

DIE BEDEUTUNG DER PHYTOPLANKTON-RESORPTION BEIM ERTRINKUNGSTOD

Gyula Incze

(Eingegangen: am 24. April 1951.)

Im Zusammenhang mit dem Ertrinkungstod hatte ich seit 1941 mehrfach Gelegenheit, auf die Bedeutung des Blutplanktons hinzuweisen. 1900—1909 sind die Bakterien der beim Ertrinken aspirierten Flüssigkeit von *Corin—Stockis* im Herzblut mitsamt den Mineralkrystallen derselben nachgewiesen worden (plankton minéral du coeur). 1901 sind Mineralkrystalle von *Reinsberg* in der A. subclavia beschrieben worden. Die Beobachtungen von *Corin* und *Stockis* sind in 3 Fällen von *Ascarelli* (1911), in 2 von *Wertogradoff*, in 4 von *P. Fraenckel-Strassmann* (1914) bestätigt worden, wobei die letzterwähnten Autoren Mineralkrystalle auch im Blut Nicht-Ertrunkener nachweisen konnten. *Paschukanis*, *Wertogradoff*, *Rosanoff* (1912—1929) haben mehrfach die Bedeutung des Blutplanktons beim Ertrinkungstod hervorgehoben. Von *Paschukanis* ist gezeigt worden, dass in Tierversuchen aus der aspirierten Flüssigkeit Lykopolium, Sporen, Stärkekörner, welche die Ausmasse der Erythrozyten dreifach übersteigen, nicht nur im Blut in der linken Herzhälfte nachweisbar sind, sondern auch in die Gefässe der Leber und Niere gelangen. *Rosanoff* hat im Herzblut Ertrunkener Mineralkrystalle nachgewiesen; gemeinschaftlich mit *Wertogradoff* hat *Rosanoff* im Blut die aus anlässlich des Ertrinkungstodes erbrochenen Massen aspirierten Stärkekörner, welche aus der Lunge resorbiert worden sind, nachweisen können. 1914 hat bereits *Revenstorf* klar dargelegt, dass »der Nachweis von spezifischen Fremdkörpern im Blut, in den Lymphgefässen und Lymphknoten ein wichtiger Beweis des Ertrinkungstodes ist; man kann sogar behaupten, dass dies das vielgesuchte Kriterium des Ertrinkungstodes sein dürfte«. Die diagnostische Bedeutung des Blutplanktons beim Ertrinkungstod wird auch von *Walcher* (1936) und *Schrader* (1937) betont. Die gesamte einschlägige Literatur überblickend kommt *Böhmer* (1940) — wahrscheinlich infolge der geringer Zahl der einschlägigen Beobachtungen — dennoch zu dem Schluss, dass »der Blut-Lymphplankton beim Ertrinken nicht einwandfrei erwiesen sei; anscheinend wird der Plankton von den Alveolen zurückgehalten«.

Ich habe die Resorption vom Phytoplankton, insonderheit von Diatomeen in die Blutbahn bisher am grössten Material — an Hand von 50 Tierversuchen und der Untersuchung von 87 Leichen von Ertrunkenen — erwiesen. Einen Teil der Untersuchungen habe ich im gerichtlich-medizinischen Institut in

Szeged (von 1938 an), den weiteren Teil (von 1946 an) in Budapest durchgeführt. Ich habe durch vergleichende Messungen feststellen können, dass aus der Lunge in das Blut der linken Herzhälfte und der Organe im allgemeinen die kleineren Diatomeenarten, bzw. die kleineren Exemplare derselben Art, vor allem aber Diatomeenfragmente resorbiert werden.

Nach den bisherigen Untersuchungsergebnissen ist die Zahl der resorbierten Diatomeen nicht gross. In einem beträchtlichen Prozentsatz der Fälle (67%) sind im Blut von wenigen g Menge mitunter mehr als 1000, sogar mehrere Tausend Diatomeen nachgewiesen worden. Sowohl in Tierversuchen, als auch anlässlich der Untersuchung menschlichen Materials konnte ich dartun, dass in einem beträchtlichen Prozentsatz aller Fälle vom *typischen, klassischen Ertrinkungstod* Diatomeen zumindest *in nachweisbarer Menge* ins Blut resorbiert werden.

