

Pobór i opróbowanie powierzchniowych, silnie uwodnionych osadów jeziornych o nienaruszonej strukturze — uwagi metodyczne i stosowany sprzęt

Wojciech Tylmann*



Coring and subsampling of undisturbed recent lake sediments with high water content — remarks about methodology and equipment. *Prz. Geol.*, 55: 151–156.

S u m m a r y. This study presents some remarks about coring and sectioning cores of recent lake sediments. Effective coring of such sediments is not easy because they are very loose (water content usually exceeds 90%). Precisely taken core should consist of near-bottom water and undisturbed sediment column. The most widely used are gravity corers which are simple in construction and operation. The gravity corer presented here is additionally equipped with percussion system to improve penetration into the sediment. It enables to take cores 94 mm in diameter and up to 90 cm in length. The corer with rubber stopper blocked is lowered through the water and pushed into the sediment. While retrieving the core, the stopper settles into the top of the core tube. At the surface, the plug is inserted into the bottom of the core tube. After collecting, the core should be extruded and sectioned. A device presented here

enables to divide the core into short intervals (0.5–1 cm). The core is extruded upwards and samples can be collected from the tray placed on top of the tube. Both the corer and the extruder are relatively small and light. This equipment have been used in the Department of Geomorphology & Quaternary Geology at Gdańsk University for several years. So far, cores from more than 60 lakes of various depths (up to 50 m) have been successfully taken.

Key words: lake sediments, coring, gravity corer, core sectioning

Pobór osadów to najczęściej zaledwie początek długiego procesu badawczego, jednakże mający zasadnicze znaczenie dla późniejszych etapów analizy. Wynika to z faktu, iż problemy i błędy powstałe w czasie pobierania i opróbowywania rdzeni są zwykle nie do naprawienia w późniejszym toku prac. Sukces całego procesu badawczego, jak i jego składowych (często kosztownych i czasochłonnych analiz), zależy od tego początkowego kroku — właściwego poboru osadów. Zadanie to, choć wydawać by się mogło prostym, sprawia wiele trudności, a w szczególnych sytuacjach bywa wręcz niemożliwe. Problemy spowodowane są np. zmiennością warunków atmosferycznych i nieprzewidywalnymi awariami sprzętu służącego do poboru. W zależności od charakterystyki miejsca poboru (głębokość, rodzaj osadu) oraz oczekiwań dotyczących pobranych osadów (długość rdzeni, ilość materiału niezbędnego do późniejszych analiz) jest wymagany wcześniejszy dobór odpowiedniego sprzętu oraz doświadczenie osób pobierających osad. Dobór sprzętu nie zawsze jest czynnością łatwą z uwagi na różnorodność oferowanych konstrukcji i związanych z tym możliwości i ograniczeń. Dodatkowo, oprócz urządzeń produkowanych przez specjalistyczne firmy, stosuje się też wiele konstrukcji własnych.

Wyżej wymienione fakty sprawiają, że o poborze powierzchniowych osadów dennych nie można mówić jako o czynności rutynowej. Celem niniejszej pracy jest przedstawienie specyfiki poboru i opróbowania takich osadów, a także problemów z tym związanych i możliwych rozwiązań. Praca nie stanowi przeglądu wszystkich typów urządzeń stosowanych w tego rodzaju badaniach, a przedstawione szczegółowo konstrukcje nie są oferowane przez firmy komercyjne. Są to własne konstrukcje, stosowane od kilku lat przez autora. Nie jest też celem pracy podanie

recepty na wyeliminowanie wszystkich problemów, bo to raczej niemożliwe. Wszelkie oceny i uwagi praktyczne zawarte w tekście należy traktować bardziej jako podpowiedzi możliwych rozwiązań, a nie jako jedynie słuszne panaceum na trudności pracy terenowej.

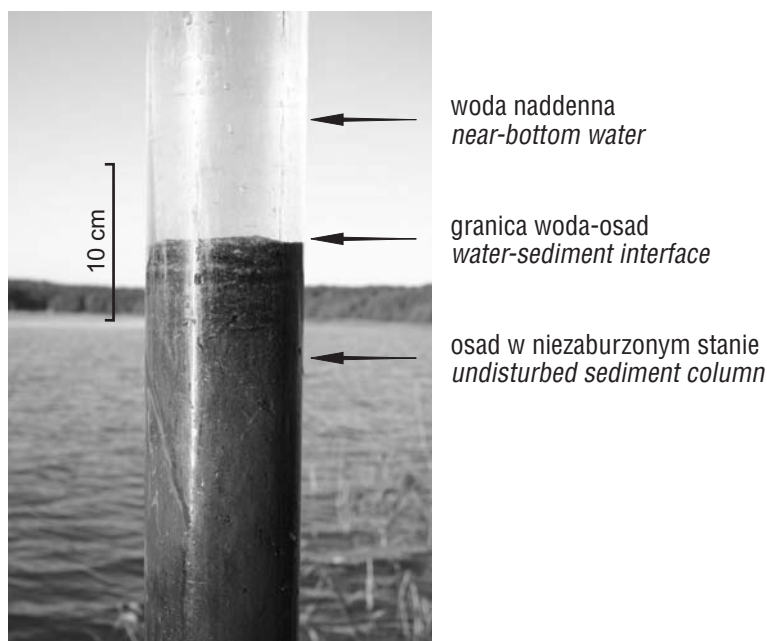
Specyfika powierzchniowych osadów jeziornych i związane z tym problemy

