

ZASTOSOWANIE ZDJĘĆ STEREOSKOPOWYCH DO OPISU SKAMIENTAŁOŚCI

UKD 562/569.08:778.4

W paleontologii i stratygrafii posługujemy się zdjęciem fotograficznym skamieniałości, które zwykle uzupełnia się opisem. Prace nad amonitami (20) skłoniły autora do szukania sposobu pozwalającego na doskonalsze zobrazowanie skamieniałości. Zastosowanie zdjęć stereoskopowych, dających obraz trójwymiarowy może być w niektórych przypadkach bardziej uniwersalnym sposobem porozumiewania się między paleontologami niż opis tekstowy. Szczególnie cenne są takie ilustracje w warunkach, gdy materiały oryginalne (typowe) są trudno dostępne, co nie jest rzadkie w pracy paleontologa. Prawidłowo wykonane zdjęcia stereoskopowe (stereopary) dają czytelnikowi posługującemu się nimi pełny, przestrzenny obraz skamieniałości.

STEREOFOTOGRAFIA W DOKUMENTACJI PALEONTOLOGICZNEJ

Zdjęcia stereoskopowe były już stosowane w paleontologii od dość dawna dla ilustrowania takich mikroskamieniałości, jak: otwornice, konodonty, małżoraczki itd. P. F. Gott (7) opisał prosty sposób fotografowania stereoskopowego. Efekt stereoskopowy uzyskał on poprzez zmianę nachylenia osi optycznej kamery. Okaz pokryty chlorkiem amonu umocował na szklanej płytce na linii odniesienia. Po wykonaniu zdjęcia kamerą odchylił od pionu o niewielki kąt, po czym pokrętkiem stolika podniósł jeden z jego brzegów, aż do pokrycia się na szybko linii odniesienia z osią obrotu kamery, po czym wykonał drugie zdjęcie. Omówiony sposób zilustrował stereoparami ramienionogów oraz rysunkami przedstawiającymi kamerę fotograficzną i oświetlacz.

Przykłady zdjęć stereoskopowych trylobitów, ramienionogów, koralów, graptolitów uzyskanych metodą obrotu kamery, opisaną przez P. F. Gotta (7), znajdujemy w pracy W. R. Eviłta (4). Kąt pomiędzy dwoma pozycjami kamery wyniósł we wszystkich przypadkach 7° . Autor stwierdził, że kąt mniejszy od 5° daje relief mniejszy niż naturalny, kąt 10 lub 11° podkreślał trójwymiarowość, ale kosztem wierności obrazu. Stereopary znajdujemy także w pracy tego samego autora z 1951 r. (5), w której przedstawił trylobity z rodziny Cheiruridae, Harpidae, Lichidae. Pokazanie głowy, tułowia, odwłoku za pomocą zdjęć stereoskopowych pozwoliło na skrócenie opisu.

E. P. Lehmann (13) zastosował dla stereofotografii otwornic jednokołowy goniometr przymocowany śrubami do stolika mikroskopu, przez który fotografo-

wał. Okaz umieścił na płytce goniometru. Śruby pozwalały zmieniać położenie okazu w płaszczyźnie horyzontalnej i wertykalnej. Przy stereofotografowaniu położenie muszli zmieniało się w płaszczyźnie pionowej. Dwa zdjęcia tego samego okazu wykonał, odchylając okaz w każdym przypadku o 6° w obie strony (razem 12°). Przy mniejszym kącie rzeźba była niewyraźna, przy większym — zdeformowana.

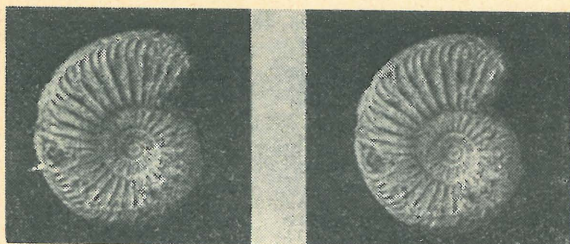
Kilka praktycznych uwag o fotografowaniu stereoskopowym mikroskamieniałości podał G. Fournier (6). Zaleca on umiarkowane oświetlenie, fotografowanie na czarnym tle oraz stosowanie cechowanego stolika mikroskopu z ruchomą podstawą. J. Helms (9) podał różne metody wykonywania zdjęć stereoskopowych, montaż stereopar, przegląd zdjęć i reprodukcję. W pracy tej po raz pierwszy szeroko omówiono 5 sposobów stereoskopowego fotografowania skamieniałości:

