



**WYDZIAŁ BIOLOGII
I OCHRONY ŚRODOWISKA**
Uniwersytet Łódź

**UNIWERSYTET
ŁÓDŹKI**



MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA OKRZEMEK W KRYMINALISTYCE



CENTRUM SZKOLENIA POLICJI

**MOŻLIWOŚCI
WYKORZYSTANIA OKRZEMEK
W KRYMINALISTYCE**

LEGIONOWO 2019

Redakcja pod kierunkiem

nadkom. Iwony Bogusz
wykładowcy Zakładu Szkoleń Specjalnych
Centrum Szkolenia Policji w Legionowie

Projekt okładki:

Alicja Wieraszko

Zdjęcia na okładce:

nadkom. Iwona Bogusz

ISBN 978-83-62455-62-1

Opracowanie redakcyjne i graficzne, korekta, skład i druk:

Wydział Wydawnictw i Poligrafii
Centrum Szkolenia Policji w Legionowie

Nakład 60 egz.

Spis treści

Wstęp	5
nadkom. Iwona Bogusz	
Etapy tonięcia i kontrowersje z tym związane	7
dr Ewa Zieliński	
Diagnozowanie utonięcia	9
dr n. med. Mieszko Olczak	
Przesłanki do zastosowania okrzemek w kryminalistyce	13
prof. UŁ dr hab. Joanna Żelazna-Wieczorek	
Zakres wykorzystania testu okrzemkowego przez Zakład Medycyny Sądowej WUM. Analiza z lat 2013–2017	35
Marek Bogusz	
Zasady postępowania podczas oględzin zwłok ujawnionych w środowisku wodnym bądź w jego pobliżu	41
nadkom. Iwona Bogusz	

WSTĘP

NADKOM. IWONA BOGUSZ

Zakład Szkoleń Specjalnych
Centrum Szkolenia Policji w Legionowie

W 2018 r Centrum Szkolenia Policji w Legionowie podpisało porozumienia z Wydziałem Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Łódzkiego oraz z Zakładem Medycyny Sądowej Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego, na mocy których powstała możliwość wymiany informacji naukowo-dydaktycznych. Zakresem wymiany naukowo-dydaktycznej objęta jest zarówno biologia kryminalistyczna, jak i medycyna sądowa, co skutkuje pracami badawczymi, w których okrzemki są analizowane pod kątem zastosowania ich na polu kryminalistycznym. Zastosowanie to może być szczególnie pomocne przy diagnozowaniu utonięć, przy ustalaniu, czy miejsce ujawnienia zwłok było także miejscem utonięcia, oraz przy próbie przypisania osoby do danego środowiska, co może być przydatne zarówno w eliminacji, jak i typowaniu sprawców przestępstw. Dotychczasowa współpraca zaowocowała wspólnymi publikacjami w czasopismach naukowych „Problemy Kryminalistyki”¹, i „Problemy Współczesnej Kryminalistyki”².

¹ I. Bogusz, M. Bogusz, J. Żelazna-Wieczorek, *Wykorzystanie okrzemek w kryminalistyce*, „Problemy Kryminalistyki” 2018, s. 301; M. Bogusz, J. Żelazna-Wieczorek, I. Bogusz, *Czy występowanie okrzemek zawsze świadczy o utonięciu*, „Problemy Kryminalistyki” 2018, s. 302.

² M. Bogusz, I. Bogusz, P. Krajewski, A. Siwińska, J. Żelazna-Wieczorek, *Wykorzystanie testu okrzemkowego w diagnozowaniu utonięć na podstawie badań przeprowadzonych w ZMS WUM w latach 2015–2017*, „Problemy Współczesnej Kryminalistyki” 2018, t. XXII, s. 25–42.

ETAPY TONIĘCIA I KONTROWERSJE Z TYM ZWIĄZANE

DR EWA ZIELIŃSKI

Katedra Medycyny Ratunkowej i Katastrof
Collegium Medicum w Bydgoszczy,
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

Istnieją zdarzenia, które mogą skutkować przypadkową utratą życia. Utonięcia stanowią czwartą przyczynę przypadkowej utraty życia. Według Światowej Organizacji Zdrowia corocznie tonie ok. 400 000 osób, z czego mężczyźni tonie dwa razy więcej niż kobiety, a aż 43% zdarzeń śmiertelnych na obszarach wodnych ma miejsce w Chinach i Indiach¹.

W Polsce w 2018 r. w wodzie utonęło 545 osób, z których 77 to były kobiety². International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR) zaleca, aby ujednolicić nazewnictwo w obrębie utonięć i nie posługiwać się używanymi dawniej pojęciami, takimi jak: utonięcie suche i mokre, tonięcie czynne i bierne, ciche tonięcie, wtórne tonięcie, utopiony, bliski utonięcia. W wytycznych resuscytacji ERC 2015 zamieszczone zostało także zalecenie odnoszące się do epizodów tonięcia wskazujące na konieczność raportowania ww. epizodów z zachowaniem protokołu z Utstein³. W skrócie, mechanizm tonięcia polega na tym, że poszkodowany najczęściej połyka duże ilości wody, wstrzymuje oddech celem zapobiegnięcia przedostania się wody do dróg oddechowych i dochodzi do skurczu krtani. Wówczas rozwija się hiperkapnia, hipoksja i hipoksemia. Poszkodowany zatrzymuje się w patomechanizmie oddechowym, a czynnościowo wtórnie wypada układ krążenia. Niegdyś rozpatrywano odmienności resuscytacyjne w zależności od tonięcia w wodzie słodkiej i słonej. Badania naukowe dowiodły, że podstawowym problemem w patomechanizmie tonięcia, niezależnie od stężenia soli w wodzie, która dostała się do dróg oddechowych, jest rozwijające się niedotlenienie na skutek wypłukania i zniszczenia warstwy surfaktantu, zapadnięcia się pęcherzyków płucnych oraz pojawienia się niedodmy i wewnątrzpłucnego przecieku tętniczo-żylnego. W medycynie sądowej utonięcie

¹ www.who.int.

² <http://www.statystyka.policja.pl/st/wybrane-statystyki/utonięcia>.

³ www.prc.krakow.pl.

jest rodzajem gwałtownego uduszenia i polega na zatkaniu dróg oddechowych płynem topielnym. Nie każda śmierć w środowisku płynnym jest śmiercią z utonięcia. Znalezienie zwłok w wodzie wymaga zweryfikowania co najmniej pięciu wersji przyczyn tego zdarzenia: wrzucenia do wody zwłok, śmierci w wodzie z przyczyn naturalnych, śmierci z utonięcia wypadkowego, samobójczego i śmierci z utonięcia zbrodniczego⁴.

Powszechnie przyjęty został 5-fazowy schemat przebiegu procesu uduszenia przez utonięcie w wodzie⁵. Kontrowersje dotyczące etapów tonięcia związane są przede wszystkim z etyką i wiarygodnością przytaczanych źródeł naukowych odnoszących się do etapów tonięcia, ich czasów oraz towarzyszących im odruchów, jak także szansami powodzenia podejmowanych czynności resuscytacyjnych zależnych od fazy tonięcia, w której zostały wdrożone.

⁴ *Utonięcie*, Prokuratura Okręgowa w Zielonej Górze, zielona-gora.po.gov.pl/index.php?id=36&ida=3820.

⁵ Tamże.

DIAGNOZOWANIE UTONIĘCIA

DR N. MED. MIESZKO OLCZAK

Zakład Medycyny Sądowej
Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego

Utonięcie jest rodzajem uduszenia gwałtownego, gdzie działanie zewnętrznego czynnika mechanicznego (zatkanie dróg oddechowych płynem topliwym – z reguły wodą) powoduje ostre niedotlenienie ośrodkowego układu nerwowego, a w konsekwencji zgon.

Przebieg utonięcia można podzielić na następujące etapy:

- 1) okres oporu: trwa 30–60 sekund, dochodzi do świadomego wstrzymania oddechu (u osób wytrenowanych nawet do kilkunastu minut), zużycia tlenu i gromadzenia się we krwi dwutlenku węgla;
- 2) okres wydatnych ruchów oddechowych: trwa 60–150 sekund, pojawia się jako reakcja na niedotlenienie, do którego doszło w wyniku uprzedniego zatrzymania oddechu; woda zmieszana z powietrzem dostaje się do dolnych dróg oddechowych i żołądka, w tym okresie zaczyna się utrata przytomności;
- 3) okres drgawkowy (zamartwiczny): trwa 60–90 sekund, pojawiają się **drgawki tonicznie-kloniczne** jako wyraz przekroczenia progu tolerancji na niedotlenienie mózgu, dochodzi do zatrzymania oddechu, głębokiej utraty przytomności ze zniesieniem odruchów;
- 4) okres oddechów końcowych: trwa 30–60 sekund, charakteryzuje się krótkimi wdechami i prężeniem całego ciała, dochodzi do zgonu.

Należy zaznaczyć, iż okresy te nie są zachowane w przypadku znacznego wychłodzenia organizmu i **stanu hipotermii** – w takich przypadkach nawet po czasie kilkudziesięciu minut udaje się uratować ofiarę tonięcia z mniejszymi lub większymi deficytami neurologicznymi.

Diagnostyka sekcyjna ma na celu potwierdzenie, iż przyczyną zgonu było utonięcie, wykluczenie innych potencjalnych przyczyn zgonu lub wskazanie innej przyczyny zgonu. Można założyć pięć hipotez podczas sekcjonowania zwłok wyłowionych z wody:

- 1) zgon z przyczyn chorobowych nastąpił poza wodą i doszło do przemieszczenia ciała do wody;

- 2) zgon z przyczyn urazowych nastąpił poza wodą i doszło do przemieszczenia ciała do wody;
- 3) zgon z przyczyn chorobowych nastąpił podczas przebywania w wodzie;
- 4) zgon z przyczyn urazowych nastąpił podczas przebywania w wodzie;
- 5) przyczyną zgonu było utonięcie.

Obecność płynu w drogach oddechowych nie zawsze musi prowadzić do ostrego niedotlenienia ośrodkowego układu nerwowego. Istnieją stosowane w medycynie **cieczce perfluorowane**, które zapewniają możliwość wymiany gazowej w płucach (przenikania tlenu z cieczy do krwi). Z reguły płyn topliwny (woda) nie ma takich właściwości.

Utonięcia można podzielić na **utonięcia w wodzie słodkiej** (lub innym hipotonicznym w stosunku do krwi płynie) oraz **utonięcia w wodzie słonej** (lub innym hipertonicznym w stosunku do krwi płynie, np. szambie). Podczas tonięcia w wodzie słodkiej do dróg oddechowych dostaje się woda, która jest hipotoniczna w stosunku do krwi – przenika ona z pęcherzyków płucnych do krwiobiegu, co powoduje znaczne rozcieńczenie krwi, hemolizę (pękanie) krwinek czerwonych i uwolnienie z nich jonów potasowych. Dochodzi również do innych zaburzeń jonowych – zwiększenia poziomu wapnia, obniżenia poziomu sodu. Literatura donosi również, iż **hipotoniczny płyn** prowadzi do denaturacji **surfaktantu** i zapadania się światła pęcherzyków płucnych.

Podczas tonięcia z pęcherzyków płucnych do krwiobiegu przechodzi nawet do 2 litrów wody. Wspomniane zaburzenia jonowe mogą mieć grożące życiu konsekwencje w postaci śmiertelnych zaburzeń rytmu serca (migotania komór). Z tego powodu osoby odratowane bezwzględnie należy umieścić na oddziale szpitalnym celem wyrównania zaburzeń elektrolitowych. Podczas tonięcia w wodzie słonej woda znajdująca się w krwiobiegu rozcieńcza hipertoniczny płyn topliwny znajdujący się w pęcherzykach płucnych, wypłukuje surfaktant. Dochodzi do **hipowolemii** (utrąty wody z krwiobiegu), zwiększenia poziomu sodu we krwi i zagęszczenia krwi.

W obrazie sekcyjnym utonięcia obserwuje się podczas oględzin zewnętrznych m.in.: skórę pokrytą piachem, roślinami wodnymi, szlamem; tzw. skórę praczek; grzybek piany w okolicy jamy ustnej i nozdrzy; obrażenia powłok związane z działaniem sił natury; pośmiertne ubytki powłok związane z działalnością zwierząt; obrażenia ciała związane z wydobyciem ciała z wody; podczas oględzin wewnętrznych m.in.: obecność fragmentów roślin w dolnych drogach oddechowych i żołądku; obecność wodnistej treści w żołądku, obecność pianistej treści w dolnych drogach oddechowych; wylewy krwawe w blaszkach kostnych piramid kości skroniowych (przy utonięciach na dużych głębokościach).

Grzybek piany jest surfaktantem (środkiem powierzchniowo czynnym o właściwościach płynu do zmywania naczyń) zmieszany z płynem topliwym w postaci piany. **Skóra praczek** jest białawym zbieleniem naskórka, z jego rozpułchnieniem i silnym pofałdowaniem. Należy zaznaczyć, iż zarówno grzybek piany, jak i skóra praczek nie potwierdzają sekcyjnie rozpoznania utonięcia. Podobna piana treść może występować przy masowym obrzęku płuc, natomiast skóra praczek powstaje podczas prze-

bywania ciała w wilgotnym środowisku (np. wilgotna ściółka leśna, wilgotny worek do transportu zwłok).

Najważniejszym diagnostycznie elementem w sekcji zwłok ciał ujawnionych w wodzie jest stwierdzenie rozedmy wodnej płuc (ostrego rozdęcia pęcherzyków płucnych). Jest to główny element, na którym opiera się diagnostyka sekcyjna utonięcia. Makroskopowo płuca szczelnie wypełniają jamy opłucnej, przykrywają trójkąt sercowy, są wyraźnie trzeszczące i elastyczne, konsystencji tzw. gumowej poduszki. Na przekrojach przy utonięciu w wodzie słodkiej płuca są suche, przy utonięciu w wodzie słonej pokrywają się pianistą treścią – co wynika bezpośrednio z patomechanizmu tonięcia w tych różnych warunkach. Należy dodać, iż przeprowadzona resuscytacja zaciera pierwotny obraz płuc. Również spożycie alkoholu etylowego może nieco zmieniać obraz sekcyjny płuc w utonięciu (w kierunku przekrwienia i obrzęku). W badaniu mikroskopowym płuc obserwuje się rozdęcie licznych pęcherzyków płucnych z uszkodzeniem ich ścian. Badanie histopatologiczne płuc powinno wykluczyć obrzęk płuc, który wskazywałby na śmierć w innym mechanizmie niż utonięcie.