Powierzchniowe sekwencje osadów jeziornych charakteryzują się własną specyfiką związaną zazwyczaj z bardzo dużym uwodnieniem. W przypadku osadów profundalnych zwykle przekracza ono 90%, co sprawia że pobierany osad jest właściwie płynny. Mniejszym uwodnieniem charakteryzują się tylko osady płytkowodne, takie jak piaski jeziorne czy kreda jeziorna. To powoduje, że konieczne jest stosowanie odpowiedniego sprzętu, techniki poboru, a także transportu rdzenia i jego opróbowania.

Definicja pojęcia „właściwego poboru osadu” w przypadku powierzchniowych osadów jeziornych sprowadza się do sprecyzowania kilku podstawowych wymogów. Otóż należałoby pod tym pojęciem rozumieć pobranie rdzenia osadu wraz z warstwą wody naddennej (ryc. 1), bo tylko wówczas istnieje pewność, że nie utracono powierzchniowej warstwy osadu. Osad powinien być w niezaburzonym stanie, czyli nie wykazywać zaburzeń struktury, zmian uwodnienia, składu fizycznego i chemicznego.

Zaburzenia struktury rdzenia mogą powstać podczas jego poboru, zwłaszcza w czasie wpychania próbnika w osad. Fizyczne aspekty zaburzeń powstających w osadzie podczas poboru przedstawiają szczegółowo Glew i in. (2001). Problemem trudnym do uniknięcia i oszacowania jest np. kompresja pobieranego osadu albo przemieszczenia osadu wskutek tarcia o wewnętrzną powierzchnię ścianek próbnika (Chant & Cornett, 1991). Wydaje się jednak, że w przypadku nieskonsolidowanych osadów o bardzo dużym uwodnieniu i płynnej konsystencji kluczowe znaczenie ma sposób zabezpieczenia, transportu i opróbo-

*Uniwersytet Gdański, Instytut Geografii, ul. Dmowskiego 16a, 80-264 Gdańsk; geowt@univ.gda.pl



Ryc. 1. Rdzeń osadu pobrany próbnikiem grawitacyjnym z rurą pleksi. W powierzchniowej części widoczna laminacja osadu, co dowodzi braku zaburzeń struktury osadu w czasie jego poboru
Fig. 1. Sediment core taken using gravity corer with Plexiglas tube. In the very surface part, lamination of the sediment is visible which proves undisturbed structure of the core

wania rdzenia, bo w trakcie tych czynności ryzyko zaburzenia struktury pobranego osadu jest większe niż w trakcie samego poboru. Konieczność utrzymania rdzenia w pozycji pionowej do czasu jego podzielenia może spowodować dużo kłopotów, zwłaszcza na niezbyt stabilnych jednostkach pływających, które zwykle są wykorzystywane w trakcie prac terenowych. Mała stabilność oraz brak dostatecznej przestrzeni na łodzi lub pontonie uniemożliwia podział rdzenia bezpośrednio po jego poborze. Najlepszym rozwiązaniem jest uczynienie tego niezwłocznie po przetransportowaniu na brzeg, bowiem w zdecydowanej większości przypadków uniknięcie mniejszych lub większych zaburzeń w strukturze półpłynnego osadu w czasie transportu pobranego rdzenia do laboratorium jest bardzo trudne. Rozwiązaniem, które zapewnia stabilność pobranego osadu w czasie transportu jest stosowanie specjalnych żeli związujących i utrwalających warstwę kontaktową woda-osad (Glew i in., 2001). Technikę tę stosuje się niemal wyłącznie w przypadku osadów laminowanych, w pozostałych sytuacjach rdzenie powinny być rutynowo dzielone w terenie, po bezpiecznym przetransportowaniu na brzeg.

