

ALICJA SAMUL

Stan badań nad inkluzjami roślinnymi w bursztynie bałtyckim

Kompleksowe badanie kolekcji inkluzji organicznych w bursztynie wymaga obok studiów paleoentomologicznych także prowadzenia prac nad oznaczaniem taksonomicznym szczątków roślinnych. Chcąc stworzyć pełny obraz rozwoju stawonogów trzeciorzędowych entomolodzy muszą znać ich warunki życia, botanicy zaś muszą znaleźć poparcie swoich wniosków w wynikach badań fauny, której działalność życiowa często bardzo ściśle wiąże się z określonymi taksonami roślin. Owady z bursztynu i ich filogenetyczne powiązania zostały dokładniej opisane niż inkluzje roślinne. Wynika to przede wszystkim z dostępności materiału — ilości i kompletności osobników oraz stanu zachowania ich tkanek w skamieniałej żywicy (Hardt 1955).

Inkluzje roślinne stanowią tylko 0,4% wszelkich inkluzji w bursztynie (Katinas 1971). Niemniej z bogatych złóż bursztynu bałtyckiego uzyskano znaczną liczbę okazów paleobotanicznych. Są to w przeważającej części fragmenty tkanek i organów roślinnych, których oznaczenie systematyczne jest trudne lub wręcz niewykonalne. Bardzo rzadko znajdowane są całe kwiaty, owoce, nasiona, gałązki, liście i odciski liści. Pyłek i zarodniki również są obecne w bursztynie, ale nie poświęcono im dotychczas większej uwagi w opracowaniach systematycznych.

Badania nad inkluzjami roślinnymi

Najstarszą pracą zawierającą rysunki roślin z bursztynu jest „Historia Succinorum Corpora aliena involventium...” Nataniela Sendela (1742) oparta na materiale z drezdeńskiej kolekcji królewskiej. W latach 1830 - 1937 podano 750 nazw gatunkowych i rodzajowych roślin z bursztynu bałtyckiego w takich wybitnych dziełach florystycznych jak: Goeperta i Berendta (1845), Goeperta i Menge (1883), Conwentza (1886, 1890), Caspary'ego i Klebsa (1906) oraz w ponad 70 mniejszych pracach. Ten obszerny materiał z literatury został krytycznie zrewidowany przez

Hannę Czeczott (1961), która zredukowała liczbę jednostek taksonomicznych do 216 przez opuszczenie niepewnych oznaczeń i synonimów. W sporządzonym przez nią wykazie roślin znajduje się 5 gatunków bakterii, a w grupie zarodnikowych: 18 gatunków śluzowców, 18 gatunków grzybów, 2 gatunki porostów, 18 gatunków wątrobowców, 17 gatunków mchów i 2 gatunki paproci.

Najpopularniejszymi inkluzjami są szczątki roślin z klasy *Coniferae* (iglastych) z 33 rozpoznanyymi dotychczas gatunkami. Z rodziny *Pinaceae* stwierdzono obecność 8 gatunków *Pinus*, 1 — *Picea*, 2 — *Abies*. Z rodziny *Taxodiaceae* oznaczono 1 gatunek *Glyptostrobus* i 3 gatunki *Sequoia*. Opisano 18 gatunków z pięciu rodzajów z rodziny *Cupressaceae* (3 — *Widdringtonia*, 4 — *Thuites* w tym *Thuja*, *Thujopsis* i *Biota*, 1 — *Libocedrus*, 4 — *Chamaecyparis* i 2 — *Juniperus*). Cztery gatunki *Cupressaceae* nie zostały zidentyfikowane z żadnym z dziś żyjących gatunków (Caspary, Klebs 1906). Większość iglastych oznaczono na podstawie kwiatostanów męskich, niewiele na podstawie szyszek żeńskich, a kilka na podstawie igieł i liści-łuskowatych.

Gromada okrytonasiennych jest reprezentowana przez 7 gatunków z 7 rodzajów klasy jednoliściennych i 94 gatunki w 57 rodzajach klasy dwuliściennych. Wśród inkluzji okrytonasiennych 47% stanowią kwiaty i części kwiatów oraz liście. Najliczniejszymi szczątkami okrytonasiennych są pęczkowate włoski nie wiadomo czy słusznie przypisywane w literaturze łuskom osłaniającym pączki dębów, a występujące równie często w bursztynie, jak inkluzje roślin z klasy iglastych.