Z badań dodatkowych (przy utonięciach w zbiornikach naturalnych) przydatne jest badanie na obecność okrzemek w narządach wewnętrznych, przy czym jest to jedynie badanie pomocnicze. Obecność okrzemek w narządach wewnętrznych (nerce, śledzionie, szpiku kostnym) przemawia za sekcyjnym rozpoznaniem utonięcia. Obecność okrzemek jedynie w płucach może wynikać z długotrwałego przebywania zwłok w wodzie, gdzie okrzemki mogły dostać się biernie. Badanie na obecność okrzemek jest jedynie badaniem dodatkowym, a o rozpoznaniu sekcyjnym decyduje obraz makroskopowy i mikroskopowy płuc. Obecność okrzemek w szpiku kostnym przemawia za utonięciem jako przyczyną zgonu w wypadkach, gdy dokonuje się oględzin szczątków ludzkich wyłowionych z wody (np. samych kości). Podkreślić należy, iż okrzemki nie występują w wodzie wodociągowej.

W ostatnich latach w diagnostyce sekcyjnej utonięć podjęto próby zastosowania pośmiertnej tomografii komputerowej jako dodatkowego narzędzia diagnostycznego. W wirtopsjach utonięć obserwowano m.in.: obecność płynu topliwego i osadów w zatokach obocznych nosa, tchawicy i oskrzelach; rozedmę wodną płuc ocenianą przez wysokość ustawienia kopuł przepony; obraz guzkowych zmian w mięszu płuc typu „matowej szyby”; rozcieńczenie treści żołądkowej i osady w świetle żołądka; hemodylucję (rozcieńczenie krwi) w prawym sercu. Jakkolwiek są to zmiany przemawiające za utonięciem jako przyczyną zgonu – same z siebie (bez wykonania sekcji zwłok i badań dodatkowych) nie powinny stanowić rozpoznania utonięcia jako przyczyny zgonu. Z innych badań dodatkowych (w chwili obecnej stosowanych w celach naukowych) należy wymienić poszukiwanie we krwi metodami klasycznymi (posiewy) i genetycznymi mikroorganizmów wodnych (innych niż okrzemki) stojących w kategoriach taksonomicznych na pograniczu bakterii i glonów.

Pośród obrażeń, które mogą wskazywać na okoliczności towarzyszące utonięciu, można wymienić obrażenia (złamania) szyjnego odcinka kręgosłupa – podczas sko-

ków na tzw. główkę oraz obrażenia kończyn dolnych o charakterze złamań kompresyjnych – podczas skoków z dużej wysokości z następowym uderzeniem wyprostowanymi kończynami dolnymi o dno zbiornika.

Bibliografia

- Raszeja S., Nasiłowski W., Markiewicz J., *Medycyna sądowa: podręcznik dla studentów*, Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich 1990.
- Stephenson L., Van den Heuvel C., Byard R.W. *The persistent problem of drowning – A difficult diagnosis with inconclusive tests*, „Journal of Forensic and Legal Medicine” 2019, Jun 13.
- Farrugia A., Ludes B, *Diagnostic of Drowning in Forensic Medicine, Forensic Medicine*, w: D.N. Vieira, *Old Problems to New Challenges*.

PRZESŁANKI DO ZASTOSOWANIA OKRZEMEK W KRYMINALISTYCE

PROF. UŁ DR HAB. JOANNA ŻELAZNA-WIECZOREK

Katedra Algologii i Mykologii
Wydział Biologii i Ochrony Środowiska
Uniwersytet Łódzki

Okrzemki (łac. *Bacillariophyta*, ang. *diatoms*) są najliczniejszą grupą systematyczną glonów, występującą niemal we wszystkich środowiskach wodnych w ziemskiej biosferze, głównie: w oceanach i morzach, wodach brakicznych, jeziorach, rzekach od ich źródeł, starorzeczach, na skałach, wilgotnej ziemi, drzewach. Ekologiczna rola okrzemek, jako producentów pierwotnych, to produkcja materii organicznej, która jest podstawą dla funkcjonowania biocenozy różnych ekosystemów, oraz produkcja tlenu, szacowana na 25% całkowitej jego produkcji na Ziemi (Mann, Droop 1996), przez organizmy fotosyntetyzujące wodne i lądowe. Okrzemki to organizmy jednokomórkowe, które do życia potrzebują promieniowania słonecznego (dostępu do światła), wody z dostępnymi w niej rozpuszczonymi substancjami pokarmowymi, głównie dostarczającymi węgla, azotu, fosforu oraz krzemu w postaci krzemionki. W wodach powierzchniowych, zarówno stojących, jak i płynących, krzemionka jest dostępna i nie stanowi czynnika ograniczającego dla rozwoju tej grupy organizmów. Stanowią one, w wielu ekosystemach, dominującą zarówno pod względem zróżnicowania gatunkowego, jak i bardzo często pod względem liczebności – biomasy, grupę mikroorganizmów. Okrzemki rozwijają się również w szerokim zakresie temperatury, co daje im przewagę nad innymi glonami. Występują we wszystkich szerokościach geograficznych, dzięki przystosowaniom do życia w niskich temperaturach mogą występować w lodzie antarktycznym – kriofiton, a w strefie klimatu umiarkowanego również w okresie zimy w strefie przydennej, pod lodem. Okrzemki zasiedlają także glebę, tworząc z innymi organizmami formację ekologiczną edafon (Kawecka, Eloranta 1994).

Cechy, które potwierdzają przydatność okrzemek dla celów postępowania kryminalistycznego:

- stanowią one najliczniejszą pod względem gatunków gromadę glonów;
- dzięki krzemionkowej ścianie komórkowej, o strukturze opalu, są odporne na działanie czynników fizycznych i chemicznych występujących w środowisku; zachowują trwałość zarówno w środowisku (materiały kopalne), jak i w preparatach stałych;

- występują na całej Ziemi, w zróżnicowanych ekosystemach wodnych – kosmopolityczne rozprzestrzenienie jako grupy organizmów;
- określone dla większości gatunków preferencje ekologiczne – tolerancja wobec określonych warunków środowiska;
- charakteryzują się dużą wrażliwością względem parametrów fizycznych i chemicznych wody, liczne gatunki wykazują wąski (stenotopowy) zakres tolerancji w odniesieniu do różnych czynników środowiska, wskazują więc preferowany do życia typ siedlisk;
- względnie proste metody poboru prób, przygotowania do obserwacji i przechowywania w celach dokumentacyjnych.

Cechami powodującymi trudności przy wykorzystaniu okrzemek w postępowaniu kryminalistycznym są:

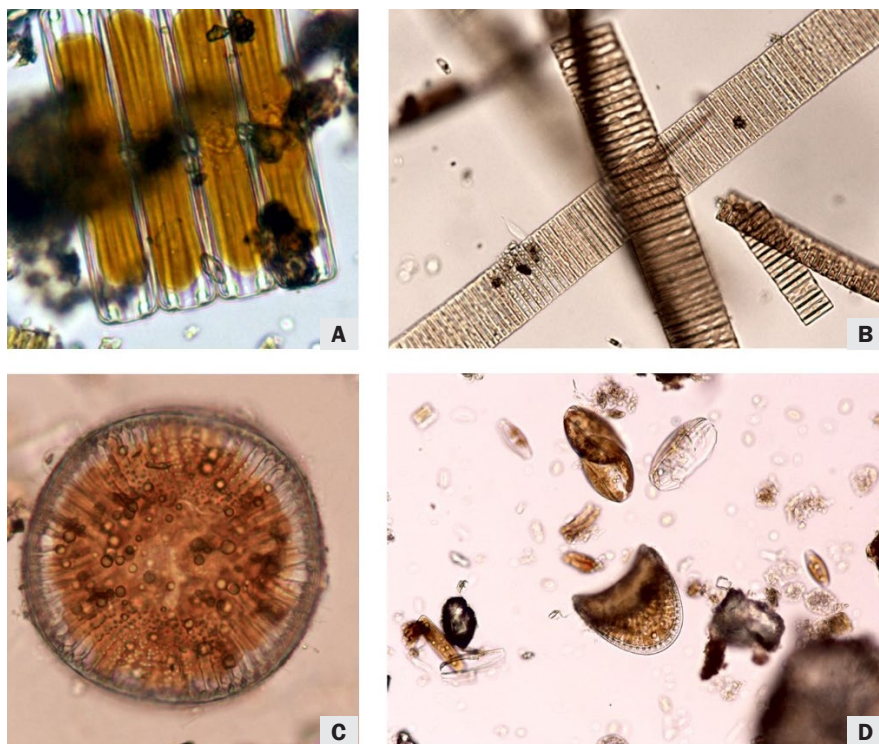
- ich rzetelna identyfikacja taksonomiczna wymaga wysokich kwalifikacji;
- reagują na krótko- i długoterminowe zmiany w środowisku, ponieważ mają zdolność do szybkich podziałów, co pozwala im na szybką reakcję na zmianę warunków środowiskowych, przebudowanie zbiorowisk pod względem jakościowym i ilościowym.

Budowa okrzemek – znaczenie diagnostyczne ściany komórkowej, podstawy klasyfikacji taksonomicznej

Okrzemki – jednokomórkowe organizmy, o wymiarach komórki od kilku do kilkuset mikrometrów. Żywe okrzemki są barwy złotej, zielono-żółtej, brązowo-żółtej (ryc. 1) dzięki obecności w chloroplastach zestawu barwników: zielonych chlorofili – a i c, pomarańczowo-czerwonych karotenów – β karoten, ksantofili, żółtopomarańczowych – diadinoxantyny i diatoksantyny oraz ciemnoczerwonej – fukoksantyny. Liczba i kształt chloroplastów u żywych okrzemek są cechą diagnostyczną wyróżniającą rodzaje. Materiałami zapasowymi okrzemek, będącymi produktem fotosyntezy, są tłuszcze, które zmniejszają ciężar komórek (cecha ważna dla form planktonowych), a także poliglikany – chryzolaminaryna.

Komórki okrzemek wydzielają zewnątrzkomórkowo polimery polisacharydowe, które tworzą styliki, rurki, podkładki, włókna chitynowe lub stanowią podłoże umożliwiające okrzemkom poruszanie się. Żywe okrzemki mogą tworzyć wielokomórkowe kolonie różnego kształtu: taśmowate, wstęgowate, wachlarzowate, zygzakowate, gwiazdkowate (ryc. 1).

Cechą wyróżniającą okrzemki jest budowa ściany komórkowej, która jednocześnie określa kształt całej komórki. Skorupka (pancerzyk) okrzemek uzyskuje niezmienny kształt dzięki wysyceniu uwodnioną krzemionką ($\text{SiO}_2 + n\text{H}_2\text{O}$), o strukturze opalu. Wszystkie okrzemki charakteryzują się wspólnym planem budowy związanym z charakterystyczną dla nich cechą – dwudzielnością ściany komórkowej (Round i in. 1990; Pliński, Witkowski 2009). Pancerzyk okrzemek składa się z kilku elementów, do których należą dwie bogato ornamentowane okrywy oraz kilka mniejszych łączących je elementów, tworzących tzw. pas obwodowy. Każdy pancerzyk składa się z dwóch części. Starsza, większa okrywa – wieczko, razem z połączonymi z nią elementami pasa obwodowego

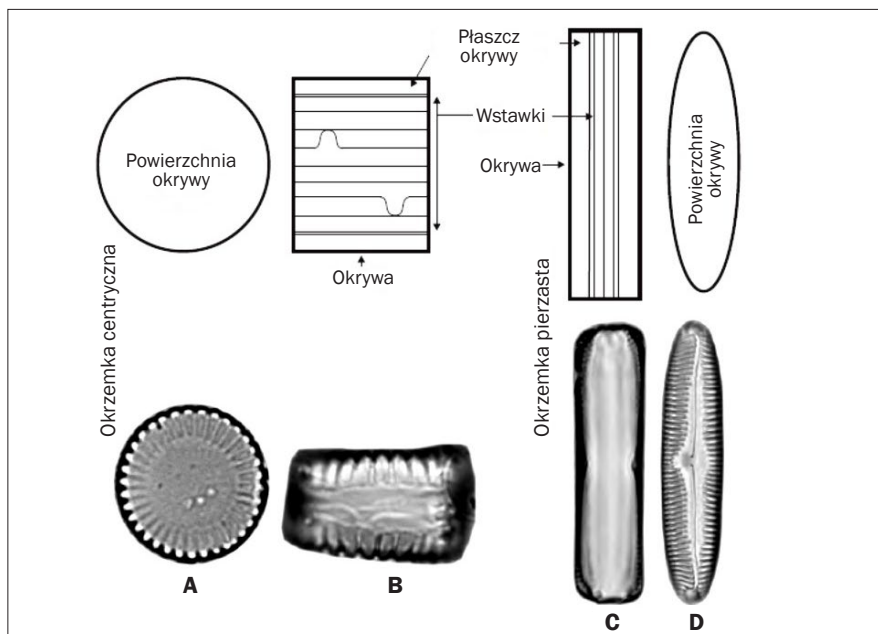


Ryc. 1. Żywe okrzemki: A – *Pinnularia* sp. – 4 komórki od strony pasa obwodowego, B – *Fragilaria* sp. – kolonie taśmowate; C – *Campylodiscus hibernicus* – pojedyncza komórka; D – zbiorowisko żywych okrzemek (zdj. J. Żelazna-Wieczorek).

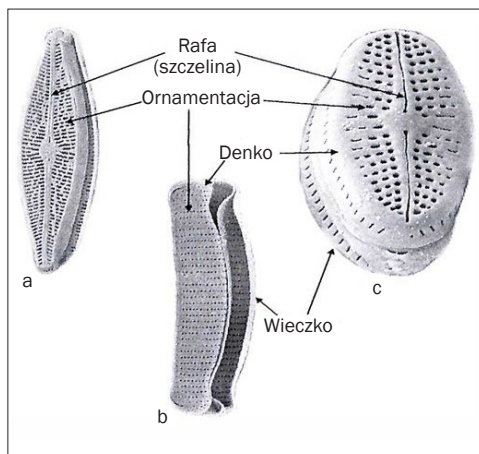
zwana jest **epiteką** (*epivalve*), natomiast młodsza, mniejsza okrywa – denko i połączone z nią elementy zwane są **hypoteką** (*hypovalve*) – (Round i in. 1990; Pliński, Witkowski 2009) – (ryc. 2).

Wszystkie elementy ściany komórkowej (okrywy, pas obwodowy) są tworzone wewnątrzkomórkowo. Komórka pochłania krzemionkę rozpuszczoną w wodzie, a następnie deponuje ją w aparacie Golgiego. Następnie z aparatu Golgiego uwalniane są specjalne pęcherzyki zawierające krzemionkę nazywane silikosomami (*SDV silica deposition vesicles*). W błonie komórkowej znajdują się białka zwane frustulinami, które dokonują włączenia silikosomów. Elementy te nie są wydzielane z komórki, dopóki nie są kompletne. Nowe części ściany są zawsze wytwarzane w granicach istniejącej ściany komórkowej (Round i in. 1990).