W związku z wyżej wymienionymi uwarunkowaniami i ograniczeniami, przy poborze i opróbowaniu nieskonsolidowanych osadów istnieje możliwość popełnienia wielu błędów rzutujących w sposób zasadniczy na jakość materiału przeznaczanego do analizy w późniejszych etapach procesu badawczego. W trakcie samej czynności poboru możliwa jest kompresja osadu i utrata jego powierzchniowej warstwy. W czasie zabezpieczania, transportu na brzeg i podziału może dojść przede wszystkim do zaburzeń struktury i zmian uwodnienia osadu.

Technika poboru osadów i stosowany sprzęt

Specyfika nieskonsolidowanych osadów jeziornych sprawia, że nie można do ich poboru stosować próbników do bocznego napełniania osadem np. bardzo popularnego próbnika typu Instorf. Najczęściej stosowane urządzenia, mimo ich wielkiej różnorodności, można zaliczyć do prób-

ników cylindrycznych, napełnianych od dołu podczas wpychania próbnika pionowo w osad. Wyjątek stanowią sondy zamrożeniowe, które nie są wypełniane osadem — zamrożony osad przywiera do ścian sondy od zewnątrz.

Sprzęt stosowany do poboru kilkudziesięciocentymetrowej miąższości rdzeni osadów nieskonsolidowanych można podzielić w zasadzie na trzy grupy: próbniki bezłokowe, próbniki z łokiem i próbniki zamrożeniowe. Każdy z tych rodzajów urządzeń ma swoje zalety, wady i ograniczenia stosowalności, co sprawia, że nie ma próbnika nadającego się idealnie do poboru osadów w każdej sytuacji.

Próbniki bezłokowe zwane też chwytaczami rurowymi (Kajak i in., 1965) to duża grupa różnorodnych konstrukcji, których cechą wspólną jest działanie grawitacyjne i brak łoka wewnątrz pojemnika pobierającego osad. Próbniki z łokiem są urządzeniami, które zależnie od konstrukcji, mogą służyć do poboru krótkich rdzeni powierzchniowych osadów półpłynnych, jak również do głębszych wierzeń obejmujących pełną sekwencję osadów danego jeziora. Budowa i zasady działania próbników z łokiem były szczegółowo opisywane wielokrotnie (np. Więckowski, 1970; Wright, 1980; Tobolski, 2000; Glew i in., 2001). Sondy zamrożeniowe z kolei umożliwiają dokładną analizę struktur w osadach powierzchniowych i z tego względu stosuje się je najczęściej w przypadku poboru osadów laminowanych (Saarnisto, 1986; Walanus, 1993).

Najprostsze w konstrukcji i obsłudze są bez wątpienia próbniki grawitacyjne, które też są najczęściej stosowane. Obecnie na rynku oferowanych jest wiele urządzeń tego typu, nie brakuje też publikacji przedstawiających oryginalne konstrukcje projektowane przez zainteresowanych badaczy (np. Glew, 1991; Fisher i in., 1992; Stager, 1992; Cushing i in., 1997; Lane & Taffs, 2002), bądź też liczne modyfikacje konstrukcji starszych (np. Renberg, 1991). Z oczywistych względów autor nie zamierza omawiać konkretnych produktów oferowanych w sprzedaży — możliwości, zalety i wady tego typu urządzeń przedstawione

zostaną na podstawie kilkuletniego doświadczenia w stosowaniu próbnika własnej konstrukcji.

Budowę tego prostego próbnika przedstawia ryc. 2A. Element chwytny urządzenia stanowi rura z pleksi o średnicy zewnętrznej 100 mm i grubości ścianek 3 mm. Stosowane są dwie długości rur — 50 i 100 cm, umożliwiające pobór rdzeni o maksymalnej miąższości odpowiednio ok. 40 i 90 cm. Rura jest mocowana do głowicy za pomocą skręcanego zacisku. Głowica i obciążniki są wykonane ze stali nierdzewnej, natomiast korek uszczelniający rurę od góry z miękkiego poliuretanu. Masa całego próbnika jest regulowana wielkością obciążenia, a głębokość operacyjna ograniczona jest w zasadzie tylko długością posiadanej linki.