Die spärlichen Daten der Literatur sind meines Erachtens zum Teil darauf zurückzuführen, dass man den Plankton vor allem im Blut und in der Spülflüssigkeit der linken Herzhälfte nachzuweisen versucht hat und nicht in den Organen. Beim Ertrinkungstod wird nämlich der resorbierte Plankton von der Zirkulation aus der linken Herzhälfte rasch gegen die Peripherie mitgerissen; daher ist der Plankton in grösserer Menge nicht im Herzen, sondern in den einzelnen Organen nachweisbar. Selbstverständlich erfolgt keine nennenswerte Planktonresorption bei nur kurz dauerndem Ertrinkungskampf, beim Ertrinken in einem plankton-armen Wasser, beim plötzlichen Tod im Wasser, bei Fällen von Reflextod, wie Zirkulationstod, Ueberdruckatmungstod, bei rasch zu Tode führenden Verletzungen im Wasser, usf., obzwar auch diesfalls Ausnahmen vorkommen.

Der vom Ertrinkungstod unabhängige Blutplankton scheint vernachlässigbar zu sein. Im Herzblut von 30 plötzlichen Todesfällen habe ich anlässlich meiner Kontrolluntersuchungen keine Diatomeen finden können. Bei Nichtertrunkenen kommen Algen mitunter vor, nicht nur in der Lunge, sondern auch in anderen Organen. Beim Einatmen diatomeen-haltigen Staubes, beim Verschlucken von Wasser können zahlreiche Algen in die Lunge gelangen und von dort bei akzidentellen Erstickungsanfällen, ohne dass Ertrinken vorliegen würde, oder auch akzidentell unabhängig davon in den Kreislauf kommen und in den einzelnen Organen fixiert werden. Der akzidentelle Befund einiger weniger Diatomeen in den Organen (Leber, Milz, Niere), insonderheit der Nachweis einzelner zerstreuter Kieselpanzer ist an sich daher kein Beweis des Ertrinkungstodes. Der Nachweis grösserer Mengen von Algen, Diatomeen, insonderheit mit erhaltener Struktur, *im Blut* des Herzen und der Organe ist nach meinen Erfahrungen kennzeichnend für Ertrinken in einem algenhaltigen Medium, vor allem im Wasser. Beim Erstickungstod in Sand, Staub mit hohem Algengehalt (Grubenkatastrophen, usw.), bei ständig am Wasser beschäftigten Personen (Fischer, usw.) können Kieselalgen in die Respirationswege gelangen.

Den Nachweis des Planktons im Blut und in den Organen habe ich vor allem mittels schwefel-salpetersaurer Zerstörung und Sedimentierung des anorganischen Rückstandes durchgeführt. Man kann die Diatomeen wohl auch im nativen oder hämolysierten Blut nachweisen, doch ist dieses Verfahren zeitraubend und anstrengend; dennoch ist es erforderlich, dies vor allem in der Spülflüssigkeit des Herzens durchzuführen, da die *organische* Struktur der Algen, ihr Lebend- oder Totsein nur auf diese Art beobachtet bzw. entschieden werden kann.

Ich will diesmal einige Beispiele aus meinem reichen Untersuchungsgut beschreiben:

1. Ich habe das Blut und die Organe von im Flusswasser ertränkten Kaninchen untersucht. Die ertränkten Tiere waren in Aether-Narkose. Der Ertrinkungstod trat in 4—8 Min. ein. Im Blut eines 3200 g schweren Tieres und in seinen Organen fand ich mit Hilfe des oben beschriebenen Verfahrens 2371 Diatomeen-Schalen in folgender Verteilung:

Untersuchungsmaterial	Gewicht in g	Zahl der Diatomeen
Blut aus der linken Herzhälfte	4,5	360
Blut aus der rechten Herzhälfte	5,6	58
Milz	1,2	108
Gehirn	4,2	143
Leber	85,4	1024
Linke Niere	8,5	312
Rechte Niere	9,1	280
Skelettmuskel	10,0	86
Insgesamt	128,5	2371

2. Ein 15 Monate altes Mädchen ertrank in einem flachen Bottich, in dem einige Tage Regenwasser stand. Die Leiche ist nach 2 Stunden aufgefunden worden. Obduktion nach 24 Stunden. In den beiden Lungen waren insgesamt 2043 intakte Diatomeen-Schalen zu finden. Im Herzblut, dessen Menge einige g betrug, aber bedauerlicherweise genauer nicht gemessen wurde, und in den einzelnen Organen, deren volles Gewicht zur Untersuchung genommen wurde, konnte insgesamt 1386 Diatomeen-Schalen nachgewiesen werden:

Untersuchungsmaterial	Zahl der Diatomeen
Blut und Spülflüssigkeit der linken Herzhälfte	171
Blut und Spülflüssigkeit der rechten Herzhälfte	143
Milz	143
Leber	614
Linke Niere	205
Rechte Niere	210
Insgesamt	1386

3. Ein 38 jähriger Nichtschwimmer ertrank vor Augenzeugen zu Beginn des Sommers im Fluss. Die Leiche ist nach 6 Stunden geborgen worden. Obduktion nach 18 Stunden. Im Nativpräparat vom Herzblut und der Herzspülflüssigkeit, sowie in je 100 g der einzelnen Organe (unter Anwendung des beschriebenen Zerstörung) habe ich insgesamt 4232 Diatomeen-Schalen gefunden :

Untersuchungsmaterial	Gewicht in g	Zahl der Diatomeen
Spülflüssigkeit der leeren linken Herzhälfte	—	473
Blut aus der rechten Herzhälfte	18	76
Milz	100	640
Leber	100	1472
Linke Niere	100	620
Rechte Niere	100	830
Skelettmuskel	100	121
Insgesamt	518	4232

4. Die hier beschriebene Beobachtung ist ein Beispiel dafür, dass beim klassischen Ertrinkungstod wenige Algen aus einem diatomeen-reichen Wasser in die Blutbahn resorbiert werden :

Ein 16 jähriger Junge, Nichtschwimmer, ertrank vor Augenzeugen beim Baden im Teich. Dies war Ende April, als das Wasser eine überaus reichliche Zahl von Diatomeen enthielt (je Gesichtsfeld bei kleiner Vergrößerung 60—70 Cyclotellae, Melosirae). Bergung der Leiche nach $\frac{1}{2}$ Stunde. Obduktion nach 22 Stunden. Obduktionsbefund: Hochgradig, ballonartig aufgeblasene, trockene, blutarme Lungen; mit trockenem Schlamm vermischter Schaum in den Luftwegen; viel Wasser im Magen. In jedem Lungenlappen konnten in einige wenige Quadratcentimeter messenden subpleuralen Stücken weit über 2000 Diatomeen gezählt werden. Das Herzblut und die Herzspülflüssigkeit sind nativ untersucht worden, die Organe (in der Menge von je 100 g) nach vorangehender Zerstörung. Es konnten insgesamt 170 intakte Schalen nachgewiesen werden, aber auch die Zahl der Trümmer war gering :

Untersuchungsmaterial	Gewicht in g	Zahl der Diatomeen
Spülflüssigkeit der leeren linken Herzhälfte	—	16
Blut der rechten Herzhälfte	20	5
Milz	100	60
Leber	100	18
Linke Niere	100	24
Rechte Niere	100	16
Gehirn	100	20
Skelettmuskel	100	11
Insgesamt	620	170

Vielfach habe ich die Grösse der in der Lunge befindlichen und der in die Blutbahn gelangten Diatomeen geprüft. Es hat sich hierbei herausgestellt, dass aus der Lunge nur die Diatomeen kleineren Ausmasses in die Blutbahn gelangen, was aus anatomischen Gründen verständlich ist. Ich habe z. B. in der frischen Leiche eines ertrunkenen gesunden Mannes in den Nieren insgesamt 219 intakte Diatomeen-Schalen gefunden. Deren Minimal- und Maximalgrösse habe ich mit der Grösse der in der Lunge wahllos gemessenen Diatomeen verglichen. Die Vergleichszahlen folgen :

Diatomeenart	Minimal- und Maximalwert des grössten Durchmessers in μ	
	in der Lunge	in den Nieren
Cyclotella	5— 60	5— 20
Melosira	5— 70	5— 23
Fragilaria	5— 80	5— 35
Diatoma vulgare	15— 70	15— 25
Opephora	10— 50	12— 30
Synedra	20—250	20—120
Eunotia	10—120	10— 35
Cocconeis	10— 60	10— 25
Achnantes	10— 80	10— 30
Naviculagruppe	5—120	5— 35
Amphora	30—100	30— 35
Cymbella	25— 75	20— 40
Nitzschia	50—180	40— 60
Cymatopleura	60—220	60— 80
Surirella	20—240	25— 45