Jednym z pierwszych badaczy zainteresowanych mikroflorą w bursztynie był von Duisburg (1960, vide Langenheim 1964). Analizy palinologiczne przeprowadzał on jedynie na cienkich skrawkach bursztynu. Kilka ziaren pyłku sosny zilustrowali Goepfert i Menge (1883) oraz Conwentz (1890) w swych dziełach monograficznych. Kirchheimer (1937), który uważał, że właśnie badanie sporomorf mogłoby dostarczyć ważnych informacji dotyczących składu lasu bursztynodajnego, izolował pyłek przez rozpuszczanie i wirowanie zmielonego bursztynu w alkoholu. Niestety, nie zidentyfikował tak otrzymanego pyłku. Wetzel (1953, vide Langenheim 1964) badał sporomorfy z bursztynu pochodzącego ze Szlezwiku-Holsztyna. Małe kawałki bursztynu rozpuszczał w mieszaninie alkoholu i ksylolu. Większa część znalezionych zarodników to przedstawiciele rodziny *Polypodiaceae*, a najpowszechniejszy jest pyłek *Sequoia* i *Quercus*. Istnieją też okazy pyłku *Pseudotsuga*, *Tsuga* oraz rodzin *Ericaceae* i *Compositae* (Langenheim 1964). Stwierdzono, że badany pyłek pochodzi najczęściej z wiatropylnych wysokich, rzadko z niskich drzew. Prawdopodobnie drzewa, z których żywicy powstał bursztyn, należały do swoistych olbrzymów w lesie bursztynodajnym. Schubert (1961) zauważył brak

pyłku w okazach bursztynu ze zbiorów królewieckich. Przypuszcza się, że większe ilości pyłku mogą występować w tych zewnętrznych warstwach bryłek, które przeważnie ulegają zniszczeniu w czasie obróbki przemysłowej. Obecnie badaniami palinologicznymi bursztynu bitterfeldzkiego zajmują się badacze z NRD (Barthel i Hetzer 1982). Jednak nie podają stosowanej przez siebie metody izolacji.

Całkowita flora zawarta w burszynie bałtyckim, którą zrewidowała Czczottowa (1961), zawiera 2 razy więcej rodzin tropikalnych niż umiarkowanych (23 wobec 12%). Największą liczbę rodzin (46%) stanowią rośliny kosmopolityczne. Poza tym 12% rodzin ma zasięgi rozerwane, a 7% zasięgi anomalne.

Wielokrotnie podejmowane były próby rekonstrukcji lasu bursztynodajnego i warunków jego otoczenia (Heer 1860, vide Langenheim 1964, Heer 1869, Conwentz 1890, Caspary i Klebs 1906, Ander 1942, Bachofen-Echt 1949, Schubert 1953, 1958, vide Langenheim 1964, Schubert 1961, Czczott 1961, Rüffle i Helms 1970, Larsson 1978). Ponieważ wśród inkluzji roślinnych w burszynie przeważają szczątki sosen i dębów, ogólnie uważa się las bursztynodajny za mieszany las sosnowo-dębowy. Conwentz (1890) uważał, że dęby tych lasów były zimozielone. Inni (Bachofen-Echt 1949, Schubert 1953) sugerowali, że las ten był prawdopodobnie porównywalny z obecną roślinnością tzw. „hammocks” z Florydy z rodzajami: *Magnolia*, *Cinnamomum* i *Sabalites*, które rosną wśród sosen i dębów. Również *Thuites* i *Ilex* były liczne. Znaczna ilość inkluzji traw wskazuje na trawiaste podszycie (Bachofen-Echt 1949). W podszyciu bezpośrednio pod sosnami rosły rośliny z rodziny *Ericaceae*, szczególnie *Andromeda*, której kwiaty, owoce i liście zachowały się w całości w bryłkach skamieniałej żywicy. O suchych warunkach panujących w lesie bursztynodajnym mogą świadczyć wąskie pierścienie przyrostu rocznego w wielu małych gałązkach sosny (Schubert 1958, vide Langenheim 1964). Jednakże Czczottowa (1961) za Anderem (1942) stwierdziła, że florydzki typ lasu jest bardziej kserotypowy niż wynikałoby to z ogólnego składu flory i fauny w burszynie. Bardziej wiarygodny jest obraz gęstego i wilgotnego lasu sosnowo-dębowego. Drzewa innych gatunków mogły występować na krańcach tego lasu i na obrzeżach polan. Większość roślin tropikalnych żyła na południowych zboczach w obszarze, który musiał być przynajmniej częściowo górzysty (Langenheim 1964). Na podstawie dodatkowych badań drewna i kory z bursztynu Schubert (1961) podkreślił możliwość istnienia kilku typów lasu. Były to prawdopodobnie lasy sosnowo-palmowe, sosnowo-dębowe i sosnowo-twardolistne ułożone mozaikowo na zboczach górskich. Rüffle i Helms (1970) sugerują, że las bursztynodajny mógł być górzystym lasostepem podobnym do dzisiejszych lasów sosnowo-palmowych z twardolistnymi drzewami, a na większych