Zasada poboru polega na opuszczeniu próbnika w odpowiedniej pozycji na dno (ryc. 2B), gdzie pod własnym ciężarem wbija się w osad. Wraz ze zwolnieniem linki, możliwe staje się zamknięcie górnej części próbnika korkiem (ryc. 2C). Jeżeli istnieje konieczność, należy wykorzystać mechanizm perkusyjny umożliwiający dalsze wbicie sondy w osad. Napięcie linki podczas wyciągania próbnika z osadu powoduje dociśnięcie korka uszczelniającego pojemnik od góry, co zapobiega utracie pobranego materiału. Taka metoda zamykania próbnika od góry jest bardzo skuteczna i bywa stosowana również w innych konstrukcjach (np. Boyle, 1995). Przed całkowitym wyciągnięciem próbnika z wody należy zatkać pojemnik z

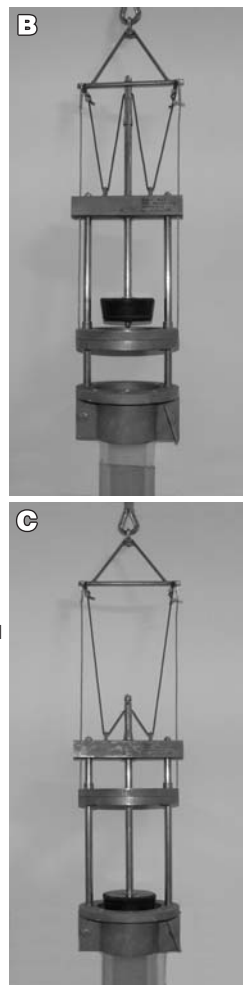
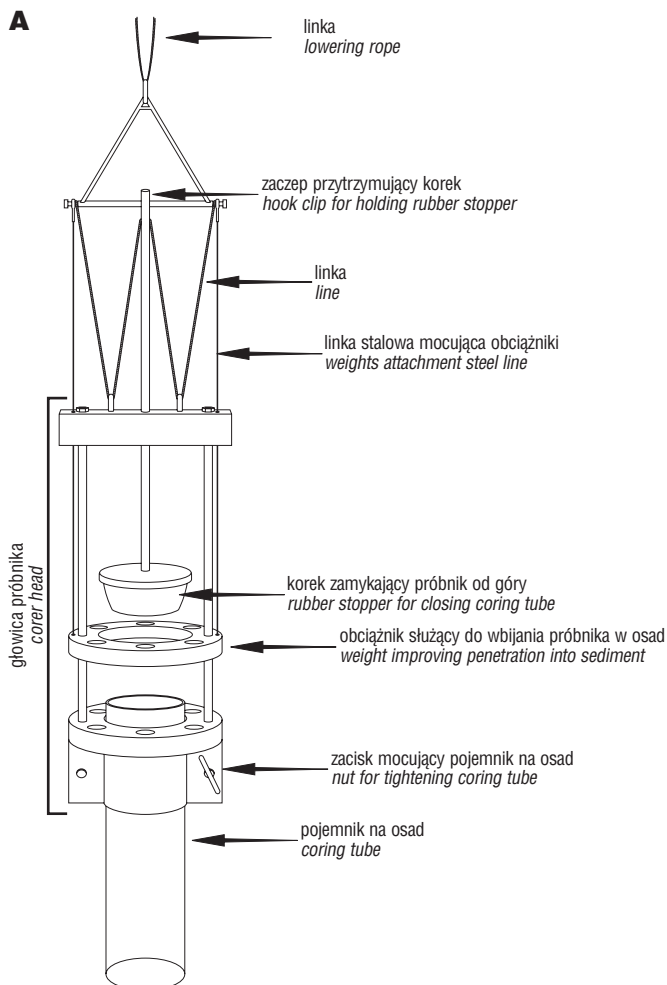
osadem od dołu korkiem, aby uniemożliwić jego wypłynięcie.

Wielokrotne stosowanie powyżej opisanego urządzenia potwierdziło jego wysoką skuteczność. Do podstawowych zalet tej konstrukcji należą:

- zachowywanie stratyfikacji i właściwości osadów;
- możliwość poboru rdzeni z głębokich akwenów;
- umiarkowany ciężar i rozmiary próbnika;
- operowanie próbnikiem przy użyciu tylko jednej linki;
- niewielka możliwość awarii sprzętu w terenie.

Dotychczas pobierano osady z kilkudziesięciu jezior o zróżnicowanych głębokościach, maksymalnie dochodzących do 50 metrów. Prostota mechanizmu i obsługi sprawia, że poboru można dokonać bardzo szybko — operacja trwa zwykle nie dłużej niż 10–15 minut. Jakość pobranych rdzeni nie budzi zastrzeżeń, czego dowodem są wyniki datowań radiometrycznych (Tylmann, 2004) oraz dobrze zachowana laminacja stwierdzona w kilku rdzeniach (Tylmann i in., 2006). Sprzęt nie wymaga dużej jednostki pływającej, poboru można dokonać z niewielkiej łodzi lub pontonu. W trakcie dotychczasowych prac terenowych nie stwierdzono awarii sprzętu, która uniemożliwiłaby pobór osadu.