Die aufgezählten Daten zeigen eindeutig, dass in der Blutbahn die kleineren Exemplare derselben Algenart gelangen. Ich fand aber Diatomeen von 150—250 μ Grösse im Herzblut der linken Hälfte und in der Niere mehrfach, so dass die aus der oben stehenden Tabelle hervorzugehen scheinende Regelmässigkeit keine beständige ist. Wenn man auf den Umstand bedacht nimmt, dass beim Ertrinken in der Lunge grössere Risse entstehen, somit grössere Venen eröffnet werden, ist das Eindringen derart grosser Exemplare in die Blutbahn wohl verständlich. Daraus folgt, dass die qualitative Diatomeenfauna des Blutes nicht immer Vergleich mit der jener Flüssigkeit zulässt, in welcher der Ertrinkungstod erfolgt ist. Wenn also die Stelle des Ertrinkungstodes, z. B. im Fluss, nicht bekannt ist, es ist nicht immer statthaft (*Buhtz—Burkhardt*) aus den Planktonelementen des Blutes auf die Planktonfauna der Ertrinkungsstätte Schlüsse zu ziehen.

Ich habe Diatomeenfragmente in grosser Zahl im Blut Ertrunkener auch dann nachweisen können, als ich das Blut des Herzens und der Organe ohne Zerstörung derselben, nach einfacher Hämolyse geprüft habe. Diesfalls ist ein Zerbrechen fragiler Algen (wie *Fragilaria*, *Eunotia*, dünne *Synedra*, usw.) nicht zu befürchten, im Gegensatz zur Zerstörung. Fragmente werden infolge ihrer geringeren Grösse gar leicht resorbiert; sie sind im Sediment,

bis zur Grenze der Auflösungskraft des Mikroskops durch ihre Regelmässigkeit der Struktur, Poren, etc. leicht zu erkennen und mit keinen nachträglichen Verunreinigungen der Präparate zu verwechseln. Die genaue Klassifizierung der Diatomeen kann nur von einem hierin geübten Fachmann (Botaniker) vorgenommen werden.

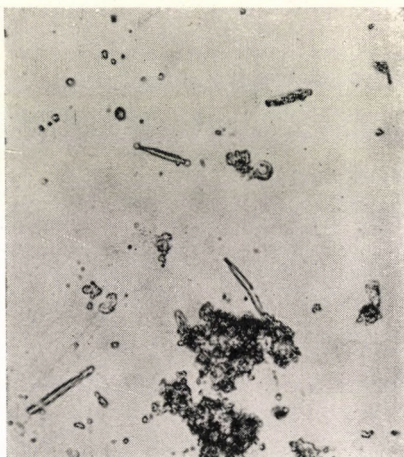


Abb. 1. Diatomeen aus dem Blut der linken Herzkammer eines Ertrunkenen. Naviculaceae.
Grösse: 20—30 Mikren.

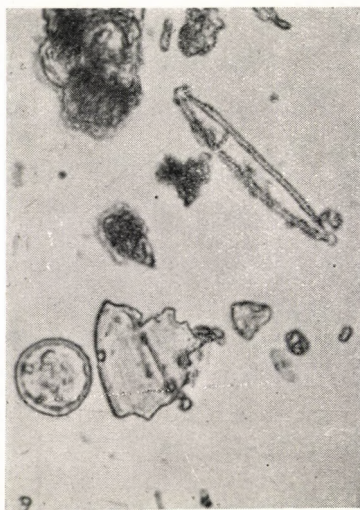


Abb. 2. Diatomeen und Fragmente aus der Niere eines Ertrunkenen. Grösse: 6—40 Mikren.
Lang ausgezogene Kammer. Sammelpräparat aus mehreren Tropfen des anorganischen Sedimentes.