- 1) metodę skrzyżowanego ustawienia fotokamery (kombinacja dwóch mikroskopów z osiami pod ostrym kątem),
- 2) metodę skrzyżowanych powierzchni obiektów (zmiana ustawienia powierzchni obiektów pod niewielkim kątem),
- 3) metodę równoległego przesunięcia obiektu (za pomocą stolika przesuwa się okaz, po czym wykonuje się drugie zdjęcie),
- 4) metodę równoległego przesunięcia kamery,
- 5) metodę dwustronnego ukośnego oświetlenia (dodogdna dla fotografowania w świetle przechodzącym i dla dużych powiększeń).

Najstarsze zastosowanie w paleontologii, podobnie jak w fotografii lotniczej znalazły: 3 i 4 metoda, które są prawie identyczne. Przedstawiono też sposób wykonywania stereopar za pomocą stereomikroskopu SM XX produkcji VEB Carl Zeiss Jena, dostosowanego do potrzeb stereofotografii. Podano liczne przykłady aparatów i urządzeń do demonstracji stereopar.

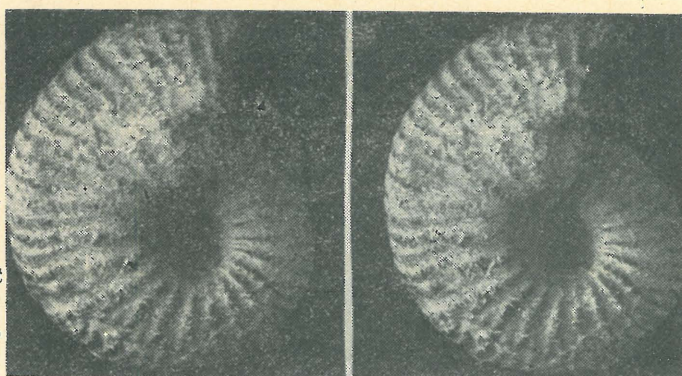
W podobny sposób co E. P. Lehmann (13) otrzymał zdjęcia stereoskopowe W. Kriwoborski (11). W celu umożliwienia pochylenia mikroskamieniałości zastosował 5-osiowy stolik Fiodorowa, który przymocował do stolika mikroskopu. W. Kriwoborski zaleca zmianę kąta pomiędzy dwoma położeniami okazu w granicach 7 — 15° .

Magné i Espitalié (14) opisali mikroskop ze stolikiem przedmiotowym pozwalającym na wykonanie



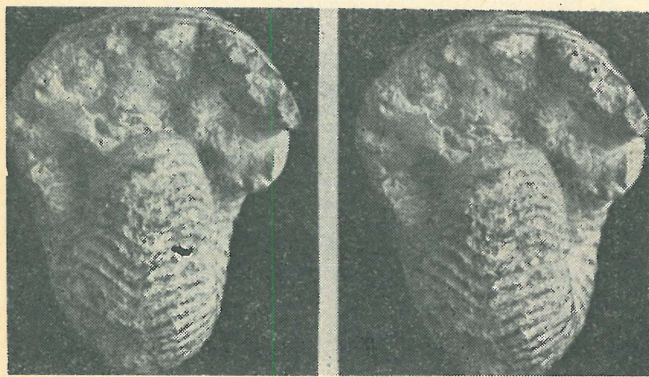
Ryc. 1. *Cardioceras* sp., wielkość naturalna, efekt normalny. Zalas.

Fig. 1. *Cardioceras* sp., natural size, normal effect, Zalas.