Jedynym mankamentem opisywanego urządzenia, jak i wszystkich próbników grawitacyjnych, jest brak kontroli nad długością pobieranego rdzenia. Powoduje to niekiedy konieczność powtórzenia poboru, ze względu na niewy-



Ryc. 2. Budowa próbnika grawitacyjnego z mechanizmem perkusyjnym i zasada działania korka zamykającego górną część próbnika

Fig. 2. Gravity corer with percussion mechanism and details of the rubber stopper operation

starczającą długość. Przy odrobinie doświadczenia osoby operującej próbnikiem w czasie poboru sytuacje takie zdarzają się jednak stosunkowo rzadko.

Opróbowanie rdzeni

Jest to następny, po wydobyciu rdzenia, etap pracy — nie mniej ważny i trudny, wymaga on również odpowiedniego sprzętu. Ponieważ w zdecydowanej większości przypadków bezpieczny transport wydobytego rdzenia osadów do laboratorium jest bardzo kłopotliwy, rdzenie powinny być rutynowo dzielone w terenie, najlepiej bezpośrednio po poborze.

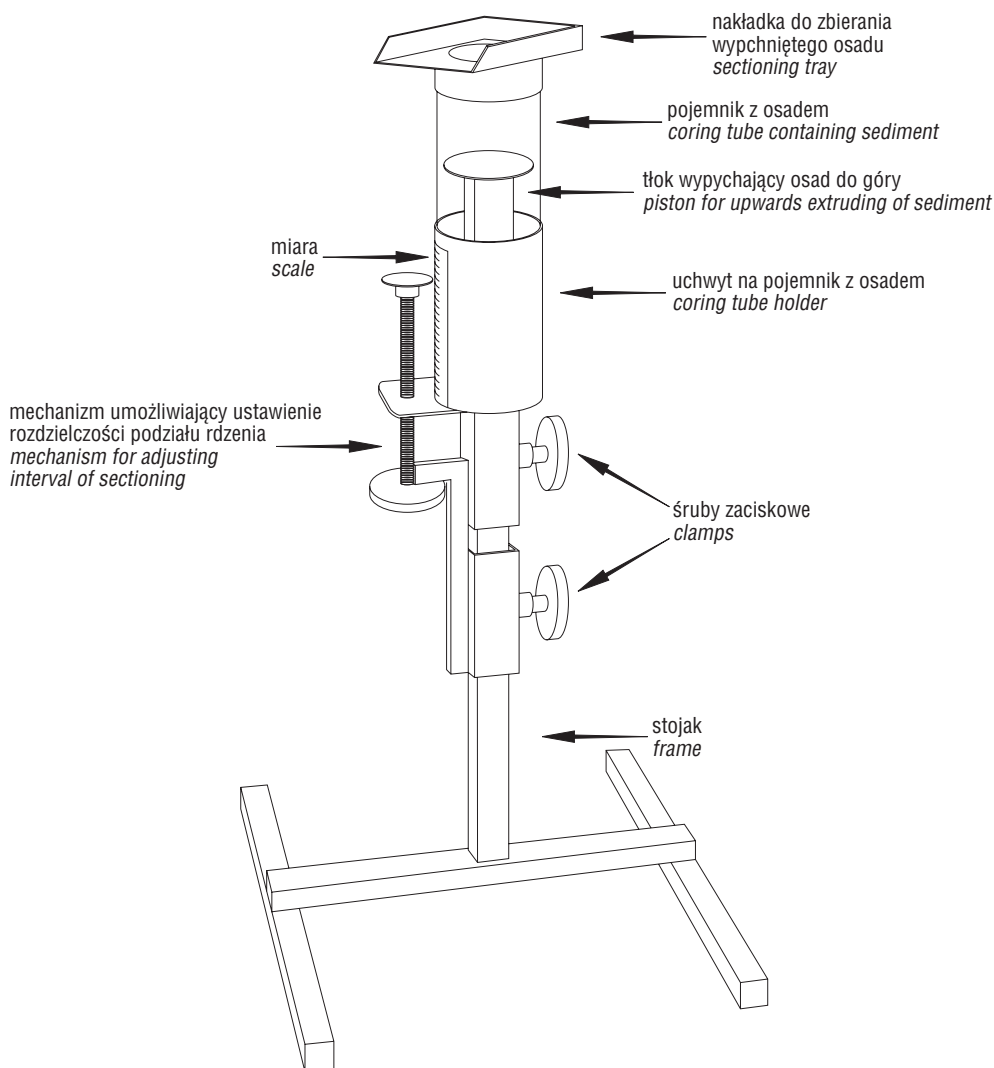
Głównym ograniczeniem, a zarazem warunkiem absolutnie koniecznym jest utrzymanie rdzenia w pionowej pozycji tak, aby osad nie uległ wymieszaniu. W zasadzie możliwe są dwa sposoby podziału rdzenia: próbniki wyposażone w tuby do pobierania osadu o specjalnej konstrukcji umożliwiającej podział (taką możliwość dają niektóre próbniki oferowane w sprzedaży) oraz podział metodą wypychania od dołu. Ten drugi sposób jest znacznie bardziej popularny (Aaby & Digerfeldt, 1986). Wymaga on odpowiedniego sprzętu, który powinien zapewniać bezpie-