wysokościach — lasem sosnowo-dębowym, podobnym do dzisiejszych lasów górzystych rejonów Kuby i Hondurasu. W obniżeniach terenu mogły tworzyć się zbiorowiska roślin wilgociolubnych. Larsson (1978) przedstawia wizję właśnie takiego lasu, w którym dominowały gatunki drzew z rzędu *Pinales*, w tym przedstawiciele rodzin *Taxodiaceae* i *Araucariaceae* z wysoko osadzonymi koronami. Obecnie spotyka się je w dwu- i wielowarstwowych lasach subtropikalnych, gdzie tworzą warunki stymulujące rozwój obfitego podszycia. Wiele *Taxodiaceae* preferuje takie półcieniste, wilgotne biotopy i tworzy gęste zbiorowiska. Sosny natomiast rosną w warunkach różnej wilgotności. O zróżnicowaniu wysokości obszaru lasu bursztynodajnego może świadczyć różnorodność fauny chrzączek znalezionych w bursztynie (Ander 1942), wśród których stwierdzono formy żyjące w szybko lub wolno płynących strumieniach obok mieszkańców wód stojących. Takhtajan (1969, vide Larsson 1978) widzi we florze lasu bursztynodajnego wiele systematycznych i ekologicznych cech pozwalających porównać ją z dzisiejszymi subtropikalnymi zbiorowiskami górskich rejonów Azji południowo-wschodniej. Na podobieństwo porównywanych formacji roślinnych wskazuje też skład gatunkowy flory wątrobowców (Grolle 1985, a, b).

Heer (1960, vide Langenheim 1964, Heer 1969), a następnie Tornquist (1910) sugerowali, że lasy bursztynodajne zajmowały w Europie znaczny obszar. Tornquist (1910) przypuszczał, że ich południowa granica przebiegała przez tereny dzisiejszej środkowej Szwecji, na wschód przez Finlandię do zachodniej części ZSRR. Heer (1969) widział ją jeszcze dalej na południe, obejmującą tereny północnych Niemiec. Żywica, nawet płynna — jak wiadomo — była przenoszona przez rzeki i osadzana w płytkich partiach morza w formie delty.

Wetzel (1953, vide Langenheim 1964) na podstawie flory pyłkowej udowodnił istnienie odmiennego typu lasów bursztynodajnych na obszarze Szlezwiku-Holsztyną niż na obszarach wschodnich. Stwierdził, że las porastający zachodnie tereny obecnego Bałtyku był zdominowany przez *Sequoia*, *Quercus* i *Pseudotsuga* w przeciwieństwie do wschodnich lasów, w których dominowały *Pinus* i *Abies*. Ponieważ bursztyn ze Szlezwiku-Holsztyna znaleziono w warstwach datowanych na miocen, Wetzel porównał więc te zachodnie lasy bursztynodajne z lasami mioceńskimi węgla brunatnych, w których dominowała *Sequoia*.

Podobnie jak przy odtwarzaniu składu lasu bursztynodajnego, wciąż trwają badania dotyczące ustalenia, jakie drzewa żywicowały w tym lesie. Mimo zróżnicowania rodzajów drzew iglastych, reprezentowanych przez inkluzje w bursztynie, ogólnie przyjmowano, że prawie cały bursztyn bałtycki był produkowany przez sosny. Ten wniosek wynikał z badań silnie przeżywicowanych drewnianych zachowanych w osadach. Goeppert (1853,

vide Langenheim 1964) wyróżnił 8 gatunków sosen produkujących bursztyn, ale później (Goeppert i Menge 1883) zredukowano tę liczbę do 6 gatunków. Następnie Conwentz (1890) połączył te 6 gatunków z innymi gatunkami *Pinus* i gatunkiem *Picea* i stworzył gatunek zbiorowy *Pinus succinifera* Conw. Schubert (1961) po zbadaniu anatomicznym drewna i kory z bursztynu zebranego z całego wybrzeża Sambii stwierdził, że gatunek *Pinus succinifera* zawiera tylko sosny. Sosny bursztynodajne odznaczały się niską produkcją drewna, a silną korka. Żywica wytwarzana była nie tylko w komórkach epitelialnych kanałów żywicznych, ale również w komórkach parenchymatycznych wewnętrznej żywej kory.