Der Blutplankton ist ein besserer Beweis des Ertrinkungstodes als der Lungenplankton, bezw. eines schweren im Wasser sich abspielenden Todeskampfes, da Algen, Diatomeen auch post mortem in die Lunge, auch in deren subpleuralen Abschnitte gelangen können. Über unsere diesbezüglichen Ver-

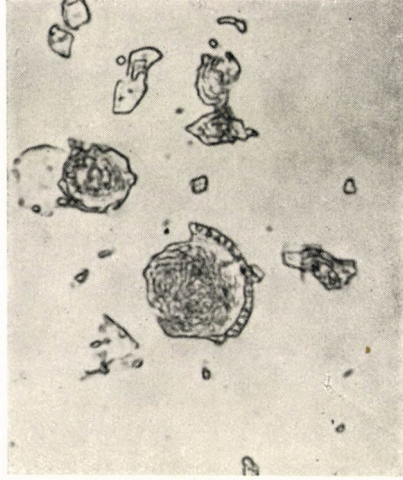


Abb. 3. Diatomeenfragmente aus dem Blut der linken Herzkammer eines Ertrunkenen. Grösse : 6—30 Mikren. Sammelpräparat.

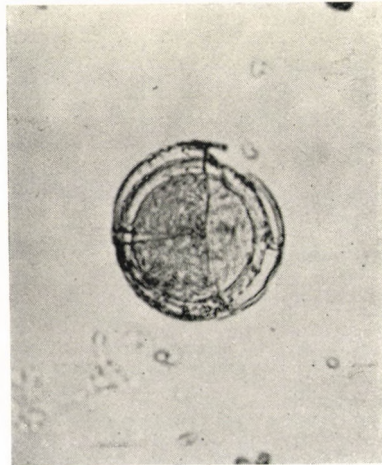


Abb. 4. In Zerfall befindliche Cylotella aus dem Blut der linken Herzkammer eines Ertrunkenen. Durchmesser : 30 Mikren.

suche werden wir andernorts berichten, wobei die Möglichkeiten des postmortalen Eintrittes von Algen in die Blutbahn diskutiert werden.

Es sei hervorgehoben, dass in der vorliegenden Studie nur die Daten über frische Wasserleichen diskutiert wurden. Auf welche Weise die Bewert-

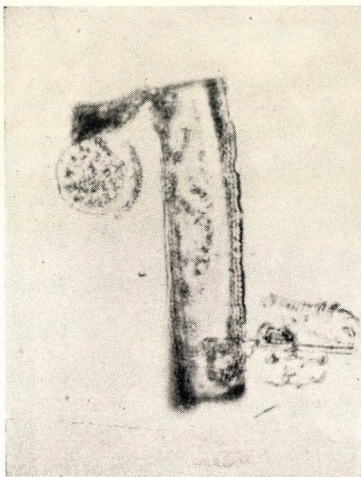


Abb. 5. Diatomeenfragmente aus der Milz eines Ertrunkenen. Grösse: 15—60 Mikren.

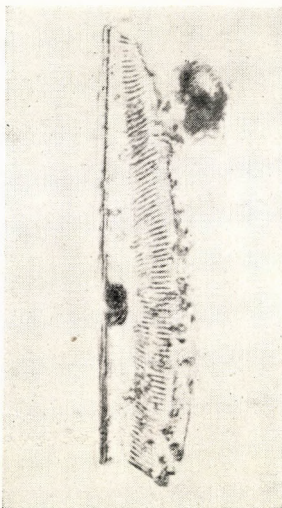


Abb. 6. Diatomeenfragmente aus der Niere eines Ertrunkenen (*Pinnularia*). Grösse: 55 Mikren.

barkeit des Planktons durch Zersetzung der Wasserleichen beeinflusst wird, wird später behandelt werden.

Die Ergebnisse meiner bisherigen Untersuchungen wurden im Budapester Institut durch zwei meiner Mitarbeiter bestätigt. Im Knochenmark Ertrunkener sind Diatomeen von *Tamaska* nachgewiesen worden, wogegen keine solche nachweisbar waren im Knochenmerk von mit tödlicher Verletzung in das Wasser Gelangten. Im Falle von tödlichen Kopfverletzungen (Nackenschuss, Stich durch das verlängerte Mark) fand *Gyöngyösi* keinen Plankton im Blut, jedoch einen in den Luftwegen. In den Luftwegen und im Blut von 6 Ertrunkenen wurde der Plankton von *Gyöngyösi* eindeutig nachgewiesen. Nach seinen Unter-



Abb. 7. Dynoflagellata. Aus dem Blut der linken Herzkammer eines Ertrunkenen. Seltener Befund (270 Mikren).

suchungen hört die Beweglichkeit der Algen innerhalb weniger Stunden auf im mit Aether hämolysierten Leichenblut und Lungenpress-Saft, dagegen behalten sie die Beweglichkeit mehrere Tage lang nach Hämolyse mit destilliertem Wasser. Die organische Struktur bleibt aber trotz der Hämolyse mit den genannten Stoffen mehrere Wochen lang erhalten.