czeństwo pobranego rdzenia w czasie podziału, możliwość powtarzalnego i precyzyjnego uzyskiwania takich samych porcji materiału oraz szybkiego i łatwego operowania w terenie.

Podobnie jak w przypadku próbników, również i urządzenia do podziału mają różną konstrukcję (np. Verschuren, 1993; Haberyan, 2001). Niezależnie od szczegółowych rozwiązań, urządzenie do podziału rdzenia osadów metodą wypychania od dołu składa się z kilku zasadniczych elementów:

- uchwytu zapewniającego bezpieczną i stabilną pozycję tuby z rdzeniem w czasie podziału;
- tłoka służącego do wypychania rdzenia;
- mechanizmu służącego do regulacji rozdzielczości podziału rdzenia;
- nakładki umożliwiającej przenoszenie wypchniętego osadu do pojemników laboratoryjnych bez strat materiału.

Przykładem takiego właśnie urządzenia do podziału rdzeni jest konstrukcja stosowana w Katedrze Geomorfologii i Geologii Czwartorzędu UG (ryc. 3). Urządzenie to przystosowane jest do podziału rdzeni o średnicy zewnętrznej 100 mm — takich, jakie są pobierane opisanym



Ryc. 3. Budowa urządzenia do podziału rdzeni
Fig. 3. Component parts of core extruder

wcześniej próbnikiem. Podstawowe elementy, tj. stojak, uchwyt na pojemnik z osadem i tłok wypychający osad do góry, są wykonane ze stali nierdzewnej. Pojemnik z pobranym osadem należy umieścić w uchwycie, który zapewnia stabilną pozycję rdzenia w trakcie podziału. Wodę z osadu pobiera się wężykiem o małej średnicy, po czym należy wypchnąć rdzeń tak, aby powierzchnia osadu znajdowała się na górnej krawędzi pojemnika. Następnym krokiem jest ustawienie planowanej rozdzielczości podziału rdzenia, co umożliwia specjalny mechanizm z dokładną miarką. Po ustawieniu żądanej wartości mechanizm jest blokowany i do czasu zmiany ustawień każdy odcinek wypychanego rdzenia ma dokładnie taką samą długość. Ustawienia te można zmienić w dowolnym momencie bez konieczności wyjmowania pojemnika z osadem. Na górnym krańcu pojemnika umieszcza się nakładkę umożliwiającą dokładne zebranie wypychanego osadu do pojemników lub woreczków foliowych, w których zamierza się transportować i przechowywać osad.

Opisany powyżej system podziału rdzeni został sprawdzony w warunkach terenowych. Jego działanie należy uznać za bezawaryjne i bardzo precyzyjne. Wielokrotny podział rdzeni o miąższości kilkudziesięciu centymetrów dawał wyniki nieodlegające więcej niż 1 cm od rzeczywistej miąższości rdzenia (np. z rdzenia o miąższości 60 cm otrzymano 59–61 odcinków jednocentymetrowych). Z doświadczeń tych wynika także, że dowolny rdzeń można podzielić z wystarczającą precyzją i powtarzalnością na odcinki o minimalnej długości 0,5 cm. Wydaje się, że wartość ta stanowi granicę rozdzielczości możliwej do osiągnięcia, przy zastosowaniu tego urządzenia.

Podsumowanie

Pobór i podział rdzeni powierzchniowych osadów jeziornych nie jest czynnością prostą i rutynową. Różnorodne wymagania dotyczące pobieranego materiału sprawiają, że nie ma konstrukcji, którą można by zastosować z powodzeniem w każdym warunkach. Przy wyborze próbnika należy uwzględnić poniższe uwarunkowania:

1. Głębokość poboru rdzenia. Przy głębokościach wody przekraczających kilkanaście metrów muszą to być konstrukcje opuszczane na linie, w przypadku mniejszych głębokości można wpychać próbnik w osad przy użyciu żerdzi.