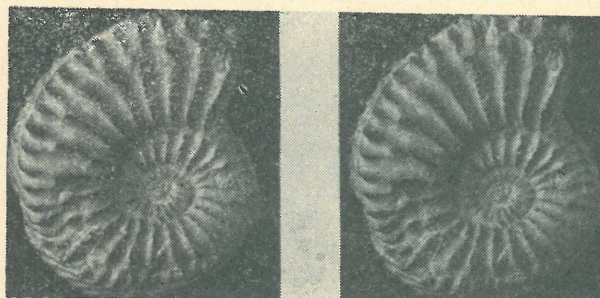
Ryc. 2. *Goliathiceras* (*Goliathites*) *goliathum* (d'Orb.), wielkość naturalna, widok strony bocznej, efekt normalny. Zalas.

Fig. 2. *Goliathiceras* (*Goliathites*) *goliathum* (d'Orb.), natural size, side view, normal effect, Zalas.



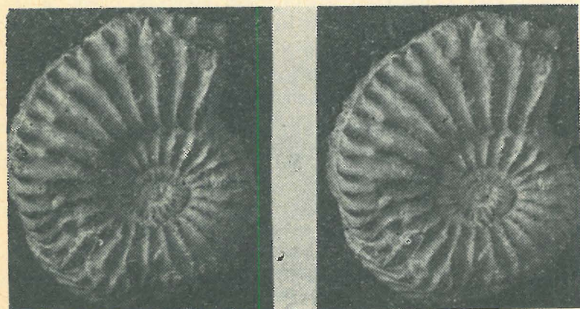
Ryc. 3. *Goliathiceras* (*Goliathites*) *goliathum* (d'Orb.), wielkość naturalna, widok od strony ujścia, efekt normalny. Zalas.

Fig. 3. *Goliathiceras* (*Goliathites*) *goliathum* (d'Orb.), natural size, apertural view, normal effect, Zalas.



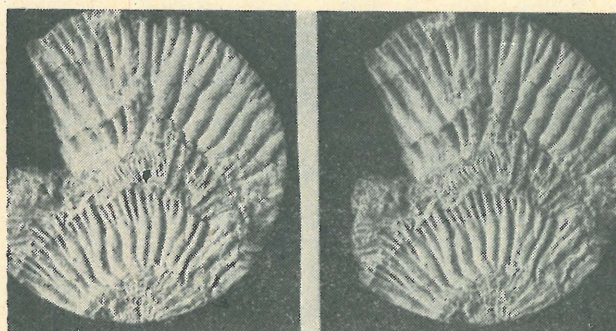
Ryc. 4. *Cardioceras* (*Subvertebriceras*) *densiplicatum* Bod., wielkość 1,3 X, efekt normalny. Zalas.

Fig. 4. *Cardioceras* (*Subvertebriceras*) *densiplicatum* Bod., X 1.3, normal effect, Zalas.



Ryc. 5. *Cardioceras* (*Subvertebriceras*) *densiplicatum* Bod., wielkość 1,3 X, efekt odwrócony. Zalas.

Fig. 5. *Cardioceras* (*Subvertebriceras*) *densiplicatum* Bod., X 1.3, reversed effect, Zalas.



Ryc. 6. *Zaraiskites* sp., wielkość 0,5 X, efekt odwrócony. Łączno.

Fig. 6. *Zaraiskites* sp., X 0.5, reversed effect, Łączno.

zdjęć stereoskopowych. Przedstawili oni stereopary mikroskamieniałości, takich jak: otwornice, małże, konodonty, młodociane ślimaki. Za pomocą dwóch plansz zilustrowali otrzymane rezultaty.

Przykłady zastosowania obrazów stereoskopowych w paleontologii znajdujemy w pracy B. Kummela i D. Raupa (12). Proponują oni stereopary dla spikul gąbek w formie rysunków konturowych, co pozwala na pokazanie konstrukcji szkieletowej. Stereopary otrzymali oni za pomocą aparatu przystosowanego do lupy binokularnej, przy oglądaniu najpierw przez jeden, a potem przez drugi okular. Stereoskopowe pary zdjęć można otrzymać także w mikroskopie elektronowym, obracając okaz o kilka stopni od pierwotnego położenia i robiąc drugie zdjęcie (dopełniające). Autorzy ci zalecają dla otrzymania stereoeffectu kąt pomiędzy dwoma punktami, z których wykonuje się zdjęcie okazu, 8—10°, a przy wykorzystaniu przesuwanego stolika z zamocowanym na nim okazem odległość pomiędzy dwoma punktami stolika powinna wynosić 14—17% odległości pomiędzy okazem i obiektywem, mierzonej od przesłony.