Chociaż sosny stanowiły najbardziej prawdopodobne źródło obfitych ilości żywicy, sugerowano również współudział innych drzew w jej produkcji. Opierano się na zróżnicowaniu fizycznych i chemicznych właściwości kilku rodzajów bursztynu oraz częstości występowania szczątków organicznych, chociaż nie przedstawiono przekonujących dowodów. Na podstawie spektrofotometrycznych badań w podczerwieni bursztynu, drewna i szyszek ze złóż miocenijskich Mai (w Barthel i Hetzer 1982) stwierdził, że *Cupressospermum saxonicum* Mai jest gatunkiem, z którego żywicy powstał bursztyn bitterfeldzki. *C. saxonicum* z Górnych Łużyc został zaliczony przez Maia (1960) do reliktowych mezozoicznych *Coniferae* o nie znanym jeszcze pochodzeniu i nie wyjaśnionej morfologii i ekologii. Nie należał na pewno ani do rodziny *Taxodiaceae*, ani *Cupressaceae*. Był szeroko rozpowszechniony w dolnym trzeciorzędzie w Europie Środkowej. W młodszym trzeciorzędzie, kiedy formował się bursztyn bitterfeldzki (miocen), stanowił formę zanikającą. Mai przypuszcza, że ten gatunek *Coniferae* został opisany także w okazach z bursztynu bałtyckiego pod nazwą *Cupressus sempervirens succinea* Goepp. et Menge albo *Biota orientalis succinea* Goepp. Faktem jest również, że z kolei gałązki *Cupressaceae* w bursztynie są liczniejsze niż np. igły sosen. Poza tym chrząszcze znajdujące w bursztynie bałtyckim żerują przede wszystkim w korze *Cupressaceae* (Rüffle i Helms 1970, Larsson 1978). Co prawda *Cupressaceae* żywicują niezbyt obficie (Langenheim 1964), ale w warunkach ochłodzenia klimatu i zmniejszania zasięgu danych gatunków produkcja żywicy mogła wzrosnąć wraz z ilością uszkodzeń poszczególnych drzew. Przyjmuje się bowiem (Schubert 1953, 1958, vide Langenheim 1964), że drzewa są bardziej wrażliwe na peryferiach ich zasięgu gatunkowego.

Ponieważ bursztyn z różnych rejonów powstawał z żywicy różnych drzew (Langenheim 1969), ważne więc jest ustalanie dokładnej lokalizacji każdego znaleziska okazów bursztynu w celu późniejszej trafnej klasyfikacji wieku oraz dokładnej analizy ekologicznej poszczególnych zbiorowisk roślinnych i zwierzęcych w przeszłości, a co za tym idzie odwołanie ewolucji pewnych grup organizmów.

Powstało kilka koncepcji wyjaśniających obecność niezwyklej ilości bursztynu w złożach bałtyckich. Conwentz (1890) uważa, że las bursztynodajny był ogarnięty chorobą „sukcynoza”, wywołaną gwałtownymi burzami, pożarami lasów, uszkodzeniami przez roje owadów, działalność ptaków, grzybów i innych roślin pasożytniczych. Natomiast Schubert (1961) sugeruje, że nienormalnie wysoka produkcja żywicy musiała być spowodowana przez silne zachwianie równowagi fizjologicznej. Stenotopowa *Pinus succinifera* mogła reagować na zmianę klimatu nienormalnie dużą produkcją żywicy w późnym eocenie. Drzewa były osłabione, a więc podatne na ataki pasożytów. Bachofen-Echt (1949) zaznaczył, że nagromadzenie bursztynu bałtyckiego może wynikać z normalnej produkcji żywicy. Dominowanie sosen w lasach szeroko rozciągających się oraz żyjących przez miliony lat mogłoby wytłumaczyć nagromadzenie dużych ilości bursztynu zalegającego w złożach bałtyckich.