2. Wymagana długość rdzenia. Ze względu na opory powstające w trakcie wpychania urządzenia w osad, próbnikiem o niewielkiej średnicy (50–60 mm) zdecydowanie łatwiej pobrać rdzeń o długości powyżej 1 m, niż próbnikiem o większej średnicy. W zależności od rodzaju osadu, niekiedy pobór rdzeni dłuższych niż kilkadziesiąt centymetrów jest niemożliwy przy wbijaniu się próbnika w osad jedynie pod własnym ciężarem. Jeżeli głębokość poboru jest niewielka problem ten można ominąć wpychając próbnik za pomocą żerdzi. Pewnym wyjściem są też konstrukcje opuszczane na linie, jednak mające mechanizm perkusyjny umożliwiający stopniowe wbijanie próbnika w osad.

3. Wymagana ilość materiału niezbędnego do analiz. Ma to szczególne znaczenie w przypadku podziału rdzenia z dużą rozdzielczością, np. 0,5–1,0 cm. Użycie

próbnika o niewielkiej średnicy wewnętrznej daje w takich przypadkach bardzo małe ilości materiału, a zważywszy na uwodnienie rzędu 90%, może się okazać, że osadu jest zbyt mało do przeprowadzenia wszystkich planowanych analiz. Rozwiązaniem jest stosowanie próbników o większych średnicach wewnętrznych (np. ok. 100 mm).

4. Parametry jednostki pływającej. Należy pamiętać, że rozmiary i ciężar próbnika mają duże znaczenie, jeżeli w trakcie prac terenowych korzystamy z lekkiego pontonu. Niezbyt duża stabilność pontonu zdecydowanie utrudnia operowanie sprzętem o wadze większej niż kilkanaście kilogramów.

Z porównania powyższych wymagań wynika jasno, że niekiedy bardzo trudno znaleźć optymalne rozwiązanie. Dla przykładu, jeżeli niezbędna jest długość rdzenia przekraczająca 1 m należałoby stosować próbnik o średnicy 60 mm lub mniejszej, co zdecydowanie ułatwia pobór. Niestety konsekwencją jest niewielka ilość materiału, jaką będzie można dysponować. Jeżeli okaże się ona zbyt mała to konieczne stanie się pobranie kolejnego rdzenia lub nawet kilku, co z kolei powoduje problemy związane np. z korelacją rdzeni względem siebie.

Ważnym zagadnieniem, z praktycznego punktu widzenia, jest stopień skomplikowania konstrukcji próbnika. Z doświadczeń pracy terenowej wynika jednoznacznie, iż najlepiej sprawdzają się konstrukcje proste, którymi operuje się przy użyciu jednej linki. Awarii sprzętu w terenie nie da się uniknąć, ale warto zwrócić uwagę na to, aby konstrukcja urządzenia ograniczała jego awaryjność do minimum.

Z opisanym powyżej zagadnieniem wiąże się również jakość wykonania próbnika. Prostota konstrukcji nie oznacza, że do wykonania można użyć przypadkowych materiałów. Najlepszym materiałem na elementy metalowe jest stal nierdzewna, należy również zadbać o jakość materiałów, z których wykonane są tłoki i korki, aby nie ulegały one w trakcie użytkowania odkształceniom, czy kruszeniu. Niemniej ważnym elementem próbnika jest pojemnik na osad — tu również należy stosować materiały wysokiej jakości, co ułatwia zarówno pobór, jak i podział rdzenia. Zdecydowanie godne polecenia są rury wykonane z poliwęglanu lub pleksi, których główną zaletą jest ich przezroczystość umożliwiająca określenie miąższości pobranego rdzenia i wstępną ocenę jego jakości, natychmiast po poborze. Ma to wielkie znaczenie, gdyż w przypadku wątpliwości można pobór niezwłocznie powtórzyć. Zalety tej nie mają stosowane niekiedy rury wykonane z PCV. Ważną cechą jest również odporność na uszkodzenia mechaniczne, np. pęknięcia. W tej kwestii najlepszym materiałem jest poliwęglan, niestety jego szerokie stosowanie utrudnia wysoka cena. W większości przypadków rury z pleksi o ściankach grubości 3 mm są wystarczająco odporne na pęknięcia.

W przypadku sprzętu do podziału rdzenia najważniejsze jest, aby można go było stosować w warunkach terenowych, co jest związane z koniecznością podziału rdzenia natychmiast po dotransportowaniu go na brzeg. Konstrukcja musi zapewniać stabilną pozycję rdzenia w czasie podziału oraz możliwość powtarzalnego uzyskiwania takich samych porcji materiału.