Powierzchnia okryw okrzemek jest zwykle spłaszczona, tylko brzeg może być wygięty i niekiedy dość znacznie przedłużony, tworząc płaszcz. Pas obwodowy nie jest zrośnięty z okrywą, jedynie bardzo ściśle do niej przylega. Płaszcz może być tak silnie rozwinięty,



Ryc. 2. Schemat budowy okrzemki centrycznej i pierzastej. A – okrzemka centryczna *Cyclotella meneghiniana* – widok od strony okrywy, B – okrzemka centryczna *Cyclotella meneghiniana* – widok od strony pasa, C – okrzemka pierzasta *Pinnularia sp.* – widok od strony pasa, D – okrzemka pierzasta *Pinnularia sp.* – widok od strony okrywy (zmienione za Bąk i in. 2012).



Ryc. 3. Budowa pancerzyka okrzemki na przykładach: a – *Brachysira*, b – *Eunotia*, c – *Achnantheidium* (za: Witkowski i in. 2010).

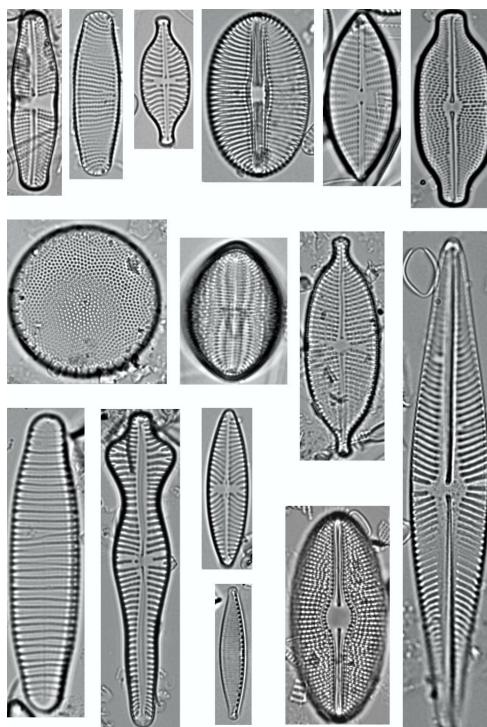
że brak jest pasa obwodowego lub jest on bardzo wąski. U wielu gatunków okrzemek między okrywą a pasem obwodowym znajduje się jedna lub kilka wstawek. Są to krzemionkowe twory mające kształt obręczy, z jednej strony otwartej, półkolistej lub łuskowato zachodzących na siebie. Liczba wstawek uzależniona jest od wieku komórki. Wstawki mogą występować licznie (nawet ponad 50), mimo to pancerzyk jest szczelny (Round i in. 1990; Pliński, Witkowski 2009).

Ponieważ krzemionka jest nieprzepuszczalna, okrzemki rozwinęły skomplikowane wzory perforacji w okrywach, aby umożliwić wymianę z oto-

zeniem składników odżywczych i produktów przemiany materii. Otworki i wydrążenia występujące na okrywach układają się w złożone struktury nazywane prążkami (*striae*), utworzone z kolistych lub wielobocznych komór (*areole*), tworząc charakterystyczną ornamentację (ryc. 3). Na ornamentację składają się również zagłębienia od wewnętrznej strony okrywy (*alveole*) oraz żeberka i wstawki, które są elementami wzmacniającymi skorupę (Round i in. 1990; Pliński, Witkowski 2009).

Różnorodność gatunkowa okrzemek na Ziemi szacowana jest na ponad 200 000 gatunków (Mann & Droop 1996), z których dotychczas opisano jedną dziesiątą. W Polsce występuje około 3500 gatunków okrzemek (Bąk i in. 2012). Podstawą badań i ekspertyz bazujących na identyfikacji poszczególnych gatunków tworzących zgrupowania okrzemek jest morfologia pancerzyka okrzemek – okryw, ale również pasa obwodowego, na przykład okrzemek centrycznych z rodzaju *Aulacoseira*. Cechami, na podstawie których prowadzona jest identyfikacja okrzemek są: długość i szerokość okrywy, kształt, symetria, krawędź okrywy, ornamentacja pancerzyka, liczba prążków i punktów grzebienia w 10 µm, układ prążków, kształt i szerokość końców, kształt biegunów, kształt pancerzyka w widoku od strony pasa obwodowego, obecność pola porowego oraz umiejscowienie porów, rodzaj i obecność rafy lub jej brak, zakończenia rafy (koniec proksymalny i dystalny), rodzaj i symetria pola środkowego oraz osiowego, obecność dodatkowych tworów, takich jak kolce (Bąk i in. 2012).

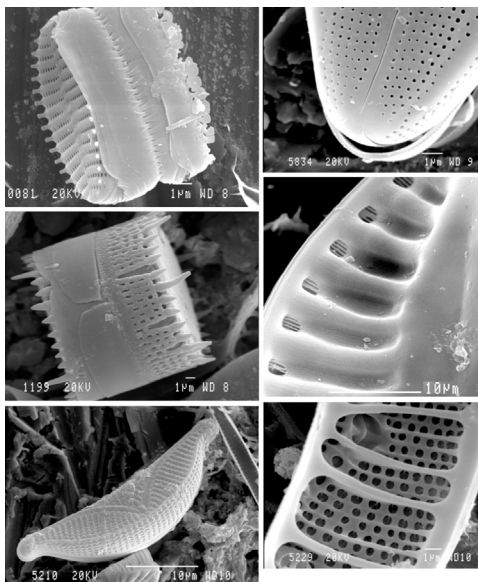
Rutynowa identyfikacja taksonomiczna okrzemek do poziomu gatunku i niższych poziomów (odmiany, formy) prowadzona jest głównie na podstawie oczyszczonych skorupki okrzemek, pozbawionych protoplastu, zatopionych w żywicy preparatów trwałych. Obserwację i identyfikację okrzemek prowadzi się, wykorzystując mikroskopy o świetle przechodzącym najwyższej jakości, wyposażone w obiektywy planapochromatyczne 100x z aperturą 1.4, do pracy z immersją, wysokiej jakości kondensory oraz silne źródło oświe-



Ryc. 4. Różnicowanie morfologiczne okrzemek występujących w różnych typach środowisk wodnych w Polsce – zdjęcia wykonane w mikroskopie świetlnym i przeskalowanych (zdj. J. Żelazna-Wieczorek).

tlenia – 100 W (ryc. 4). Coraz częściej standardowym narzędziem pracy przy identyfikacji tej grupy organizmów jest mikroskopia elektronowa, szczególnie skaningowy mikroskop elektronowy (SEM), który pozwala obserwować okrzemki nawet przy powiększeniu kilkudziesięciu tysięcy razy oraz uwidacznia topografię powierzchni skorupki okrzemek (ryc. 5).

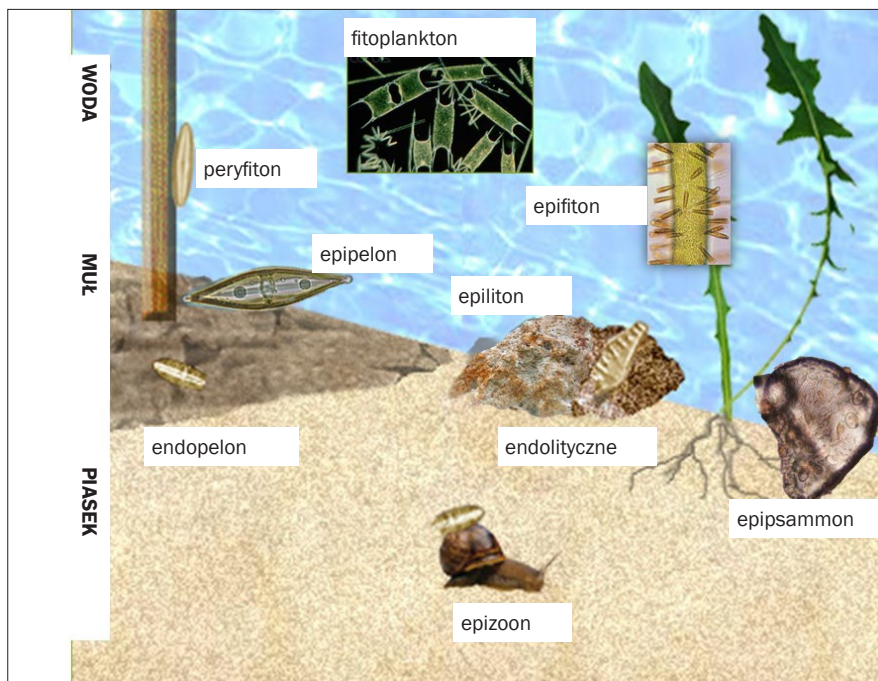
Do identyfikacji okrzemek wykorzystuje się przede wszystkim klucze ikonograficzne, które zawierają zdjęcia poszczególnych gatunków okrzemek prezentowanych w powiększeniu 1500x. Umowna wielkość powiększenia stosowana powszechnie w książkach diatologicznych umożliwia bardzo łatwe porównywanie zdjęć okrzemek pochodzących z różnych opracowań. Zachowanie proporcji, tj. małe okrzemki w mikroskopie pozostają małymi na planszy, a duże – dużymi, pozwala na szybkie kojarzenie rozmiaru z konkretnymi gatunkami, a wymiary okrzemek, ich długość i szerokość są podstawową cechą identyfikacyjną.



Ryc. 5. Struktura ściany komórkowej okrzemek uwidoczni-
ona w elektronowym mikroskopie skaningowym – SEM
(zdj. J. Żelazna-Wieczorek).

Wymagania i przystosowania okrzemek do warunków środowiska

Okrzemki, jako grupę organizmów, zaliczamy do gatunków szeroko rozprzestrzenionych, które dzięki swojej dużej wrażliwości względem parametrów fizycznych i chemicznych wody posiadają stenotopowy lub eurytopowy zakres tolerancji w odniesieniu do różnych warunków środowiska. Gatunki eurytopowe mają szerokie spektrum ekologiczne w stosunku do jednego lub wielu czynników i są niewrażliwe lub w małym stopniu wrażliwe na stres środowiskowy wywołany przez różne czynniki. Gatunki okrzemek eurytopowe mogą żyć na przykład: zarówno w wodach ciepłych, jak i zimnych; w odczynie kwaśnym, jak i zasadowym itd. Gatunki stenotopowe żyją natomiast w wąskim zakresie warunków środowiskowych i dobrze się w nich rozwijają, mogą być na przykład: stenotermiczne zimnowodne, stenotermiczne ciepłowodne. Ponadto okrzemki posiadają zdolność szybkich podziałów komórkowych (do 6 razy w ciągu doby), co daje im możliwość szybkiej reakcji na zmianę warunków środowiskowych (Kawecka, Eloranta 1994, Rakowska 2003).



Ryc. 6. Zróżnicowanie zgrupowań okrzemek w zależności od dostępnych mikrosiedlisk w środowisku wodnym (oprac. J. Żelazna-Wieczorek).

Specyficzność, powiązanie gatunków okrzemek z określonymi warunkami środowiska, przejawia się odmiennymi zgrupowaniami tych organizmów w różnych typach ekosystemów wodnych i z dostępem do wody, a nawet w różnych ich mikrosiedliskach. Głównymi warunkami środowiska kształtującymi zgrupowania okrzemek w mikrosiedliskach są: rodzaj podłoża, ruch wody, poziom wody, dostęp do światła i temperatura.

Okrzemki ze względu na możliwości adaptacyjne do warunków środowiska występują prawie we wszystkich ekosystemach wodnych na Ziemi. Niektóre okrzemki żyją jako swobodnie unoszone komórki w toni wodnej w planktonie stawów, jezior i oceanów. Gatunki planktonowe wykazują adaptacje morfologiczne, które pozwalają im na pozostanie w zawieszeniu w wodzie. Przystosowania okrzemek do współtworzenia z innymi glonami formacji fitoplanktonu to: tworzenie małych komórek o słabo wysyconych krzemionką ścianach, magazynowanie lekkich tłuszczów, zwiększenie powierzchni przez tworzenie kolonii (*Melosira*, *Fragilaria*, *Asterionella*), tworzenie szczecinek i wyrostków zwiększających powierzchnię pławną (*Stephanodiscus*), wydłużony kształt ciała (*Synechra*), otoczki śluzowate (*Asterionella*, *Tabellaria*) lub zmiany ciężaru właściwego komórek wynikające z metabolizmu komórkowego umożliwiające im migrację w toni wodnej (Round i in. 1990; Pliński, Witkowski 2009). Znaczenie dla utrzymania planktonu

w toni wodnej mają: ruchy wody, falowanie oraz ruchy pionowe wody wywołane jej ogrzewaniem i ochładzaniem.

Inne gatunki okrzemek mogą żyć na dnie zbiorników wodnych, gdzie wraz z innymi glonami tworzą formację ekologiczną – bentos. W bentosie żyją okrzemki o grubszych pancerzykach mogące poruszać się na dnie lub nad dnem (endopelon i epipelon), przyczepiać się do podłoża, na przykład wprowadzonego do wód przez człowieka – m.in. betonowych podstaw mostów (peryfiton), „porastać” rośliny lub części roślin, zanurzone w wodzie – epifiton, za pomocą szczeliny (*Cocconeis*, *Amphora*), kropli śluzu (*Gomphonema*) lub polisacharydowych stylików (*Didymosphenia*). Formacjami związanymi z dnem ekosystemów wodnych są również: epiliton – okrzemki zasiedlające skały i duże kamienie, głównie w górskich odcinkach rzek o szybkim nurcie (*Didymosphenia*), epipsammon – okrzemki o małych wymiarach zasiedlające pojedyncze ziarna piasku (kwarcu), które przyczepiają się śluzem okrywy ze szczeliną (*Planothidium*, *Cocconeis*); epizoon – okrzemki przytwierdzone do zwierząt wodnych, na przykład na muszlach; epiksyton – okrzemki porastające drewno (przewrócone drzewa) zanurzone lub unoszące się w wodzie. Formacjami ekologicznymi o przystosowaniach do życia w ekstremalnych warunkach środowiska, w skład których również wchodzi okrzemki, stanowiąc czasami jedyną grupę organizmów fotosyntetyzujących, są: kriofiton i edafon. Kriofiton tworzą okrzemki sympagiczne, które przystosowane są do życia w lodzie lub pod lodem, w warunkach ekstremalnie niskich temperatur powietrza (Antarktyda) oraz deficytu światła (struktura pokrywy śnieżnej i lodowej). Płynna zawartość komórek okrzemek występujących na śniegu lub w lodzie nie zamarza w niskich temperaturach, ponieważ glony te wytwarzają substancję chroniącą przed zamarzaniem.