Inkluzje roślinne w bursztynie bałtyckim ze zbiorów Muzeum Ziemi PAN

Największa część kolekcji powstała dzięki staraniom Zofii Zalewskiej w latach 1958-1974. Zbiór ten zawiera około 770 okazów bursztynu z różnego rodzaju inkluzjami. 19 z nich zostało oznaczonych przez Z. Zalewską do rangi rodzaju lub gatunku. Są to *Taxodiaceae* - *Sequoia* sp. (1 szt.), *Glyptostrobus* sp. (2 szt.), *Glyptostrobus europaeus* Heer (1 szt.), *Athrotaxis* sp. (1 szt.); *Cupressaceae* - *Cupressus* sp. (2 szt.), *Chamaecyparis* sp. (2 szt.), *Thuja* sp. (9 szt.); *Fagaceae* - *Quercus* sp. (1 szt.).

R. Grolle (1985, a, b) szczegółowo opisał 22 okazy wątrobowców w 19 szlifach mikroskopowych i w 3 luźnych bryłkach, wstępnie oznaczone przez Z. Zalewską. Są to następujące gatunki: *Frullania casparyi* Grolle (1 szt.), *F. schumanii* (Caspary) Grolle (1 szt.), *F. varians* Caspary (14 szt.), *Frullania* sp. (2 szt.), *Lejeunea alifera* Caspary (1 szt.), *Radula sphaerocarpoides* Grolle (2 szt.), *Spruceanthus polonicus* Grolle (1 szt.) — holotyp nr inw. 449/2 (Grolle 1985, a).

Okolo 100 okazów kwiatów, pylników, nasion, igieł, liści, szyszek i odcisków szyszek, pąków, łusek, gałązek i mchów prawdopodobnie będzie można oznaczyć, podobnie jak okazy kory i drewna (około 100 szt.) oraz włosków pęczkowatych (90 szt.). Resztę stanowią inkluzje drobnych fragmentów drewna, wiórki drzewne, struktury detrytyczne oraz inne struktury bliżej nieokreślone, być może związane jednak z roślinami.

Z ostatniego dziesięciolecia pochodzi około 300 okazów z inkluzjami roślinnymi. Cztery z nich wypreparowane przez E. Stenzel oznaczył do rangi gatunku Grolle (1985, b). Są to: *Frullania baltica* Grolle — holotyp

nr inw. 15084, *F. casparyi* Grolle — holotyp nr inw. 17449, *F. schumannii* (Caspary) Grolle (1 szt.), *F. varians* Caspary (1 szt.).

Około 80 sztuk nadaje się do oznaczeń (kwiaty, pylniki, liście, itp.), podobnie jak około 45 sztuk okazów kory i drewna oraz 20 sztuk inkluzji włosków pęczkowatych. Resztę stanowią inkluzje, których przynależność do kolekcji rozstrzygnięta zostanie po bardziej szczegółowych badaniach przy użyciu zmodyfikowanego sprzętu optycznego.