Pobór i podział rdzeni to początkowe czynności dla wieloetapowego procesu badawczego. Należy zatem

uważnie zaplanować dobór sprzętu do prac terenowych, aby jakość uzyskanego materiału była jak najwyższa. W kontekście interpretacji późniejszych wyników skomplikowanych, czasochłonnych i niekiedy bardzo drogiej analiz, ma to z pewnością znaczenie kluczowe.

Praca została wykonana w ramach projektu BW 1520-5-0073-6. Podziękowania kieruję przede wszystkim do Pana Prof. Jacka Rutkowskiego z AGH w Krakowie za dyskusję, przeczytanie manuskryptu i liczne uwagi dotyczące treści. Panu Mirosławowi Sitarzowi z Instytutu Morskiego w Gdańsku dziękuję za praktyczne rady dotyczące konstrukcji próbnika, a także za jego perfekcyjne wykonanie. Dziękuję również Pani Mirandzie Laskowskiej za wykonanie rysunków.

Literatura

- AABY B. & DIGERFELDT G. 1986 — Sampling techniques for lakes and bogs. [W:] B. E. Berglund (red.) — Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology. John Wiley & Sons, Chichester–New York: 181–194.
- BOYLE J.F. 1995 — A simple closure mechanism for a compact, large-diameter, gravity corer. *J. Paleolimnology*, 13: 85–87.
- CHANT L.A. & CORNETT R.J. 1991 — Smearing of gravity core profiles in soft sediments. *Limnology & Oceanography*, 36: 1492–1498.
- CUSHING S., DESJARDINS J. & FILION J.-M. 1997 — Parachute-assisted gravity sediment corer (Algonquin Corer). *J. Paleolimnology*, 18: 307–311.
- FISHER M.M., BRENNER M. & REDDY K.R. 1992 — A simple, inexpensive piston corer for collecting undisturbed sediment/water interface profiles. *J. Paleolimnology*, 7: 157–161.
- GLEW J.R. 1991 — Miniature gravity corer for recovering short sediment cores. *J. Paleolimnology*, 5: 285–287.
- GLEW J.R., SMOL J.P. & LAST W.M. 2001 — Sediment core collection and extrusion. [W:] J.P. Smol, W.M. Last (red.) — Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 1: Basin analysis, Coring, and Chronological Techniques. Kluwer Academic Publishers: 73–105.
- HABERYAN K.A. 2001 — Coring and extruding sediments from shallow lakes with the simple, inexpensive VolksCorer and VolksExtruder. *J. Paleolimnology*, 26: 219–223.
- KAJAK Z., KACPRZAK K. & POLKOWSKI R. 1965 — Chwytnik rurowy do pobierania prób dna. *Ekologia Polska*, B. 11: 159–165.
- LANE C.M. & TAFFS K.H. 2002 — The LOG corer — a new device for obtaining short cores in soft lacustrine sediments. *J. Paleolimnology*, 27: 145–150.
- RENBURG I. 1991 — The HON–Kajak sediment corer. *J. Paleolimnology*, 6: 167–170.
- SAARNISTO M. 1986 — Annually laminated lake sediments. [W:] B.E. Berglund (red.) — Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology. John Wiley & Sons, Chichester–New York: 527–570.
- STAGER J.C. 1992 — Simple gravity corer suitable for educators. *J. Paleolimnology*, 7: 253–255.
- TOBOLSKI K. 2000 — Przewodnik do oznaczania torfów i osadów jeziornych. PWN, Warszawa: 1–508.
- TYLMANN W. 2004 — Estimating recent sedimentation rates using ²¹⁰Pb on the example of morphologically complex lake (Upper Lake Raduńskie, N Poland). *Geochronometria*, 23: 21–26.
- TYLMANN W., WOŹNIAK P.P., CZARNECKA K. & JAŹWIECKA M. 2006 — New sites with laminated lake sediments in north-eastern Poland: preliminary results of field survey. *Limnological Review*, 6: 283–288.
- VERSCHUREN D. 1993 — A lightweight extruder for accurate sectioning of soft-bottom lake sediment cores in the field. *Limnology & Oceanography*, 38: 1796–1802.
- WALANUS A. 1993 — Pobieranie osadu jeziornego metodą zamrażania. [W:] M. Ralska-Jasiewiczowa (red.) — Jezioro Gościąg — stan badań nad osadami dennymi i środowiskiem współczesnym. *Pol. Bot. Stud. Guidebook Ser.*, 8: 183–187.
- WIĘCKOWSKI K. 1970 — New type of lightweight piston core sampler. *Bull. Acad. Pol. Sc.*, 16: 57–62.
- WRIGHT H.E. 1980 — Cores of soft lake sediments. *Boreas*, 9: 107–114.

Praca wpłynęła do redakcji 26.10.2006 r.

Akceptowano do druku 15.01.2007 r.