Edafon – to zbiór drobnych organizmów żywych (roślinnych i zwierzęcych) żyjących w warstwie powierzchniowej gleby, których obecność wpływa na strukturę i żyzność gleby. W skład edafonu wchodzi bakterie, glony, w tym okrzemki, pierwotniaki, nicienie, pajęczaki i inne. Okrzemki związane z glebą wykazują szeroki zakres tolerancji na zmiany warunków środowiska, które w glebie zmieniają się dynamicznie w cyklu dobowym, a w strefie klimatu umiarkowanego również w cyklu rocznym. Tolerują one szybkie zmiany odczynu gleby (roztworu glebowego) (pH), tolerują podwyższoną koncentrację jonów i małą dostępność biogenów. Są bardzo odporne na dobowe i sezonowe zmiany wilgotności i związane z tym okresowe wysychanie. Wśród okrzemek glebowych dominują przedstawiciele rodzajów *Humidophila*, *Luticola*, *Planothidium*, *Staurosira*, *Pinnularia*, *Navicula* oraz *Hantzschia amphioxys*, gatunek który w glebie może tworzyć „monokulturę”.

Zastosowanie okrzemek w postępowaniu kryminalistycznym

Wykorzystanie okrzemek w postępowaniu kryminalistycznym, w przypadku utonięcia, rozpoczęło się już w końcu XIX wieku. Po raz pierwszy okrzemki zostały wykryte w pły-

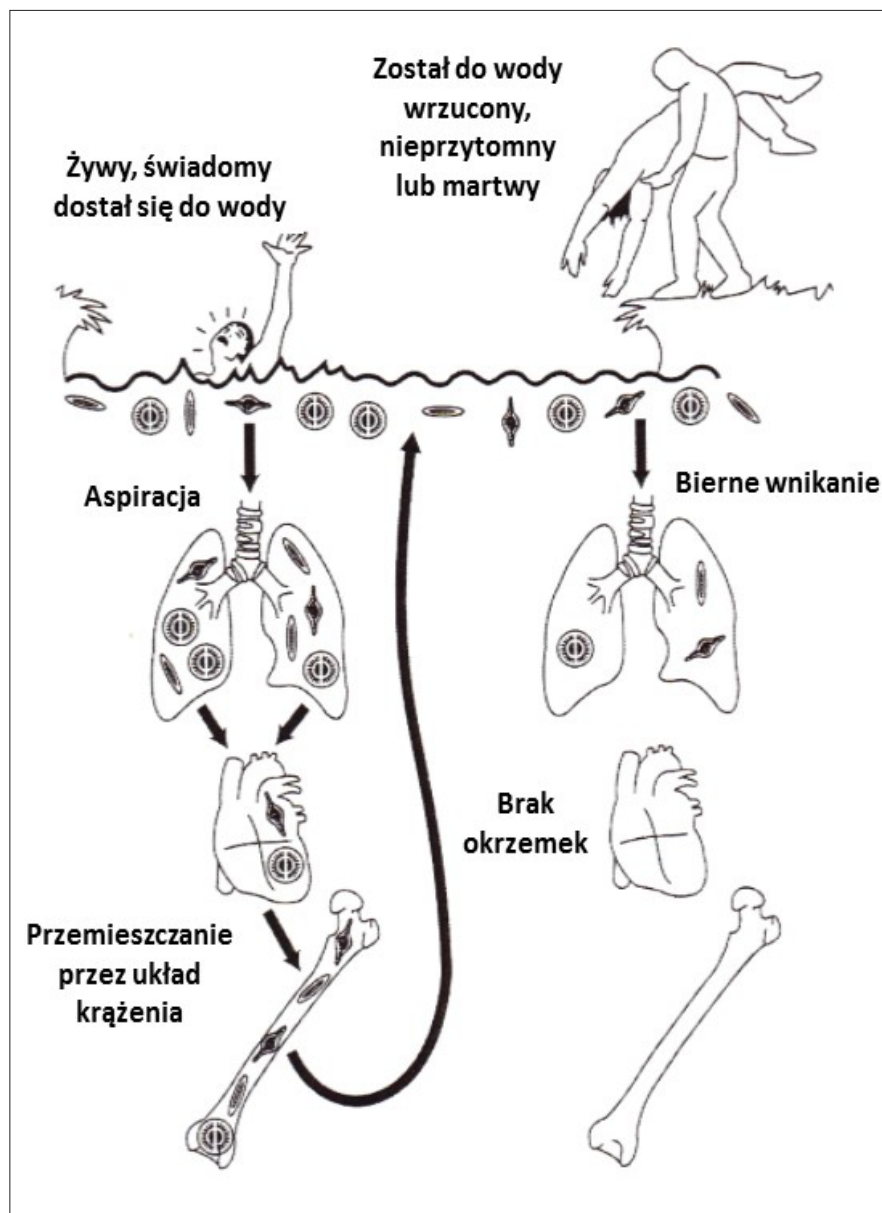
nie topielnym pobranym z płuc przez E. Hofmanna (1837–1897), austriackiego lekarza, który jest pionierem współczesnej patologii kryminalistycznej. Od początku XX wieku wykorzystanie okrzemek współczesnych w wyjaśnianiu przyczyn i okoliczności śmierci w przypadku znalezienia zwłok w środowisku wodnym lub w jego otoczeniu; wykorzystanie śladów okrzemek na zwłokach, odzieży lub innych przedmiotach dla potwierdzenia lub wykluczenia miejsca zdarzenia; ale także zastosowanie ziemi okrzemkowej (diatomitu) w wyjaśnianiu różnych przestępstw jest szeroko opisywane (Timperman 1969; Peabody 1977; Fukui i in. 1980; Auer i Möttönen 1988; Matsumoto i Fukui 1993; Siver i in. 1994; Ludes i in. 1996; Pollanen i in. 1997; Pollanen 1998; Lunetta i in. 1998; Ludes i in. 1999; Gruspier i Pollanen 2000; Krstic i in. 2002; Singh i in. 2006; Horton i in. 2006; Piette i De Letter 2006; Horton 2007; Uitdehaag i in. 2010; Diaz-Palma i in. 2009; Kumar i in. 2011; Fucci 2012; Verma 2013; Scott i in. 2014; Coelho i in. 2016; Levkov i in. 2017; Scott i in. 2017; Bąk i in. 2018).

W Polsce dotychczas opublikowano jedynie dwa przypadki wykorzystania okrzemek dla wyjaśnienia okoliczności śmierci przy podejrzeniu utonięcia jako przyczyny. Sadlik i Brożek-Mucha (2009) opisały zastosowanie okrzemek jako jednej z metod w badaniu materiału biologicznego po ekshumacji zwłok generała Sikorskiego – okrzemek w nim nie stwierdzono. Praca autorstwa Bąk i in. (2018) przedstawia pierwszy współczesny przypadek zastosowania testu okrzemkowego dla wyjaśnienia przyczyny i miejsca śmierci zaginionej kobiety. Jednocześnie przypadek ten pozwolił zaproponować zalecenia metodyczne dotyczące postępowania z materiałem biologicznym – płucami, kiedy ciało pozostaje długo w wodzie po śmierci.

■ Test okrzemkowy – możliwości zastosowania i ograniczenia

Test okrzemkowy może dostarczyć przydatnych informacji w przypadku podejrzenia utonięcia jako przyczyny śmierci. Najczęściej stawiane pytania w przypadku odnalezienia ciała w wodzie dotyczą sposobu i czasu dostania się poszkodowanego do wody: Czy był świadomy w momencie tonięcia? Czy był nieprzytomny? Czy był to nagły zgon? Czy był już martwy, kiedy dostał się do wody?

Test okrzemkowy powinien być stosowany jako pomoc w wyjaśnieniu sprawy, a nie jako prawny dowód utonięcia. Analiza okrzemkowa dostarcza dowodów potwierdzających lub wykluczających okoliczności, miejsce, ale nie dostarcza bezpośredniego dowodu w przypadku podejrzenia, że przyczyną śmierci było utonięcie (Levkov i in. 2017). Test okrzemkowy (próba okrzemkowa) polega na zbadaniu zawartości narządów topielca pod kątem obecności okrzemek (ryc. 7). Do badania pobiera się płuca, jeżeli to możliwe to wraz z „płynem topielnym” oraz nienaruszone narządy dużego krążenia: nerki, wątrobę, mózgowie, szpik kości długich (najczęściej pozyskiwany z żeber), a także żołądek wraz z zawartością. Okrzemki do układu krążenia dostają się w trzeciej fazie tonięcia (według Ponsolda), kiedy po fazie drugiej – świadomego oporu, wstrzymania oddechu, następuje wznowienie oddechu, wydadne ruchy oddechowe, podczas których wraz

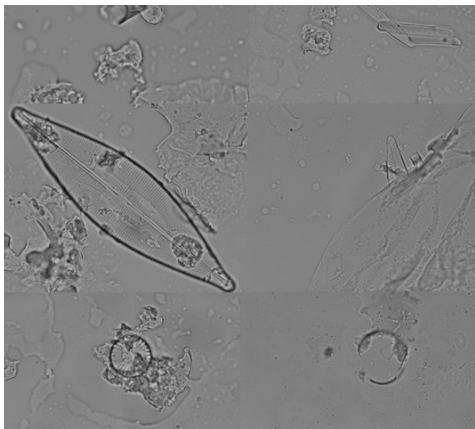


Ryc. 7. Schemat przenikania okrzemek do organów wewnętrznych w przypadku dostania się do wody osoby świadomej oraz w przypadku wrzucenia do wody zwłok lub osoby nieprzytomnej (zmieniono za Sasidharan i Resmi 2014).

prof. UŁ dr hab. Joanna Żelazna-Wieczorek

z wodą do płuc dostają się okrzemki i przenikają do układu krążenia.

Badanie zawartości żołądka pod kątem obecności w nim okrzemek oraz wykonanie analizy porównawczej na podstawie prób zabezpieczonych ze środowiska, w którym poszkodowany został znaleziony, ma uzasadnienie w przypadku odnalezienia ciała w wodzie, gdy przeprowadzona sekcja zwłok nie daje jednoznacznej odpowiedzi na pytania: Czy przyczyną śmierci było utonięcie? i Czy miejsce odnalezienia zwłok jest miejscem zdarzenia? Potwierdzenie obecności w żołądku licznych okrzemek (ryc. 8), przy wysokim podobieństwie jakościowego i ilościowego zróżnicowania okrzemek w żołądku do prób pochodzących ze środowiska, wskazuje na prawdopodobieństwo, że śmierć nastąpiła w miejscu odnalezienia ciała, jednak nie daje odpowiedzi, co było przyczyną śmierci.



Ryc. 8. Okrzemki w próbce biologicznej pochodzącej z treści żołądka (zdj. J. Żelazna-Wieczorek).

■ Analiza porównawcza – potwierdzenie lub wykluczenie miejsca jako miejsca zdarzenia

Okrzemki mogą być wykorzystywane do potwierdzenia lub wykluczenia obecności osoby w miejscu zdarzenia, ale również wskazania miejsca, z którego pochodzi zabezpieczona próba – ślad zawierający okrzemki. Ślad taki może mieć postać zabrudzenia, ubłocenia (części odzieży, obuwia, opon samochodowych i innych) lub może być niewidoczny, gdy jest wynikiem „jedynie” zamoczenia odzieży. Okrzemki pozostają w tkaninach, pomiędzy ich włóknami, nawet po ich wypłukaniu lub wypraniu (ryc. 9) (Scott i in. 2014). Możliwość zastosowania w kryminalistyce porównawczej analizy okrzemkowej jest testowana przez prowadzenie doświadczeń z wykorzystaniem różnych materiałów i przedmiotów powszechnego użytku (Bogusz i in. 2018).



Ryc. 9. Obraz z elektronowego mikroskopu skaningowego – SEM (450-krotne powiększenie) ukazujący okrzemki zatrzymane w splocie tkaniny po wypłukaniu etanolem (Scott i in. 2014).

Podstawą przeprowadzenia porównawczej analizy okrzemkowej jest, oprócz zabezpieczonych śladów, pobranie i zabezpieczenie prób środowiskowych (z wody, gleby) potencjalnie zawierających okrzemki z miejsca zdarzenia lub z miejsc wskazanych na podstawie innych przesłanek jako możliwe miejsce zdarzenia.

Porównawcza analiza okrzemkowa może dać odpowiedź na następujące pytania:

- Czy na przedstawionym do badań materiale dowodowym znajduje się materiał biologiczny i jakiego on jest rodzaju?
- W jakich warunkach i w jakim czasie poprzedzającym odnalezienie zwłok mogło dojść do jego naniesienia na materiał dowodowy?
- Czy zidentyfikowane organizmy – okrzemki, ich rodzaj, biologia, korespondują na przykład z: miejscem odnalezienia zwłok, miejscem przebywania sprawcy, drogą przemieszczania się ofiary lub sprawcy?

Istotnym aspektem stosowania porównawczej analizy okrzemkowej w kryminalistyce jest konieczność rozpoznania zróżnicowania jakościowego i ilościowego zbiorowisk okrzemek w zależności od: typu ekosystemu i pory roku (w zależności od strefy klimatycznej), typu mikrosiedliska, ze szczególnym uwzględnieniem typu podłoża (podłoża naturalnych i sztucznie wprowadzonych do środowiska). Obserwacje i doświadczenia prowadzone w warunkach *in situ*, w ujęciu lokalnym i regionalnym, pozwalają na bardziej precyzyjne określenie zależności występowania zbiorowisk okrzemek a warunkami środowiska charakterystycznymi dla danego obszaru. Jednocześnie określenie wpływu rodzaju podłoża (sztucznego) na skład gatunkowy zasiedlających je zbiorowisk okrzemek pozwala wskazać materiały, które są reprezentatywne dla naturalnych zbiorowisk okrzemek.

Porównawcza analiza okrzemkowa może więc być stosowana dla potwierdzenia lub wykluczenia miejsca zdarzenia na podstawie zabezpieczonych śladów „błota okrzemkowego” na różnych powierzchniach i materiałach.

