- SANT K., de LEEUW A., CHANG L., CZAPOWSKI G., GAŚIEWICZ A., KRIJGSMAN W., 2015 — Paleomagnetic analyses on Badenian–Sarmatian drill cores from the North Carpathian Foredeep (Middle Miocene, Poland). *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **461**: 179–192.
- SŁODKOWSKA B., GAŁĄZKA D., 2015 — Osady paleogenu i neogenu w wielkoskalowych strukturach glacictonicznych Wzgórz Dylewskich. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **461**: 251–294.
- STUDENCKA B., 1999 — Remarks on Miocene bivalve zonation in the Polish part of the Carpathian Foredeep. *Geol. Quart.*, **43**, 4: 467–477.
- STUDENCKA B., 2015 — Małże z osadów środkowego miocenu zapadliska przedkarpackiego: otwory wiertnicze Busko (Młyny) PIG-1 i Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 – stratygrafia i taksonomia. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **461**: 95–114.
- STUDENCKA B., JASIONOWSKI M., 2011 — Bivalves from the Middle Miocene reefs of Poland and Ukraine: a new approach to Badenian/ Sarmatian boundary in the Paratethys. *Acta Geol. Pol.*, **61**: 79–114.
- SZCZUCHURA J., 1982 — Middle Miocene foraminiferal biochronology and ecology of SE Poland. *Acta Palaeont. Pol.*, **27**: 3–44.
- ŚLIWIŃSKI M., BAŁEŁ M., NEJBERT K., OLSZEWSKA-NEJBERT D., GAŚIEWICZ A., SCHREIBER B.C., BENOWITZ J.A., LAYER P., 2012 — Badenian–Sarmatian chronostratigraphy in the Polish Carpathian Foredeep. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, **326–328**: 12–29.
- VASILIEV I., KRIJGSMAN W., LANGEREIS C.G., PANATOIU C.E., MAȚENCO L., BERTOTTI G., 2004 — Towards an astrochronological framework for the eastern Paratethys Mio–Pliocene sedimentary sequences of the Focșani basin (Romania). *Earth Planet. Sci. Lett.*, **227**: 231–247.