PIŚMIENNICTWO

- Ander K. 1942. Die Insektenfauna des Baltischen Bernsteins nebst damit verknüpften zoogeographischen Problemen. Leipzig, Lunds Univ. Arsskrift. N. F., Avd. 2, 38, 4: 3-82.
- Bachofen-Echt A. 1949. Der Bernstein und seine Einschlüsse. Springer Verlag, Wien, 204 ss.
- Barthel M., Hetzer H. 1982. Bernstein-Inklusen aus dem Miozän des Bitterfelder Raumes. Berlin, Zeitschr. f. Angew. Geologie, 28, 7: 314-336.
- Caspary R., Klebs R. 1906. Die Flora des Bernsteins u. anderer fossiler Harze des ostpreussischen Tertiärs. Berlin, Abh. König. Preuss. Geol. L.—A N. F., 4: 1-182.
- Conwentz H. 1886. Die Angiospermen des Bernsteins. Die Flora des Bernsteins, Bd. 2, Danzig, 140 ss.
- Conwentz H. 1890. Monographie der Baltischen Bernsteinbäume. Commissions-Verlag von Wilh. Engelmann in Leipzig, Danzig, 151 ss.
- Czeczott H. 1961. Skład i wiek flory bursztynów bałtyckich. Prace Muz. Ziemi, Warszawa, 4: 119-145.
- Duisburg H. v. 1860. Urveltlicher Blütenstaub. Neue Preuss. Prov. Bl-r., Königsberg i. P., 5: 294-298.
- Goepfert H. R. 1853. Über die Bernsteinflora. Berlin, Monatsber. König. Acad. Wiss., 28 ss.
- Goepfert H. R., Berendt G. C. 1845. Der Bernstein und die in ihm befindlichen Pflanzenreste der Vorwelt. Bd. I, Berlin, Commission der Nicolaischen Buchhandlung, 125 ss.
- Goepfert H. R., Menge A. 1883. Die Flora des Bernsteins und ihre Beziehungen zur Flora der Tertiärformation und der Gegenwart. Bd. I, Danzig, Commissions-Verlag von Wilh. Engelmann in Leipzig, 63 ss.
- Grolle R. 1985 a. Fossil *Spruceanthus* in Europe and two other hepatics in Baltic amber. Prace Muz. Ziemi, Warszawa, 37: 79-85.
- Grolle R. 1985, b. Monograph of *Frullania* in Baltic Amber. Prace Muz. Ziemi, Warszawa, 37: 87-100.
- Hardt H. 1955. Der Bernstein seine Entstehung und Verwendung. Die Neue Brehm-Bücherei, A Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt. 128: 7-44.
- Heer O. 1860. Untersuchungen über das Klima und die Vegetationsverhältnisse des Tertiärlandes. Wintherthur, Wurster and Co.
- Heer O. 1869. Miozäne baltische Flora. Königsberg, Beiträge zur Naturkunde Preuss., 2, 104 ss.

- Katinas V. 1971. Jantar i jantarenosnye otloženija Južnoj Pribaltiki Vilnius, „Mintis”, 153 ss.
- Kirchheimer F. 1973. Beiträge zur Kenntnis der Flora des baltischen Bernsteins I. Beih. Botan. Zentralabl. Abt. B, Dresden, 57: 441 - 482.
- Langenheim J. H. 1964. Present status of botanical studies of Amber. Botanical Museum Leaflets Harvard University, Cambridge, Massachusetts, 20: 225 - 287.
- Langenheim J. H. 1969. Amber: A botanical Inquiry. Science, Washington, 163: 1157 - 1169.
- Larsson S. G. 1978. Baltic Amber — a Palaeobiological Study. Entomonograph, Klampenborg, Denmark, 1: 1 - 192.
- Mai D. H. 1960. Über neue Früchte und Samen aus dem deutschen Tertiär Paläontol. Z., Stuttgart, 34: 73 - 90.
- Rüffle L., Helms J. 1970. Waldsteppe und Insektenwelt im Bernstein, Beispiele aus der Bernsteinsammlunges Paläontologischen Museums. Wiss. Zeitschr. der Humboldt-Universität zu Berlin, Math.-Naturwiss. Reihe, 19, 2 - 3: 243 - 249.
- Schubert K. 1953. Mikroskopische Untersuchung pflanzlicher Einschlüsse des Bernsteins. 2 Teil. Rinden u. Borken. Palaeontographica. Abt. B, Stuttgart, 93, 4 - 6: 103 - 119.
- Schubert K. 1958. Sobre el amber báltico y los pinos de El Salvador. Comunicaciones, Instituto Tropical de Investigaciones Científicas, Universidad de El Salvador, 7: 51 - 55.
- Schubert K. 1961. Neue Untersuchungen über Bau und Leben der Bernsteinkiefern [*Pinus succinifera* (Conw.) emend.]. Ein Beitrag zur Paläohistologie der Pflanzen. Beih. Geol. Jb., Hannover, 45: 1 - 149.
- Sendel N. 1742. Historia Succinorum corpora aliena involventium et naturae opere pictorum et caelatorum ex regii Augustorum cimeliis Dresdae conductis aeri insulptorum conscripta. Leipzig, Apud. Jo. Frid. Gleditschium, 328 ss.
- Takhtajan A. 1969. Flowering plants. Origin and dispersal. Edinburgh, 284 ss.
- Tornquist A. 1910. Geologie von Ostpreussen. Berlin, Gebr. Bornträger, 231 ss.
- Wetzel W. 1953. Mikropaläontologische Untersuchungen des schleswigholsteinischen Bernsteins. N. Jahrb. Geol. Palaeont., Stuttgart, 7: 311 - 321.

Muzeum Ziemi PAN

Al. Na Skarpie 20/26, 00-488 Warszawa