■ Ziemia okrzemkowa w analizie porównawczej

Osady geologiczne dawnych wielkich jezior, oceaniczne (morskie), składające się niemal wyłącznie z okrzemek, określane są jako muły okrzemkowe. Po stwardnieniu muły okrzemkowe stają się diatomitami (ziemią okrzemkową). W zależności od miejsca, czasu pochodzenia różnią się: barwą, strukturą i składem gatunkowym okrzemek. Diatomity są wydobywane dla celów przemysłowych i mają bardzo szerokie zastosowanie gospodarcze. Jedną z najważniejszych cech diatomitów jest wielka porowatość, która pozwala na ich szerokie zastosowanie jako materiału filtracyjnego, ale i nośnika substancji (nanotechnologia) i stabilizatora (dynamit). Diatomit stosuje się w domieszkach mineralnych, zaprawach, betonach natryskowych, betonach o dużej wytrzymałości oraz w produkcji uszczelniaczy i klejów. Ziemia okrzemkowa nadaje materiałom budowlanym ognioodporność, jest materiałem termoizolacyjnym oraz wykorzystywana jest do polerowania różnych powierzchni, na przykład wyrobów jubilerskich, przedmiotów wykonanych

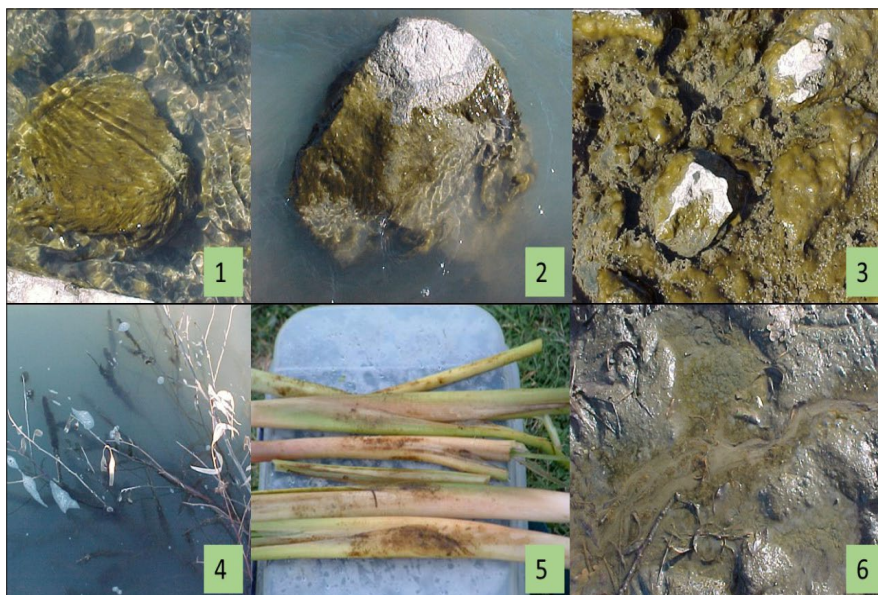
ze srebra. Ziemia okrzemkowa jest stosowana jako wypełniacz i środek wygładzający przy produkcji farb i lakierów samochodowych.

Ziemia okrzemkowa może stanowić również materiał wykorzystywany w analizie porównawczej, dla wskazania lub wykluczenia obecności na miejscu zdarzenia, przy wyjaśnianiu zdarzeń związanych z kradzieżą z włamaniem, posiadania przedmiotów pochodzących z kradzieży itp.

Procedura pobierania prób i preparatyka materiału zawierającego okrzemki

■ Jak rozpoznać okrzemki w środowisku?

Pojedyncze komórki okrzemek, ze względu na ich stosunkowo niewielkie rozmiary (większość okrzemek w wodach śródlądowych nie przekracza 200 μm długości), są „niewidoczne”. Ponieważ jednokomórkowe okrzemki w środowisku, w dogodnych dla ich rozwoju warunkach, występują licznie, a także mogą tworzyć wielokomórkowe kolonie, możemy je obserwować w postaci nalotu na różnych podłożach znajdujących się w wodzie (ryc. 10) lub w warunkach wysokiej wilgotności powietrza i skraplającej się pary wodnej, na przykład na skałach, drzewach, płotach, budynkach itp.



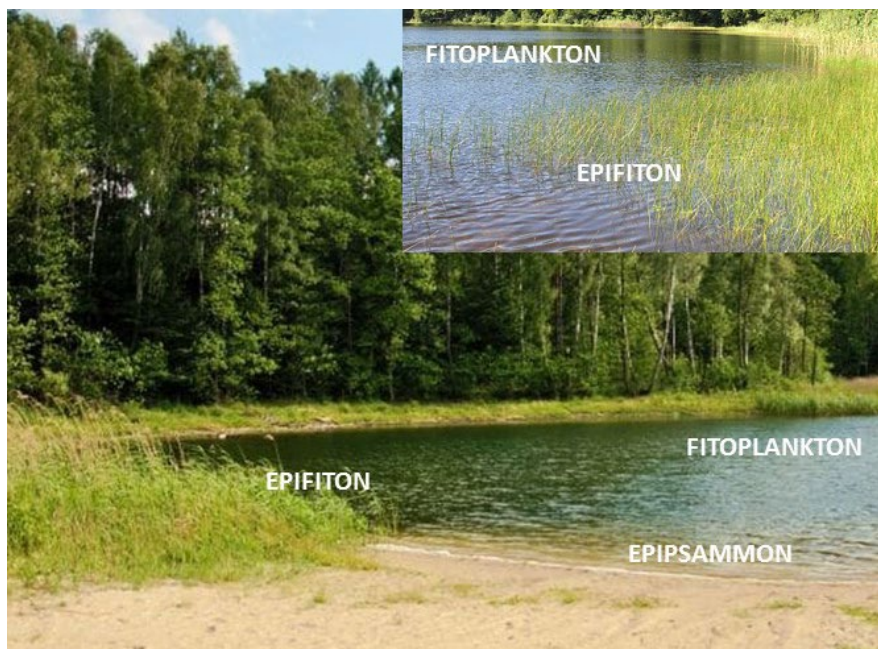
Ryc. 10. 1 i 2. Okrzemki cienką warstwą przyczepione do kamieni. 3. Okrzemki pokrywające warstwą zarówno podłoże w postaci miękkiego osadu, jak i kamienie. 4. Okrzemki rosnące gęsto wokół zatopionych gałęzi. 5. Okrzemki osiadłe na łodygach *Phragmites australis*. 6. Okrzemki zasiedlające podłoże piaszczyste lub muliste (za Taylor i in. 2007).



Ryc. 11. Formacje ekologiczne występujące w wodach płynących (zdj. J. Żelazna-Wieczorek).

Wody płynące – charakteryzuje turbulentny ruch wody, tzw. prąd, który kształtuje wszystkim organizmom warunki życia oraz wpływa na ich rozwój. Warunki do życia w rzekach są zależne od wielu czynników stale zmieniających się wzdłuż ich biegu – teoria *river continuum*. Skutkiem tego jest występowanie odmiennych populacji i gatunków na całym odcinku rzeki (Allan 1998). W zbiorowiskach okrzemek potamoplanktonu (planktonu rzecznego) można wskazać typowe formy planktonowe. Gatunki występujące w toni wodnej muszą być odporne na uszkodzenia mechaniczne wynikające ze zmieniającego się prądu wody. Większość z nich posiada gruby pancerzyk lub tworzy kolonie. Różnorodność gatunkowa okrzemek bentosowych wód płynących jest podobna do bentosu występującego w litoralu jezior ze względu na ruch wody oraz okresowe zmiany głębokości. Niektóre gatunki występujące w wodach o szybkim nurcie wykształciły mechanizm przystosowawczy do życia w prądzie wody w postaci polisacharydowych stylików, wytwarzanych przez pancerzyk i umożliwiających im swobodne przyczepienie się do dna. Cecha ta jest bardzo ważna dla zbiorowisk występujących w górnym biegu rzeki, gdzie podatność na „zmycie” i „ścieranie” jest bardzo powszechna.

Wody stojące – warunki kształtujące zbiorowiska okrzemek w jeziorach, stawach zmieniają się w zależności od typu zlewni, głębokości i kształtu, falowania oraz prądów. W płytkich zbiornikach o przejrzystej wodzie światło dociera do samego dna, a rozwój glonów odbywa się w całym słupie wody, z kolei w głębokich jeziorach tworzy się stratyfikacja



Ryc. 12. Formacje ekologiczne występujące w wodach stojących (zdj. J. Żelazna-Wieczorek).

termiczna. W dużych zbiornikach strefa limnetyczna (otwartej toni wodnej) jest większa od litoralnej (z dostępem światła do dna), natomiast w płytkich zbiornikach przeważa litoral. Przystosowaniem pozwalającym okrzemkom na utrzymanie się w toni wodnej jest możliwość tworzenia kolonii. Jeżeli komórki mają zdolność łączenia się w kolonie o odpowiedniej długości i kształcie, mogą w ten sposób ograniczyć proces opadania, a dodatkowo zmniejszyć presję wyjadania przez zooplankton (Allan 1998). W oświetlonej strefie zbiornika okrzemki bentosowe tworzą bardzo charakterystyczne zbiorowiska, rozwijające się na osadach dennych lub osiadłe na różnych powierzchniach. W strefie poniżej poziomu kompensacji świetlnej martwe okrzemki opadają na dno lub żyją w formach przetrwalnikowych. Bogactwo gatunkowe bentosu jest o wiele większe niż planktonu. Okrzemki występujące w litoralu zbiorników wód stojących różnicują się w zależności od typu substratu. Wyróżniamy zbiorowiska okrzemek epipelicznych, epilitycznych, epipsamicznych, epiksylicznych oraz epifitycznych (ryc. 12).

Gleba – jako środowisko życia między innymi okrzemek, wyróżnia się bardzo wysoką niestabilnością warunków środowiskowych. Decydującą rolę w rozmieszczeniu okrzemek odgrywa natężenie światła, ponieważ są to organizmy autotroficzne. Najlepszy rozwój obserwuje się na powierzchni, im głębiej, tym różnorodność gatunkowa staje się uboższa. Maksymalna głębokość, na której spotkano okrzemki, to około 2 metry. Występowanie okrzemek w głębszych partiach gleby jest możliwe przy uprawie ziemi, dzia-

łałości zwierząt (w szczególności bezkręgowców), przenikania wody oraz wyżej wspomnianej zdolności okrzemek do poruszania. Zróżnicowanie warunków wilgotnościowych i sąsiedztwo ekosystemów wodnych wpływa na zmianę składu gatunkowego zgrupowań okrzemek występujących w glebie oraz na liczebność poszczególnych gatunków.

■ Kiedy zbieramy próby do testu okrzemkowego i porównawczej analizy okrzemkowej?

Próby środowiskowe potencjalnie zawierające okrzemki powinny zostać zebrane jednocześnie z zabezpieczaniem śladów w miejscu zdarzenia. Jednak w określonych okolicznościach, szczególnie w przypadkach stosowania testu okrzemkowego dla potwierdzenia lub wykluczenia utonięcia jako przyczyny śmierci oraz potwierdzenia miejsca tego zdarzenia, a także na podstawie innych przesłanek pojawiających się w postępowaniu kryminalistycznym, można pobrać próby środowiskowe po upływie różnego czasu. Zasadność pobrania prób środowiskowych po upływie czasu jest jednak obwarowana następującymi warunkami: typ ekosystemu wodnego (wody płynące – większa zmienność przestrzenna i sezonowa, natomiast wody stojące charakteryzują się mniejszą zmiennością warunków środowiska); brak zmian fizjograficznych (ukształtowania i zagospodarowania ekosystemu wodnego oraz jego otoczenia) i hydrologicznych w miejscu, z którego należy zabezpieczyć próby okrzemkowe, na przestrzeni czasu, który minął od zdarzenia. W miarę możliwości pobór prób powinien zostać przeprowadzony w podobnych warunkach meteorologicznych do tych, jakie panowały przed zdarzeniem i podczas jego trwania (również z uwzględnieniem okresu przed pobraniem próby, około tygodnia).

■ Kto pobiera próby materiału biologicznego potencjalnie zawierającego okrzemki?

Próby biologiczne, dla potwierdzenia lub wykluczenia utonięcia jako przyczyny śmierci oraz dla potwierdzenia miejsca zdarzenia, zabezpieczane są podczas sekcji zwłok przez pracowników Zakładów Medycyny Sądowej. Rutynowo pobierane powinny być: żebro, fragment płuca, nerka oraz treść żołądka. Decyzję o zabezpieczeniu odpowiedniego materiału pochodzącego ze zwłok podejmuje prowadzący sekcję lub prokurator.

Próby środowiskowe mogą zostać pobrane przez technika kryminalistycznego lub innego uczestnika oględzin. Procedury dotyczące zabezpieczania prób środowiskowych są obecnie opracowywane. Poniżej opisane są zalecenia pobierania prób z różnych podłoży, które są stosowane w standardowych badaniach ekologicznych okrzemek.

Epijsammon, epipelon – zbieramy przy użyciu szklanej lub plastikowej pipety zakończonej gruszką, z powierzchniowej warstwy dna o miąższości 5–25 mm. Wodę z biofilmem okrzemkowym zbieramy do 100-mililitrowych pojemników na próbę, tzw. moczówek (lub słoików o pojemności 0,9 l) (ryc. 13).



Ryc. 13. Podstawowe wyposażenie do zbierania okrzemkowych prób środowiskowych (zdz. J. Żelazna-Wieczorek).

Fitoplankton – zbieramy z toni wodnej, zagęszczając próbę przez wykorzystanie siatki planktonowej (ryc. 13). Przelewamy określoną objętość wody przez siatkę (na przykład 20 litrów wody ze zbiornika), a następnie zagęszczoną próbę do objętości 100 ml przelewamy do pojemników na próby.

Epiliton, epiksylon – zbieramy odpowiednio z kamieni, drewna – zanurzonych trwale w wodzie poprzez zeszkobanie z powierzchni śliskiego biofilmu nożykiem, szpatułką lub szczoteczką. Zebrane kamienie, drewno przenosimy do kuwety, w której znajduje się czysta woda destylowana (70–90 ml) i myjemy je przy użyciu szczoteczki, a zebraną warstwę zlewamy do pojemnika na próbę (ryc. 13).

Epifiton – zbieramy z zanurzonych części makrofitytów (roślin wodnych, glonów makroskopowych). Wycinamy odpowiednie fragmenty roślin, przenosimy je do plastikowej kuwety i płuczemy, myjemy wodą destylowaną, następnie zlewamy wypłukany materiał do pojemnika na próbę. Można także widoczny nalot okrzemkowy z części makrofitytów zeszkobać nożykiem.

Edafon – okrzemki glebowe, próbę pobieramy z gleby, z powierzchni 100 cm², do głębokości około 5 cm (w zależności od typu podłoża). Zebraną warstwę gleby zalewamy wodą destylowaną, a następnie wstrząsamy i przelewamy przez sitko. Przesącz zbieramy do pojemnika na próbę.