W. N. Bieniamowski i I. B. Mienienkow (1) podali sposób fotografowania otwornic za pomocą mikroskopu binokularnego. Do aparatu fotograficznego (z wykręconym obiektywem) przymocowali pierścień pośredni, który razem z nasadką nałożyli na jeden z okularów mikroskopu. Dwa zdjęcia wykonali fotografując najpierw przez lewy, następnie przez prawy okular. Tak wykonane pary zdjęć, umieszczone pod stereoskopem, dały przestrzenny obraz skamieniałości.

Ilustracje skamieniałości za pomocą zdjęć stereoskopowych znajdujemy w pracy o konodontach E. B. Bransona i M. G. Mehla (2), w której zamieścili oni 643 stereofotografie. H. J. Sawin (18) oraz Z. Kielan-Jaworowska (10) zastosowali zdjęcia stereoskopowe dla ilustracji kości kręgowców, co dało dopełniające wyobrażenia o opisywanych formach. J. Sigal (19), w pracy o otwornicach zamieścił liczne stereopary tej grupy skamieniałości.

Metoda wykonywania zdjęć stereoskopowych skamieniałości nie była w Polsce nigdzie publikowana.

W związku z tym w Zakładzie Paleontologii i Stratygrafii Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie przeprowadzono doświadczenia w celu opracowania tego zagadnienia. Pragnę podziękować prof. dr. hab. J. Małeckiemu, prof. dr. hab. S. W. Alexandrowiczowi oraz doc. dr. hab. J. Rutkowskiemu za cenne uwagi, które pomogły mi w napisaniu niniejszego artykułu.

METODA WYKONYWANIA ZDJĘĆ

W celu otrzymania stereopar zastosowano jedną z metod przedstawionych w pracy J. Helmsa (9), polegającą na równoległym przesunięciu obiektu. Metodę tę uznano za najprostszą i za najłatwiejszą w praktycznym zastosowaniu. Zdjęcia wykonano mało-obrazkowym aparatem Praktisix, o ogniskowej 50 mm. Zaleca się stosowanie aparatów dających negatywy, które mogą być kopiowane stykowo. Fotografowano przy przesłonie 16, co pozwoliło uzyskać dużą głębię ostrości. Obiektyw i pierścienie dobrano tak, aby okaz zmieścił się na dwóch trzecich wysokości klatki filmu. Unikano brzeźnych części negatywu, na których obraz ulega często zniekształceniom.

Aparat fotograficzny umocowano na statywie, który powinien być ciężki, aby podczas fotografowania aparat był nieruchomy. W celu umożliwienia przesuwania równoległego okazu stolika krzyżowego wymontowanego z mikroskopu. Amonity fotografowano na tle czarnym, uznając je za korzystniejsze od białego, dla zdjęć stereoskopowych.

Skamieniałości fotografowano przy świetle dziennym. Ciemniejsze miejsca rozjaśniano za pomocą oświetlacza lub ekraniku z białego brystolu. Zdjęcia okazów o średnicy do 65 mm wykonano z odległości 25 cm, natomiast zdjęcia amonitów będących na rdzeniach wiertniczych fotografowano z odległości 45 cm. Materiałem paleontologicznym do zdjęć były okazy kardiocerasów różnej wielkości, pochodzące z Żalasu koło Krakowa, oraz rdzenie wiertnicze z fauną amonitową zachowaną w postaci osródków lub odcisku, pochodząca z otworu Łęczno. Pokryto je białą temperą w celu otrzymania powierzchni o jednolitej jasności. Fotografowany obiekt umieszczono na lewej połowie pola widzenia aparatu, wykonywano zdjęcie, następnie przemieszczano na prawą połowę, kręcąc pokrętkiem stolika krzyżowego i wykonywano drugie zdjęcie.