Kieselalgen wurden im Blut und in den Organen von Katzen, welche in einer Diatomeensuspension ertränkt wurden, von *Mueller—Gorgs* nachgewiesen. Die Milz wurde in drei Fällen mit negativen Ergebnis untersucht. Wie mitgeteilt, hatten diese Forscher von meinen einschlägigen früheren Untersuchungen nur auf Grund von Referaten Kenntnis.

Zwecks Projizierbarkeit wurden die Bilder mit verschiedenen stark ausgezogener Kamera angefertigt.

Zusammenfassung

Die Resorption des Phytoplanktons (Diatomeen) aus der Lunge in die Blutbahn wurde beim Ertrinkungstod an dem bisher grössten Material geprüft (Tierversuche, sowie Obduktion von 87 ertrunkenen Leichen). Bei 67% aller Ertrunkener konnte ich die Resorption des Planktons in die Blutbahn nachweisen.

Der Blutplankton ist ein verlässlicher Beweis des Ertrinkungstodes als der Lungenplankton, da die Algen auch post mortem in die subpleuralen Abschnitte der Lunge gelangen können.

Die mitgeteilten Daten beziehen sich auf frische Wasserleichen.

An der Mehrzahl obiger Leichen war der typische klassische Befund des Ertrinkungstodes festzustellen.

LITERATUR

1. Böhmer : Tod durch Ertrinken. Handwörterbuch d. gerichtl. Med. 789. 1940. Springer. (Zusammenfassende Literatur bis 1940.)
2. Gyöngyösi : Vízihullák és szerveinek diatomavizsgálatáról. Orvosi Hetilap. 89, 285, 1948 (ungarisch). — Meddig marad meg a diatomák mozgóképessége és organikus szerkezete a halott vérében, haemolysáló folyadékokban ? Edit. inst. med. forens. Univ. Budapest, 1949, 43. (mit deutscher Zusammenfassung.)
3. Incze : Idegen anyagok a vérben vízbefúláskor. Magyar Path. Társ. munkálatai. 1941, 57. — Qualitativ és quantitativ diatomavizsgálatok vízbefúltakon. Ibid. 1942, 133. — A vízbefúlás bizonyítása a phytoplankton resorptiojával. Edit. inst. med. forens. univ. Budapest. 1949, 49. (Alle drei Arbeiten mit deutscher Zusammenfassung.) — Diatomák vízbefúltak ereiben. Jankovich-Emlékkönyv. Debrecen. 1944, 69.
4. Mueller—Gorgs : Studien über das Eindringen v. corpusc. Wasserbestandteilen aus den Lungenalveolen in den Kreislauf während des Ertrinkungsvorganges. Deutsche Zschr. ger. Med. 39, 715, 1948—49.
5. Tamáska : Vízihullák csontvelőjének diatomatartalmáról. Orvosi Hetilap. 90, 509, 1949. (ung.)

ЗНАЧЕНИЕ РАССАСЫВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПЛАНКТОНА В ОРГАНИЗМ В СЛУЧАЯХ УТОПЛЕНИЯ

Д-р. Инце

Резюме

Рассасывание растительного планктона (диатомей) из легких в кровь в случаях утопления было мною исследовано на основе более крупного материала, чем это до сих пор производилось, согласно известных мне сообщениях. (Расследования производились на подопытных животных и на 87 человеческих трупах утопленников.)

На человеческих трупах были найдены диатомей в крови и в других органах в 679 случаях.

Мною были исследованы исключительно свежие трупы утопленников, и в дальнейшем исследуется влияние разложения на находящиеся в крови планктоны.

Планктон в крови является гораздо более надежным доказательством факта утопления, чем планктон в легких, так как планктон может проникнуть в легкие, и даже в подплевральные пространства, и после смерти.

Количество рассасываемого планктона (диатомей) при утоплении незначительно, но в большинстве случаев его присутствие можно установить в крови и в органах.

Диатомей встречаются в наших озерах и реках почти в течении круглого года.