Uwagi: jedna próba powinna pochodzić z tego samego rodzaju substratu/mikrosiedliska; wykorzystywane do poboru próby pipety, nożyki, szczoteczki, kuwety należy umyć każdorazowo po poborze próby lub używać wyposażenia jednorazowego.

■ Jak przechowujemy próby środowiskowe, a jak próby materiału biologicznego?

Zebrałe próby należy dokładnie opisać z uwzględnieniem daty, miejsca poboru oraz charakteru siedliska/podłoża. W badaniach monitoringowych próby są wstępnie przeglądane „na żywo”, przed utrwaleniem, w celu sprawdzenia czy próba została dobrze zebrana, wykonywana jest ocena obfitości okrzemek, oszacowanie ilości żywych do martwych pancerzyków okrzemek.

Następnie konieczne jest utrwalenie materiału z prób środowiskowych. Do tego celu można zastosować różne metody, z których żadna nie prowadzi do utraty cech istotnych z punktu widzenia możliwości identyfikacji okrzemek. Można zastosować: stężoną formalinę w stosunku 1:10; mieszanie formaliny z alkoholem (2 części formaliny i 3 części 90% alkoholu etylowego); płyn Lugola; zamrożenie lub wysuszenie.

■ Jak oczyszczamy materiał biologiczny i środowiskowy w celu uzyskania czystych pancerzyków okrzemek?

Próby środowiskowe można poddać dowolnej preparatyce z wymienionych poniżej w celu uzyskania oczyszczonych z materii organicznej pancerzyków okrzemek. Natomiast próbki pobrane z odzieży poddaje się wstępnej preparatyce w zależności od materiału, z którego są wykonane (włókna sztuczne lub naturalne), albo przez wypłukanie z materiału lub z fragmentem odzieży. Następnie można zastosować każdą z wymienionych poniżej metod. Natomiast do przygotowania preparatów z prób biologicznych pochodzących ze zwłok konieczne jest zastosowanie metod adekwatnych do rodzaju tkanki.

Metodami najczęściej stosowanymi do oczyszczania okrzemek w celu uwidocznienia cech morfologicznych będących podstawą ich identyfikacji taksonomicznej są:

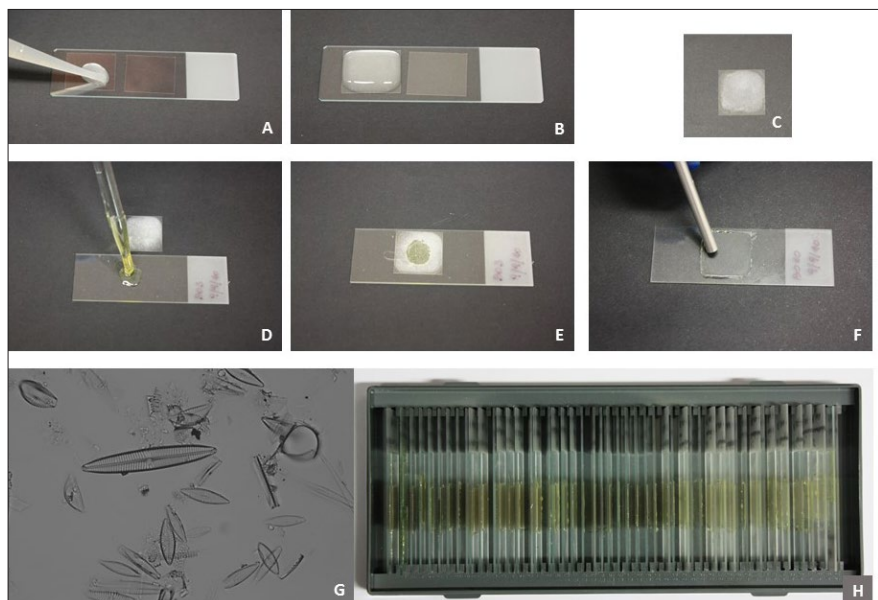
- oczyszczanie okrzemek metodą chemiczną na zimno – stężony kwas siarkowy (H_2SO_4) 70–80%, 20–25% nasycony wodny roztwór dwuchromianu potasu, alkohol, woda destylowana, Naphrax® – temperatura pokojowa;
- oczyszczanie okrzemek metodą chemiczną na gorąco – 30–36% roztwór nadtlenu wodoru (H_2O_2), rozcieńczony roztwór (np. 1 mol/l) kwasu chlorowodorowego (HCl), Naphrax®, w łaźni piaskowej lub wodnej w temperaturze około 90 °C, pod wyciągiem aż do całkowitego utlenienia materii organicznej;
- prażenie okrzemek – wypalanie w piecu materii organicznej;
- metoda enzymatyczna z Proteinazą-K.

■ Jak przechowujemy próby zawierające okrzemki – preparaty okrzemkowe?

Okrzemkowy preparat trwały stanowi próbę, która jest analizowana pod względem zróżnicowania gatunkowego okrzemek, a także stanowi podstawę do szacowania ilościowego okrzemek, oceny udziału procentowego poszczególnych zidentyfikowanych

prof. UŁ dr hab. Joanna Żelazna-Wieczorek

gatunków w próbie. Przygotowanie preparatu stałego to odpowiednie naniesienie oczyszczonego osadu zawieszonego w wodzie destylowanej, zawierającego puste pancerzyki okrzemek, na szkiełka nakrywkowe, następnie ich wysuszenie, kolejnym etapem jest zatopienie/utwalenie okrzemek w syntetycznej żywicy na szkiełkach podstawowych (ryc. 14). Tak przygotowany preparat może być przechowywany jako materiał dowodowy przez wiele lat (praktycznie przez nieograniczony czas, jeżeli nie zostanie uszkodzony mechanicznie).



Ryc. 14. A–F – etapy przygotowania stałego preparatu okrzemkowego zatopionego w syntetycznej żywicy; G – obraz mikroskopowy poprawnie wykonanego preparatu stałego; H – pudełko do przechowywania preparatów (zdj. J. Żelazna-Wieczorek).

Bibliografia

- Allan D.J., *Ekologia wód płynących*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1998.
- Auer A., Möttönen M., *Diatoms and drowning*, „Zeitschrift für Rechtsmedizin” 1988, 101: 87–98.
- Bąk A., Witkowski A., Dobosz S., Kociolek J.P., Pietras L., *Diatoms and drowning: can diatoms enter the lung after the initial drowning event?*, „Romanian Journal of Legal Medicine” 2018, 26: 29–36.
- Bąk M., Witkowski A., Żelazna-Wieczorek J., Wojtał A.Z., Szczepocka E., Szulc K., Szulc B., *Klucz do oznaczania okrzemek w fitobentosie na potrzeby oceny stanu ekologicznego wód powierzchniowych w Polsce*, „Biblioteka Monitoringu Środowiska”, GIOŚ, Warszawa 2012.
- Bogusz I., Bogusz M., Żelazna-Wieczorek J., *Zastosowanie okrzemek w kryminalistyce*, „Problemy Kryminalistyki” 2018.
- Coelho S., Ramos P., Ribeiro C., Marques J., *Contribution to the determination of the place of death by drowning – A study of diatoms' biodiversity in Douro river estuary*, „Journal of Forensic and Legal Medicine” 2016, 41: 58-64.
- Diaz-Palma P.A., Alucema A., Hayashida G., Maidana N.I., *Development and standardization of a micro-algae test for determining deaths by drowning*, „Forensic Science International” 2009, 184: 37–41.
- Fucci N., *A new procedure for diatom extraction in the diagnosis of drowning*, „Clinical and Experimental Pharmacology” 2012, 2: 110.
- Fukui Y., Hata M., Takahashi S., Matsubara K., *A new method for detecting diatoms in human organs*, „Forensic Science International” 1980, 16: 67–74.
- Gruspier K.L., Pollanen M.S., *Limbs found in water: investigation using anthropological analysis and the diatom test*, „Forensic Science International” 2000, 112: 1–9.
- Horton B.P., *Diatoms and forensic science. Geological and Environmental Applications of the Diatoms*, „Paleontological Society Papers” 2007, 13: 13–22.
- Horton B.P., Boreham S., Hillier C., *The development and application of a diatom-based quantitative reconstruction technique in forensic science*, „Journal of Forensic Sciences” 2006, 51(3): 643–650.
- Kawecka B., Eloranta P.V., *Zarys ekologii glonów wód słodkich i środowisk lądowych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1994.
- Krstic S., Duma A., Janevska B., Levkov Z., Nikolova K., Noveska M., *Diatoms in forensic expertise of drowning – a Macedonian experience*, „Forensic Science International” 2002, 127: 198–203.
- Kumar A., Malik M., Kadian A., *Role of diatom test in forensic science for examination of drowning cases*, „Report and Opinion” 2011, 3(9): 1–5.
- Levkov Z., Williams D.M., Nikolovska D., Tofilovska S., Čakar Z., *The use of diatoms in forensic science: advantages and limitations of the diatom test in case of drowning*, w: Williams M., Hill T., Boomer I. & Wilkinson I.P., „The archaeological and forensic applications of microfossils: A deeper understanding of human history”, London, 2017, 261–277.

- Ludes B, Coste M., North N., Doray S., Tracqui A., Kintz P., *Diatom analysis in victim's tissues as an indicator of the site of drowning*, „International Journal of Legal Medicine” 1999, 112(3): 163–166.
- Ludes B., Coste M., Tracqui A., Mangin P., *Continuous river monitoring of the diatoms in the diagnosis of drowning*, „Journal of Forensic Sciences, JFSCA” 1996, 41(3): 425–428.
- Lunetta P., Penttilä A., Hällfors G., *Scanning and transmission electron microscopical evidence of the capacity of diatoms to penetrate the alveolo-capillary barrier in drowning*, „International Journal of Legal Medicine” 1998, 111: 229–237.
- Matsumoto H., Fukui Y., *A simple method for diatom detection in drowning*, „Forensic Science International” 1993, 60: 91–95.
- Mann D.G., Droop J.M., *Biodiversity, biogeography and conservation of diatoms*, „Hydrobiologia” 1996, 336: 19–32.
- Peabody A.J., *Diatoms in forensic science*, „Journal of the Forensic Science Society” 1977, 17: 81–87.
- Piette M.H.A., De Letter E.A., *Drowning: still a difficult autopsy diagnosis*, „Forensic Science International” 2006, 163: 1–9.
- Pliński M., Witkowski A., *Okrzemki – Bacillariophyta (Diatoms). Flora Zatoki Gdańskiej w wód przybrzeżnych (Bałtyk Południowy)*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2009, 7–41.
- Pollanen M.S., *Diatoms and homicide*, „Forensic Science International” 1998, 91: 29–34.
- Pollanen M.S., Cheung C., Chiasson D.A., *The diagnostic value of the diatom test for drowning. I. Utility: a retrospective analysis of 771 cases of drowning in Ontario, Canada*, „Journal of Forensic Sciences” 1997, 42(2): 281–285.
- Rakowska B., *Okrzemki – organizmy, które odniosły sukces*, „Kosmos. Problemy nauk biologicznych” 2003, 52(2–3): 307–314.
- Round F.E., Mann D.G., Crawford R.M., *The diatoms: biology and morphology of the genera*, „Cambridge University Press Cambridge New York Port Chester Melbourne Sydney” 1990.
- Sadlik J.K., Brożek-Mucha Z., *Badania materiału biologicznego pochodzącego ze zwłok generała Władysława Sikorskiego na obecność trucizn nieorganicznych i okrzemek*, „Archiwum Medycyny Sądowej i Kryminologii” 2009, 59: 41–45.
- Sasidharan A., Resmi S., *Forensic diatomology*, „Health Sciences” 2014, 1(3).
- Scott K.R., Morgan R.M., Jones V.J., Cameron N.G., *The transferability of diatoms to clothing and the methods appropriate for their collection and analysis in forensic geoscience*, „Forensic Science International” 2014, 241: 127–137.
- Scott K.R., Morgan R.M., Jones V.J., Dudley A., Cameron N.G. Bull P.A., *The value of an empirical approach for the assessment of diatoms as environmental trace evidence in forensic limnology*, „Archaeological and Environmental Forensic Science” 2017, 1(1).
- Singh R., Singh R., Thakar M.K., *Extraction methods of diatoms – a review*, „Indian Internet Journal of Forensic Medicine & Toxicology” 2006, 4(2).

- Siver P.A., Lord W.D., McCarthy D.J., *Forensic limnology: the use of freshwater algal community ecology to link suspects to an aquatic crime scene in southern New England*, „Journal of Forensic Sciences, JFSCA” 1994, 39(3): 847–853.
- Taylor J.C., Harding W.R., Archibald C.G.M., *A Methods Manual for the Collection, Preparation and Analysis of Diatom Samples*, Version 1.0, „Water Research Commission Report TT 281/07” 2007.
- Timperman J., *Medico-legal problems in death by drowning*, „Journal of Forensic Medicine” 1969, 16(2): 45–76.
- Uitdehaag S., Dragutinovic A., Kuiper I., *Extraction of diatoms from (cotton) clothing for forensic comparisons*, „Forensic Science International” 2010, 200(1–3): 112–116.
- Verma K., *Role of diatoms in the World of Forensic Science*, „Journal of Forensic Research” 2013, 4(2).
- Witkowski A., Wojtal A.Z., Żelazna-Wieczorek J., Bąk M., *Bacillariophyceae*, w: L. Burchardt (red.), *Klucz do oznaczania gatunków fitoplanktonu jezior i rzek. Przewodnik do ćwiczeń laboratoryjnych i badań terenowych*, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 2010, 35–67.
- Żelazna-Wieczorek J., *Diatom flora in springs of Łódź Hills (Central Poland). Biodiversity, taxonomy, and temporal changes of epipsammic diatom assemblages in springs affected by human impact*, w: A. Witkowski (red.), „Diatom Monographs”, A.R.G. Gantner Verlag K.G, 13, 2011, 1–419.