Przy wykonywaniu zdjęć stereoskopowych małoskamieniałości dużą trudność stanowi ustalenie wielkości poziomego przesunięcia okazu. W celu jego określenia przeprowadzono próby, które doprowadziły do wybrania optymalnej odległości o jaką powinien być przesunięty amonit, aby stereopara oddawała jak najwierniej fotografowany okaz. Wykonywano je przyjmując bazę (wielkość poziomego przesunięcia) równą: 5, 7, 10, 15, 25, 40 mm, przy odległości aparatu fotograficznego od okazu wynoszącej 250 mm. Stereopara wykonana przy bazie 25 mm przedstawiała rzeczywisty obraz fotografowanego amonita. Dla okazów z rdzeni wiertniczych wykonano zdjęcia przy bazie wynoszącej 35, 45, 55 mm, przy odległości aparatu fotograficznego od obiektu wynoszącej 45 cm. Stereopara wykonana przy bazie 45 mm dała najlepszy efekt. Pary zdjęć wykonane przy bazie mniejszej dawały obraz bardziej płaski niż w rzeczywistości, przy bazie większej — okazy miały wystrzone kontury, co zbyteknie nie pogarszało wartości obrazu.

Ustalono, że wielkość poziomego przesunięcia okazu (b) można w przybliżeniu obliczyć z wyrażenia:

$$b = 0,1 \times R$$

gdzie: R — oznacza odległość okazu od obiektu.

Otrzymane dwa zdjęcia tego samego okazu zestawiono za pomocą stereoskopu mostkowego w stereoparę. Następnie kilkakrotnie (w odstępach kilkudniowych) zdjęcia stereoskopowe porównywano z okazami. Dobrze zestawione stereopary przy oglądaniu nie

měczą zbyteknie oczu, dając wierny obraz. Fotografowanie okazów o średnicy większej od 35 mm umożliwia otrzymanie obrazu stereoskopowego całej skamieniałości w naturalnej wielkości. Powinno się wtedy zdjęcia zmniejszyć, co należy zaznaczyć w opisie (ryc. 6), albo przedstawić tylko część okazu w postaci stereopary, np. ostatniej ćwiartki skrętu amonita.

SPOSOBY OBSERWACJI STEREOSKOPOWEJ

Wrażenie bryłowości przedmiotów można uzyskać przez (8):

- 1) obserwowanie indywidualne odbitek: lewej lewym, a prawej prawym okiem, bez zastosowania urządzeń pomocniczych;
- 2) obserwowanie indywidualne odbitek pod stereoskopem.

Do obserwacji stereoskopowej służą przyrządy optyczne — stereoskopy (13, 15). Wymuszają one u widza równoległe ustawienie osi optycznych oczu. Najprostszym instrumentem służącym do przestrzennej obserwacji obiektów na podstawie ich fotograficznych obrazów jest stereoskop mostkowy (3). Składa się on z dwóch soczewek wklęsłowych, umocowanych w sztywnej oprawie, w odległości równej odległości źrenicy oczu. Stereoskop tego typu ma małe wymiary i jest prosty w obsłudze. Zasady postępowania się nim oraz zestawianie zdjęć w stereopary jest omówione w pracy A. Ciołkosza et al. (3). Stereoskop taki można wykonać samemu, wycinając w tekturce 2 otwory w odległości równej bazie ocznej (średnio wynosi ona 65 mm), w których umieszcza się dwie soczewki o sile plus 20 dioptr.

Przy obserwacji stereoskopowej w zależności od wzajemnego położenia zdjęć (lewego i prawego) możemy uzyskać 3 rodzaje efektu (3, 15):

1. Efekt normalny (ortoskopowy) otrzymujemy wówczas, gdy lewe oko obserwuje zdjęcie lewe, a oko prawe — prawe. Przy takim ułożeniu model stereoskopowy jest podobny do oryginału (ryc. 1—4).
2. Efekt odwrócony (pseudoskopowy) powstaje wówczas, gdy lewe oko obserwuje zdjęcie prawe, a oko prawe — lewe (gdy zdjęcia zamienimy miejscami). Obserwator zauważy odwrócony obraz modelu, tzn. to co w rzeczywistości jest wypukłe będzie robiło wrażenie zagłębienia (ryc. 5, 6). W tym przypadku odcisk będzie robił wrażenie osródków i na odwrót.
3. Efekt zerowy otrzymujemy w przypadku oglądania dwóch lewych lub prawych zdjęć.