ZAKRES WYKORZYSTANIA TESTU OKRZEMKOWEGO PRZEZ ZAKŁAD MEDYCyny SĄDOWEJ WUM. ANALIZA Z LAT 2013–2017

MAREK BOGUSZ

Spółeczna Akademia Nauk,
Warszawski Uniwersytet Medyczny

Dlaczego okrzemki znajdują tak szerokie zastosowanie w kryminalistyce, w tym również w diagnostyce utonięć? Wiele jest ku temu powodów. Przede wszystkim te jednokomórkowe glony spotykane są w prawie wszystkich słodko- i słonowodnych ekosystemach, ponadto zasiedlają środowiska wilgotne, takie jak: gleba, wilgotne skały, zbiorowiska mchów. Występują zatem praktycznie wszędzie, gdzie jest choć odrobina wody. Bardzo ważne jest również to, że wśród nich są gatunki kosmopolityczne, mające mało sprecyzowane wymagania co do środowiska, w którym żyją, ale również stenotopowe, zasiedlające biotopy o bardzo ściśle określonych parametrach, dotyczących nasłonecznienia, temperatury, ilości elektrolitów rozpuszczonych w wodzie, kwasowości itp. Z punktu widzenia kryminalistyki te drugie mają kluczowe znaczenie, ponieważ po składzie gatunkowym okrzemek ujawnionych np. na butach podejrzanego można wnioskować, gdzie on w ostatnim czasie przebywał, a po składzie gatunkowym okrzemek ujawnionych w organach wewnętrznych zwłok – o miejscu utonięcia. Kolejną ważną cechą okrzemek jest praktyczna niezniszczalność. Ściana komórkowa otaczająca okrzemkę jest silnie wysycona uwodnioną krzemionką, co czyni ją odporną na działanie większości związków chemicznych, w tym silnych kwasów nieorganicznych, perhydrołu, acetonu, oraz wysokiej temperatury. W wyniku działania tych czynników okrzemka jako organizm żywy oczywiście ginie, ale jej pancerzyk pozostaje teoretycznie nienaruszony nieskończenie długo. Można zatem na podstawie ornamentacji ściany komórkowej, bardzo bogatej i zróżnicowanej, lecz jednolitej dla poszczególnych gatunków, oznaczyć przynależność gatunkową również osobników obumarłych, co nawiasem mówiąc, jest łatwiejsze niż u osobników żywych.

Jak już wspomniano, jednym z obszarów zastosowań okrzemek jest opiniowanie odnośnie do utonięć i to zarówno w kontekście gdzie, jak i czy w ogóle nastąpiło utonięcie. Dlaczego jest to możliwe? Otóż utonięcie jest to zalanie dróg oddechowych cieczą, np. wodą, w której na ogół znajdują się okrzemki. Należy zwrócić uwagę na fakt, że z płuc okrzemki przenoszone są z krwioobiegami do organów wewnętrznych (m.in. do nerek oraz szpiku kostnego), jeśli serce pracuje, gdy tonący znajdzie się w wodzie. Zatem jeśli w narządach wewnętrznych są okrzemki, to utonięcie jako przyczyna zgonu jest wielce prawdopodobne, natomiast ich brak niekoniecznie musi wykluczać utonięcie. Według Marcinkowskiego¹ w 10% przypadków utonięć rozluźnienie mięśni krtani i wlanie się wody do płuc następuje dopiero po śmierci (po ustaniu pracy serca). W takim przypadku okrzemki w krwioobiegu i zarazem w narządach wewnętrznych nie należy się spodziewać.

Medyk sądowy podczas autopsji zwłok opiniuje przede wszystkim o przyczynie zgonu na podstawie stwierdzonego obrazu sekcyjnego. Dla utonięcia charakterystyczna jest konsystencja płuc. W protokołach posekcyjnych spotykane są określenia dotyczące płuc: „trzeszczące”, „przypominające gumową poduszkę”, „stojące”, co świadczy o utonięciu jako przyczynie zgonu. Towarzyszy temu rozedma wodna płuc spowodowana zalaniem ich wodą. Jednakże może być ona słabo wykształcona, gdy tonący zanurzył się po głębokim wdechu, a być praktycznie niewidoczna, gdy doszło do silnych przemian gnilnych. Wtedy zaczynają się problemy z ustaleniem przyczyny zgonu, a z pomocą przychodzą wyniki testu okrzemkowego.

Cel pracy:

Wykazanie na podstawie danych statystycznych i opisu konkretnych przypadków potrzeby rutynowego stosowania testu okrzemkowego do opiniowania przyczyny zgonu osób ujawnionych w środowisku wodnym, zwłaszcza gdy zwłoki objęte są silnymi późnymi przemianami pośmiertnymi.

Materiały i metody:

Jako materiał badawczy do powstania niniejszej publikacji posłużyły protokoły sądowo-lekarskich oględzin zwłok wykonanych w Zakładzie Medycyny Sądowej Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego:

- z lat 2015–17, w których obducent podał w opinii utonięcie jako przyczynę śmierci;
- z lat 2013–17, w których obducent podał w opinii inną niż utonięcie przyczynę śmierci pomimo znalezienia okrzemek w organach wewnętrznych;
- protokoły badania na obecność okrzemek w płucach i nerkach dotyczące ww. przypadków.

W latach 2015–2017 w Zakładzie Medycyny Sądowej Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego (jest to jedyny ośrodek w Polsce przeprowadzający rutynowo test okrzemkowy²) wykonano 134 oznaczenia okrzemek w materiale sekcyjnym w postaci próbek nerki i płuca, z czego 96 oznaczeń z materiału pobranego podczas sekcji wykonanych na miejscu – z różnych przyczyn uzyskano dostęp do 89 protokołów sekcyjnych.

¹ T. Marcinkowski, *Medycyna sądowa dla prawników*, Poznań 2000, s. 240–241.

² G. Teresiński, *Polska medycyna sądowa A.D. 2016 – raport konsultanta krajowego*, w: „Archiwum Medycyny Sądowej i Kryminologii” 2016, nr 66.

Marek Bogusz

W latach 2013–2017 w ZMS WUM wykonano 277 oznaczeń okrzemek w materiale sekcyjnym w postaci próbek nerki i płuca oraz 1 oznaczenie w materiale sekcyjnym w postaci próbek śledziony, nerki i szpiku kostnego, z czego 210 oznaczeń z materiału pobranego podczas sekcji wykonanych na miejscu (pozostałe zlecone były przez inne podmioty). Z różnych przyczyn uzyskano dostęp do 195 protokołów sekcyjnych. Okrzemki ujawniono w 167 przypadkach.

Wyniki:

W opiniach z sekcji sądowo-lekarskich zwłok w latach 2015–17 stwierdzono utonięcie w 78 przypadkach, z czego w 47 przypadkach (ok. 60%) stan zwłok pozwalał na jednoznaczłą diagnozę utonięcia i w tych przypadkach wyniki testu okrzemkowego miały znaczenie jedynie pomocnicze. Opis stanu płuc podany przez obducenta do protokołu brzmiał np.: *Płuca szczelnie wypełniają obie jamy opłucnowe pokrywając od przodu trójkąt sercowy (...) przypominające przy ucisku gumową poduszkę, trzeszczące (...), Płuca bardzo szczelnie wypełniają jamy opłucnowe, ich części przednie zbliżone do siebie, całkowicie zasłaniają przednią powierzchnię serca, po wyjęciu na stolik sekcyjny „stoją” (...).*

Natomiast w 23 przypadkach (ok. 29%) zmiany gnilne zmieniły wizerunek płuc (nie udało się rozpoznać rozedmy i innych oznak utonięcia), lecz utonięcie zostało w opinii stwierdzone, np.: *Płuca (...) obkurczone, małe, przy obmacywaniu nietrzeszczące, elastyczne, Miąższ płuc we wszystkich partiach szaro brudnozielonkawo-różowawy, na przekrojach suchawy, spadnięty, „szmaciasty”.*

W opiniach z sekcji sądowo-lekarskich zwłok w latach 2013–17 stwierdzono łącznie 3 przypadki (1,8%) innej niż utonięcie przyczyny zgonu pomimo znalezienia okrzemek w próbkach pobranych podczas sekcji zwłok z płuca i nerki:

- mężczyzna w średnim wieku znaleziony w końcu maja 2013 r. w rzece Bzura w stanie zaawansowanego rozkładu gnilnego,
- mężczyzna w średnim wieku znaleziony pod koniec marca 2014 r. w rzece Płonka w stanie zaawansowanego rozkładu gnilnego,
- mężczyzna w średnim wieku, który stracił przytomność podczas pływania w stawie w pierwszych dniach lipca 2015 r. – zmarł w szpitalu.

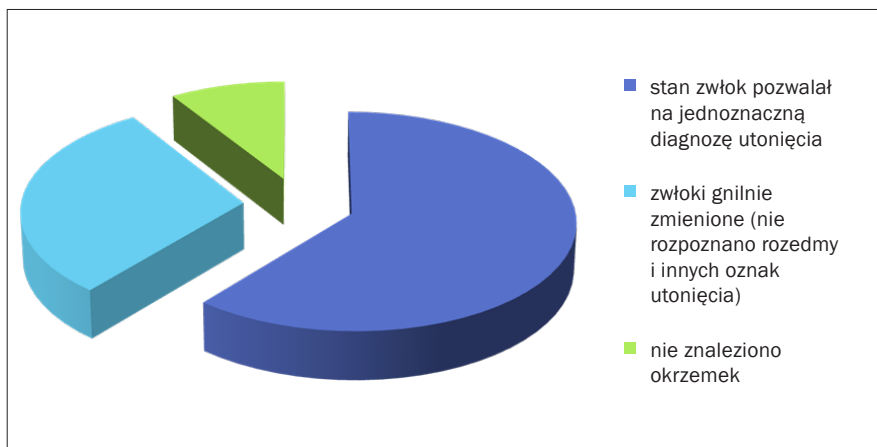
W dwóch pierwszych przypadkach okrzemki dostały się prawdopodobnie do płuc biernie w wyniku ich rozpulchnienia przez procesy gnilne. W trzecim przypadku – śmierć w szpitalu – doszło jedynie do podtopienia, a zgon nastąpił w wyniku niedających się wyleczyć powikłań.

W tym okresie w 1 przypadku (0,6%) nie ustalono przyczyny zgonu pomimo znalezienia okrzemek w próbkach pobranych podczas sekcji zwłok z nerki, szpiku kostnego i śledziony. Przypadek ten jest wyjątkowo specyficzny. Dotyczy on mężczyzny w średnim wieku znalezionej na plaży w Libanie na początku maja 2013 r. Pierwsza sekcja zwłok denata została przeprowadzona poza Polską i jej przebieg z punktu widzenia polskich procedur pozostawiał wiele do życzenia: zwłoki zostały przywiezione

do kraju bez części narządów wewnętrznych i w stanie daleko posuniętego rozkładu. Należy jednak zaznaczyć, iż do roku 2019 w warszawskim ZMS okrzemki oznaczane były jedynie ilościowo, z zastosowaniem kwantyfikatorów „pojedyncze”, „liczne”, „nie znaleziono okrzemek”³, bez określania gatunków oraz prowadzenia badań środowiskowych. Nie ustalono więc, czy okrzemki znalezione w próbkach pobranych podczas sekcji zwłok z nerki, szpiku kostnego i śledziony są gatunkami morskimi, charakterystycznymi dla wód w miejscu znalezienia zwłok.

Omówienie i wnioski:

Należy podkreślić, że w prawie jednej trzeciej przeanalizowanych przypadków sekcji sądowo-lekarskiej zwłok znalezionych w środowisku wodnym główną przesłanką w opiniowaniu była obecność okrzemek zarówno w nerkach, jak i w płucach (rys. 1).



Rys. 1. Sekcje sądowo-lekarskie zwłok, gdzie jako przyczynę zgonu stwierdzono utonięcie, wykonane w latach 2015–17 w Zakładzie Medycyny Sądowej WUM (oprac. własne).

Mimo nieznaalezienia okrzemek w próbkach nerki i płuca pobranych w czasie sekcji zwłok wydano opinię, iż zgon nastąpił w wyniku utonięcia w 7 przypadkach (co stanowi 9% – vide 10% wg Marcinkowskiego), np.:

- starszy mężczyzna wyłowiony na początku grudnia 2015 r. w oczku wodnym w Warszawie; zwłoki nie były objęte późnymi przemianami pośmiertnymi; obducent w protokole posekcyjnym napisał: *Płuca (...) przy obmacywaniu wyraźnie trzeszczące i elastyczne, puszyste;*
- młody mężczyzna, który utopił się w połowie sierpnia 2015 r. w akwenie po żwirowni w gm. Żafuski; zapis w protokole: *Płuca (...) szczelnie wypełniają jamy opłucnej,*

³ M. Bogusz, I. Bogusz, J. Żelazna-Wieczorek, A. Siwińska, M. Kwiatkowska (2018), *Czy występowanie okrzemek w organach wewnętrznych zawsze świadczy o utonięciu?* w: „Problemy Kryminalistyki” 2018, nr 4.

Marek Bogusz

przy obmacywaniu wyraźnie trzeszczące i elastyczne, konsystencji przypominającej „gumową poduszkę”,

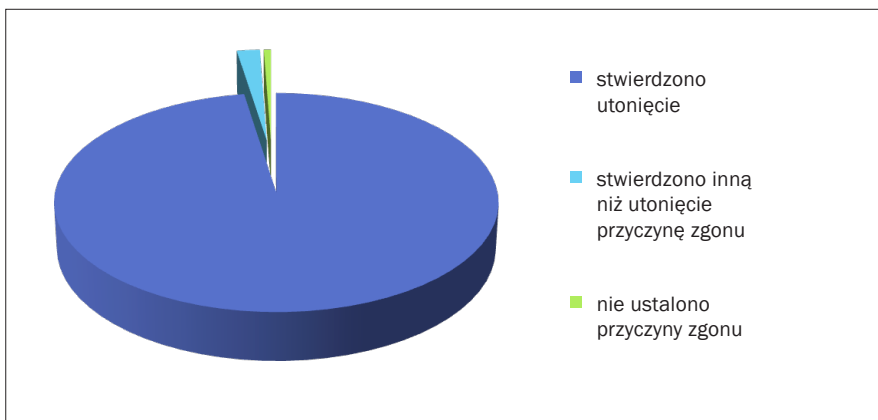
- wyłowiony w połowie września 2016 r. w Kanale Żerańskim w Warszawie mężczyzna w średnim wieku; zapis w protokole: *Na powierzchniach przednich obu płuc widoczne są delikatne pasmowate zagłębienia, przebiegiem i wielkością odpowiadające przebiegowi i wielkości żeber; na uwagę zasługuje opis treści żołądkowej: Żołądek zawiera około 30 ml szarawej, płynnej treści oraz pojedyncze, drobne, zielone fragmenty roślin; przykład ten jest najlepszym dowodem tezy, iż badanie w kierunku oznaczania okrzemek z treści żołądkowej powinno być badaniem rutynowym, ponieważ nie zawsze okrzemki są znajdowane w płucach.*

W jednym przypadku stwierdzono obecność pojedynczych okrzemek w narządach wewnętrznych, a pomimo to nie opiniowano utonięcia, gdy zwłoki nie były zmienione gnilnie przy jednoczesnych rozległych urazach mechanicznych płuc:

- starszy mężczyzna znaleziony w stawie w gm. Konstancin-Jeziorna pod koniec kwietnia 2017 r. kilka godzin po zniknięciu; został przygnieciony przez ciągnik i doznał licznych złamań żeber z uszkodzeniami opłucnej ściennej, (...) *płuca kruche, rozrywają się i pękają przy uwalnianiu zrostów, w związku z powyższym brak możliwości oceny powierzchownych uszkodzeń płuc.*

Ujawnienie okrzemek w narządach wewnętrznych zwłok prawie zawsze stanowi podstawę do zdiagnozowania utonięcia jako przyczyny zgonu (rys. 2).

Bardzo nieliczne przypadki stwierdzenia innej niż utonięcie przyczyny zgonu pomimo znalezienia okrzemek w narządach wewnętrznych pobranych ze zwłok dotyczą zwłok gnilnie zmienionych, w których z jednej strony obraz sekcyjny pozwolił na ustalenie przyczyny zgonu, a z drugiej strony okrzemki mogły wnikać do narządów samoistnie w wyniku długotrwałego przebywania zwłok w wodzie.



Rys. 2. Sekcje sądowo-lekarskie zwłok, gdzie w narządach wewnętrznych ujawniono okrzemki; wykonane w latach 2013–17 w Zakładzie Medycyny Sądowej WUM (oprac. własne).

Na podstawie powyższych wyników sugeruje się jako **działania rutynowe** podczas oględzin miejsca znalezienia zwłok w środowisku wodnym oraz prowadzenia sekcji sądowo-lekarskiej tych zwłok:

- pobieranie w miejscu znalezienia zwłok w środowisku wodnym próbek planktonu (wody), bentosu (muł, piasek z dna) oraz epifitów (rośliny wodne, kamienie itp.) celem porównania składu gatunkowego okrzemek występujących w miejscu znalezienia zwłok ze składem gatunkowym okrzemek znalezionych w narządach wewnętrznych zwłok i tym samym ustalenia, czy miejsce znalezienia zwłok było tożsame z miejscem utonięcia;
- pobieranie podczas sekcji sądowo-lekarskiej zwłok znalezionych w środowisku wodnym oprócz próbek płuca, nerki, także próbki w postaci żebra (w przypadku zwłok gnilnie zmienionych lub długo przebywających w wodzie znacząco mniejsze jest prawdopodobieństwo samoistnego przenikania okrzemek do szpiku kostnego niż do płuca czy nerki);
- pobieranie próbek treści żołądka podczas sekcji sądowo-lekarskiej zwłok znalezionych w środowisku wodnym na wypadek, gdyby utonięcie nastąpiło według mechanizmu opisanego przez Marcinkowskiego (przypadek, gdy w płucu, nerce i szpiku kostnym żebra nie stwierdzono okrzemek).

ZASADY POSTĘPOWANIA PODCZAS OGLĘDZIN ZWŁOK UJAWNIONYCH W ŚRODOWISKU WODNYM BĄDŹ W JEGO POBLIŻU

NADKOM. IWONA BOGUSZ

Zakład Szkoleń Specjalnych
Centrum Szkolenia Policji w Legionowie

Oględziny miejsca zdarzenia to czynność procesowa, w wyniku której zostają zabezpieczone ślady i przedmioty stanowiące niezwykle ważny element procesu wykrywczego, umożliwiające uzyskanie informacji zarówno o przebiegu zdarzenia, czasie, w jakim do niego doszło, jak i niejednokrotnie bezpośrednio o samym sprawcy¹. W przypadku zwłok ujawnionych w wodzie lub w pobliżu środowiska wodnego bywa, że miejsce to nie jest tym samym, gdzie doszło do śmierci ofiary (potencjalne miejsce zabójstwa). Nie oznacza to jednak, że organy ścigania nie mają możliwości ustalenia miejsca, w którym doszło do śmierci. Pośród głównych celów oględzin zwłok ujawnionych w środowisku wodnym wyróżniamy **podstawowe**, do których zaliczymy określenie przypuszczalnego czasu zgonu i ustalenie przypuszczalnej przyczyny śmierci, oraz cele **dodatkowe**, do których należą: ustalenie tożsamości osoby zmarłej, poszukiwanie, zabezpieczanie i przygotowanie do wysyłki śladów biologicznych i innych, ponadto ustalenie, czy miejsce znalezienia zwłok jest tożsame z miejscem zgonu.

Jeżeli zachodzi podejrzenie przestępnego spowodowania śmierci, wówczas zgodnie z § 54 wytycznych nr 3 Komendanta Głównego Policji z dnia 30 sierpnia 2017 r. w sprawie wykonywania niektórych czynności dochodzeniowo-śledczych przez policjantów, policjant dokonuje oględzin zwłok jedynie na polecenie prokuratora w sytuacji, gdy zaniechanie natychmiastowego dokonania oględzin groziłoby utratą śladów lub dowodów przestępstwa. W tym samym paragrafie mówi się, że oględziny zwłok dokonywane są z udziałem biegłego lekarza, w miarę możliwości specjalisty medycyny sądowej. Jeżeli oględzin zwłok dokonuje policjant, to dąży do uzyskania od lekarza wstępnych informacji dotyczących w szczególności²:

- rozmieszczenia i nasilenia wczesnych i późnych znamion śmierci;

¹ I. Bogusz, M. Bogusz *Oględziny miejsca zdarzenia*, „Kwartalnik Policyjny” 2018, nr 3, s. 57–65.

² Wytyczne nr 3 Komendanta Głównego Policji z dnia 30 sierpnia 2017 r. w sprawie wykonywania niektórych czynności dochodzeniowo-śledczych przez policjantów (Dz. Urz. KGP poz. 59).

- reakcji tkanek w procesie ich obumierania;
- zanieczyszczeń powłok ciała, w szczególności kończyn, płynami ustrojowymi, wydzielanami i wydalaminami lub substancjami obcego pochodzenia;
- obecności owadów i stadium ich rozwoju;
- obrażeń ciała, z uwzględnieniem podziału na obrażenia powstałe za życia i po śmierci;
- czasu i przyczyny zgonu;
- w przypadku ujawnienia ran i obrażeń – przypuszczalnych narzędzi, którymi je zadano.

Algorytm czynności policjantów dokonujących oględzin miejsca znalezienia zwłok³:

- oględziny zwłok rozpoczyna się od udokumentowania stanu otoczenia w sposób wskazany w § 51 ust. 1 pkt 2;
- następnie przez opis w protokole dokumentuje się ułożenie zwłok i ich wygląd;
- w dalszej kolejności dokumentuje się oględziny odzieży, w którą zwłoki są ubrane, opisując jej poszczególne części w takim porządku, w jakim znajdują się one na zwłokach, lub odzieży, która znajduje się obok zwłok, uwzględniając ślady na odzieży lub jej uszkodzenia, a także przedmioty lub dokumenty znalezione przy lub na zwłokach;
- **rozebrania zwłok na miejscu ich ujawnienia może dokonać lekarz, jeśli uzna to za niezbędne;**
- można rozebrać zwłoki podczas oględzin na miejscu ich znalezienia, jeżeli istnieje niebezpieczeństwo zniekształcenia lub zniszczenia śladów na odzieży podczas transportu zwłok do zakładu medycyny sądowej lub prosektorium;
- w przypadku rozebrania zwłok należy ponownie udokumentować wygląd zwłok z uwzględnieniem uszkodzeń ciała lub innych śladów, a także obejrzeć całą powierzchnię ciała, łącznie z otworami naturalnymi;
- jeżeli nie zaistniała żadna z przesłanek warunkująca rozebranie zwłok, wówczas zwłoki rozbiera się w zakładzie medycyny sądowej lub prosektorium.

Zasady postępowania z odzieżą na zwłokach⁴:

- każdą część ubrania zdjętą ze zwłok podczas oględzin należy umieścić w odrębnym papierowym pakiecie;
- wilgotną odzież lub wilgotne przedmioty, na których znajdują się lub mogą się znajdować ślady, należy wysuszyć w pomieszczeniu do tego przeznaczonym, spełniającym warunki do przechowywania lub suszenia; suszenie w podwyższonej temperaturze odzieży lub innych przedmiotów, na których znajdują się lub mogą znajdować się ślady, a w szczególności ślady biologiczne, jest zabronione; należy pamiętać, że zgodnie z § 46. ust. 2 od pierwszej czynności na miejscu oględzin materiał dowodowy powinien podlegać ochronie przed zniszczeniem lub zmianą cech identyfikacyjnych, w szczególności przez zatarcie śladów; powinien także podlegać ochronie przed wprowadzeniem materiału przypadkowego, w szczególności śladów pozosta-

³ Tamże.

⁴ Tamże.

wionych przez osoby uczestniczące w oględzinach, a także przeniesieniem materiału z innego miejsca albo rzeczy oraz podlegać ochronie przed kontaktem z innym materiałem dowodowym.

Jeżeli przeprowadzenie oględzin zwłok jest niemożliwe lub znacznie utrudnione na miejscu ich znalezienia, zwłoki należy przewieźć do zakładu medycyny sądowej lub prosektorium, a przed ich zabraniem należy opisać ich ułożenie oraz sporządzić dokumentację techniczną⁵.

Przystępując do oględzin zwłok znalezionych w wodzie, należy pamiętać, że zgodnie z metodyką⁶ poszukiwania wydobyć zwłok ze zbiorników wodnych jest zadaniem Państwowej Straży Pożarnej lub Policji oraz innych służb, których funkcjonariusze lub żołnierze mają stosowne uprawnienia do prowadzenia prac podwodnych. Należy także zwrócić uwagę na fakt, że nurek poszukujący zwłok powinien mieć nie tylko za zadanie zlokalizowanie i wydobyć zwłok, lecz również przeprowadzenie oglądu miejsca zdarzenia, w tym znalezienia zwłok⁷. Z przyczyn zupełnie oczywistych nie jest możliwe przeprowadzanie pełnych oględzin miejsca znalezienia zwłok ujawnionych pod powierzchnią wody z uwzględnieniem wszystkich czynności przewidzianych w wytycznych nr 3 Komendanta Głównego Policji z dnia 30 sierpnia 2017 r. W zdecydowanej większości przypadków zwłok ujawnionych w środowisku wodnym oględziny dokonywane są na powierzchni, po ich wydobyciu. I tu ważne jest, by organ procesowy miał możliwość obejrzenia obrazu zarejestrowanego kamerą podwodną⁸.

Zasady postępowania ze zwłokami w wodzie⁹:

- zwłoki powinny przebywać w wodzie do chwili przybycia organu procesowego prowadzącego postępowanie;
- przed przystąpieniem do wydobywania zwłok z wody należy określić ich położenie i ułożenie w miejscu ujawnienia (czy leżą na brzuchu, na plecach, na boku, czy wolno pływają, czy są zaczepione, jeśli tak, to o co i czym);
- należy utrwalić miejsce zdarzenia – zbiornika wodnego, w tym położenie i ułożenie zwłok;
- akwen w miejscu zdarzenia powinien zostać szczegółowo opisany (prąd, rodzaj dna, temperatura wody, głębokość wody, przejrzystość wody itd.);
- należy udokumentować ewentualne urazy wtórne, które mogły powstać podczas wydobywania zwłok;

⁵ Tamże.

⁶ *Metodyka oględzin miejsc przestępstw o charakterze terrorystycznym i katastrof oraz identyfikacji ciał ofiar*, KGP, Warszawa 2012.

⁷ I. Bogusz, M. Bogusz, *Specyfika oględzin zwłok ludzkich ujawnionych w wodzie*, „Kwartalnik Policyjny” 2014, nr 3, s. 27–30.

⁸ Tamże.

⁹ A. Bodziak, *Nietypowe metody poszukiwania ofiar wypadków na wodzie oraz profilaktyka oględzin miejsca znalezienia zwłok pod wodą*, „Polskie Towarzystwo Medycyny i Techniki Hiperbarycznej” 2005, nr 2, s. 41–48.

- zwłoki – po opisaniu w miejscu znalezienia – powinny być jak najszybciej przewiezione do prosektorium;
- oględzinom powinien być poddany także teren w pobliżu zbiornika wodnego, z uwzględnieniem przebiegu prądów i uwarunkowań atmosferycznych;
- uwzględnienie, że zwłoki przebywające w wodzie, szczególnie zimnej, ulegają rozkładowi bardzo powoli, zaś po wydobyciu na powietrze procesy gnilne przebiegają w błyskawicznym tempie;
- do badań porównawczych należy pobrać próbki wody ze zbiornika wodnego, w którym zwłoki ujawniono;
- do badań porównawczych można pobrać też próbki wody z zamoczonej odzieży (wycisnąć wodę do słoja);
- zwłoki przebywające w wodzie mogły być poddane działaniom różnych zwierząt, w tym owadów, które mogą być pomocne w określeniu czasu zgonu¹⁰.

Czynności na miejscu ujawnienia zwłok w środowisku wodnym nie powinny ograniczać się tylko do oględzin samych zwłok, należy także pamiętać o tym, że w ich pobliżu mogą znajdować się ślady, które są zarówno pod wodą, ale także na jej powierzchni¹¹. W tej sytuacji należy wziąć pod uwagę dwa „poziomy”: górny (np. przedmioty pływające na powierzchni wody, pomosty, linia brzegowa) oraz dolny (dno zbiornika wodnego), uwzględniając poprawkę na wiatr oraz możliwość przemieszczania się zwłok w zbiorniku wodnym.

Bibliografia

- Bodziak A., *Nietypowe metody poszukiwania ofiar wypadków na wodzie oraz profilaktyka oględzin miejsca znalezienia zwłok pod wodą*, „Polskie Towarzystwo Medycyny i Techniki Hiperbarycznej” 2005, nr 2.
- Bogusz M., Bogusz I., *Oględziny miejsca zdarzenia*, „Kwartalnik Policyjny” 2018, nr 3.
- Bogusz M., Bogusz I., *Specyfika oględzin zwłok ludzkich ujawnionych w wodzie*, „Kwartalnik Policyjny” 2014, nr 3.
- Matuszewski S., *Katalog owadów przydatnych do ustalania czasu śmierci w lasach Polski*, „Problemy Kryminalistyki” nr 267, 268, 269.
- Metodyka oględzin miejsc przestępstw o charakterze terrorystycznym i katastrof oraz identyfikacji ciał ofiar*, KGP, Warszawa 2012.
- Wytyczne nr 3 Komendanta Głównego Policji z dnia 30 sierpnia 2017 r. w sprawie wykonywania niektórych czynności dochodzeniowo-śledczych przez policjantów (Dz. U. KGP poz. 59).

¹⁰ S. Matuszewski, *Katalog owadów przydatnych do ustalania czasu śmierci w lasach Polski*, „Problemy Kryminalistyki” nr 267, 268, 269.

¹¹ I. Bogusz, M. Bogusz, *Specyfika oględzin zwłok ludzkich ujawnionych w wodzie*, s. 27–30.