Efekt stereoskopowy, bez użycia stereoskopu, uzyskujemy ustawiając zdjęcie w najdogodniejszym dla stereoskopu widzenia położeniu (25—30 cm od oczu), tak aby te same punkty na dwóch zdjęciach były w odległości równej bazie ocznej. Jeżeli będziemy oglądać je w ten sposób, że lewe oko będzie patrzyło na lewe, a prawe na prawe zdjęcie, to osie optyczne oczu przyjmą położenie równoległe względem siebie i zamiast dwóch płaskich obrazów zobaczymy przestrzenny obraz przedmiotu. Osiągnięcie takiego położenia, w którym każde oko widzi tylko jeden przeznaczony dla niego obraz jest dość trudne i wymaga treningu (11). Między dwoma zdjęciami oddalonymi od siebie o bazę oczną umieszczamy przegrodę lub kartkę papieru w ten sposób, aby nie pozwalała ona widzieć lewemu oku prawego zdjęcia, a prawemu oku lewego (należy uważać, aby cień przegrody nie padał na obraz). Przy uważnym obserwowaniu stereopary w takich warunkach, po niedługim czasie powstanie wrażenie przestrzennego widzenia, zamiast dwóch pojedynczych obrazów będą się one zbliżać, aż zjedną się w jeden obraz przestrzenny. Po kilkukrotnym powtórzeniu tego doświadczenia przegrodę pomiędzy zdjęciami usuwamy i trening oczu przeprowadzamy bez przegrody.

Sposoby uzyskania stereoeffektu są opisane w licznych pracach z zakresu fotogrametrii specjalnej (15, 16, 17). A. Ciołkosz et al. (3) w celu wyrobienia na-

wyku obserwacji stereoskopowej podaje stereogramy figur geometrycznych. Sposoby treningu oczu tak, aby można bezpośrednio obserwować zdjęcia stereoskopowe są opisane w pracy K. Guzika (8).

Przedstawiony sposób wykonywania zdjęć stereoskopowych skamieniałości jest prosty i możliwy do zrealizowania w każdej pracowni paleontologicznej. Umożliwia on otrzymanie zdjęć dających trójwymiarowy obraz, co ułatwia oznaczanie skamieniałości i umożliwia skrócenie opisu. Materiał paleontologiczny udokumentowany stereoparami ma znacznie większą wartość naukową. Przedstawioną tu na przykładzie amonitów metodę, można stosować do wszystkich skamieniałości. Przy publikowaniu zdjęć stereoskopowych należy dbać o ich poprawne wykonanie i zestawienie. Wykorzystanie efektu odwróconego może znacznie ułatwić oznaczanie makrofauny z rdzeni wiertniczych. Stosowanie zdjęć stereoskopowych w paleontologii pozwala na precyzyjniejsze i pewniejsze oznaczanie skamieniałości.

LITERATURA

1. Bieniamowski W. N., Mienienkow I. B. — Mikrofotostjorka paleontologiczeskich obiektow pri pomoszczi binokulanno-stierieskopiczieskich mikroskopow tipa MBS. Izd. „Sztinca”, 1973, Kisziniew.
2. Branson E. B., Mehl M. G., Branson E. R. — Conodont studies. The University of Missouri Studies, 1933 no. 1—4.
3. Ciołkosz A., Miszański J., Olędzki R. — Interpretacja zdjęć lotniczych. PWN 1978.
4. Evitt W. R. — Stereophotography as a tool of the paleontologist. J. Paleont. 1949 v. 23.
5. Evitt W. R. — Some Middle Ordovician trilobites of the families Cheiruridae, Harpidae, Lichidae. Ibidem 1951 v. 25.
6. Fournier G. — New methods and techniques in the photography of microfossils. Micropaleontology, 1956, no. 1.

SUMMARY

The paper deals with the methods of taking stereoscopic photos and the possibilities of use of stereopairs in descriptions of fossils. References are given to several papers presenting various methods of making stereopairs and examples of stereoscope photos of fossils such as foraminifers, conodonts, ostracods, sponge spicules, juvenile gastropods, bivalves, brachiopods, trilobites, corals, and vertebrates.

In order to obtain stereopairs, a method involving parallel shift of an object was used in my studies on Oxfordian ammonites. It was found that the magnitude of horizontal shift of a specimen (b) may be approximately defined by the formula: $b = 0.1 \times R$, where R is the distance between the specimen and lens.

The methods of obtaining stereoscope effect with the use of stereoscope and without any auxiliary devices are discussed. Depending on arrangement of left and right photos in relation to one another, there may be obtained three kinds of effects: normal, pseudoscope, and zero effects. The pseudoscope effect (resulting in mould-like appearance of an imprint) was found to be advantageous in identification of macrofaunal remains in core material.

7. Gott P. F. — Procedure of simplified stereophotography of fossils. J. Paleont., 1945, v. 19.
8. Guzik K. — Sporządzanie uproszczonych zdjęć fotograficznych stereoskopowych dla dokumentacji geologicznej. Prz. Geol. 1961 nr 2.
9. Helms J. — Die Stereophotographie im Dienst der Micropalaeontologie. Geol. Jahr. 1960 H. 4.
10. Kielan-Jaworowska Z. — Evolution of the therian mammals in the Late Cretaceous of Asia. Part III. Postcranial skeleton in Zalambdalestidae. Palaeont. pol. 1978 no. 38.
11. Kriwoborski W. — Stierieskopiczieskoje fotografirwanije foraminifier. Mikrofauna SSR, 1960, sb. XI.
12. Kummel B., Raup D. — Handbook of paleontological techniques. W. H. Freeman and Co. 1965 San Francisco.
13. Lehmann E. P. — A technique of stereophotomicrography for illustrations in micropaleontology. J. Paleont 1956 v. 30.
14. Magné A., Espitalié J. — Mise au point d'un dispositif pratique pour la stéréo-microphotographie. Revue de Micropaléont. 1961 no. 4.
15. Ostaficzuk S. — Fotogeologia, fotointerpretacja i fotogrametria geologiczna. Wyd. Geol. 1978.
16. Owsjannikow N. A. — Specjalnaja fotografija. Izd. „Niedra”, 1966.
17. Piasecki M. — Fotogrametria. PPWK 1955.
18. Sawin H. J. — The pseudosuchian reptile Typhothorax meadei, new species. J. Paleont. 1947 v. 21.
19. Sigal J. — Le concept taxonomique de spectre. Exemples d'application chez les Foraminifères. Proposition règles de nomenclature. Mém. Soc. Géol. France, 1966, no. 3.
20. Tarkowski R. — Biostratygrafia margli kordatowych w Zalasie. Praca magisterska, 1978, Inst. Geol. i Sur. Min. AGH, Kraków.

РЕЗЮМЕ

В статье представлены методы проведения стереоскопических съёмок, а также возможности применения стереопар для описания окаменелостей. Приведены примеры многих публикаций, в которых авторы описывают разные методы составления стереопар, а также примеры стереоскопических съёмок окаменелостей, таких как фораминиферы, конodontы, остракоды, спикулы губок, молодые брюхоногие, двустворчатые моллюски, плеченогие, трилобиты, кораллы, позвоночные.

Для получения стереопар применялся метод состоящий в параллельном переносе объекта. Автор применял его для разработки оксфордских аммонитов. Экспериментально было установлено, что величину горизонтального переноса образца (b) можно определить по формуле: $b = 0,1 \times R$, где R — расстояние между образцом и объективом.

Описаны способы получения стереоскопического эффекта при помощи стереоскопа и вспомогательных установок. Представлены три типа эффектов, получаемых в зависимости от взаимного положения съёмок (левой и правой): эффект нормальный, псевдоскопический и нулевой. Отмечена возможность использования псевдоскопического эффекта для обозначения макрофауны в буровых ядрах.