

## KOMETY I ICH BUDOWA

UKD 523.6

Komety, jasne ciała ukazujące się z rzadka na firmamencie niebieskim i ciągnące za sobą imponujących rozmiarów warkocz fascynowały umysły ludzi już od niepamiętnych czasów. Ich przynależność do Układu Słonecznego nigdy nie była tak oczywista jak przynależność planet. Wynika to z faktu ich okresowego pojawiania się. Komety znajdują się przez większość czasu w bardzo odległych rejonach układu planetarnego, daleko poza orbitami planet i są niewidoczne dla ziemskiego obserwatora. Dopiero, kiedy kometa zbliża się ku Słońcu, na skutek otrzymywanego ciepła, z zamarznętej bryły nazwanej **jądrem** parują substancje lotne, tworząc obłok zbudowany ze świecących gazów. Obłok ten, nazwany **koma** (ryc. 1A), jest tak jasny i nieprzejrzysty, że jądro komety jest dla obserwatora ziemskiego niewidoczne. Koma wraz z zawartym wewnątrz niej jądrem nazywana jest **głową** komety. Z głowy komety wyrasta rozciągający się niekiedy na dziesiątki milionów kilometrów **warkocz**. Na ryc. 1B przedstawiono schematycznie budowę komety i zmianę jej wyglądu w miarę zbliżania się i oddalania od Słońca. Jak wynika z rysunku, rozmiary komy i warkocza rosną wraz z przybliżaniem się komety do Słońca, a maleją — przy oddalaniu się. Widoczne jest również, że warkocze komety dzielą się na dwa rodzaje. Bardziej zagęszczony i nieco zakrzywiony to **warkocz pyłowy**, smukły i prostolinijski to **warkocz jonowy**.

Edmund Halley (1656—1742) jako pierwszy przewidywał powracanie komet. Kometa, której pojawienie się w 1758 r. przewidział, została nazwana jego nazwiskiem. Kometa Halleya pojawia się na niebie co 76 lat. W celu zbadania natury komet wysłano na czas ponownego zbliżenia się komety Halleya do Słońca w 1986 r. na spotkanie z nią 5 automatycznych sond kosmicznych.

Dwie radzieckie (Vega 1 i 2), jedna Europejskiej Agencji Kosmicznej (Giotto) i dwie japońskie (Sakigaki i Sisei). Obserwacje naziemne oraz prowadzone z pokładów aparatów kosmicznych wniosły wiele nowej wiedzy o tej komecie, obiekcie podobnym do 658 innych komet, których orbity są dobrze znane astronomom.

**Jądro komety** stanowi prawdopodobnie konglomerat lodu wodnego, metanu, amoniaku, dwutlenku węgla i innych gazów oraz wmarzniętych w kryształki lodu ziarn krzemianów (27). Konglomerat taki nazwano „brudnym lodem”. Bezpośrednie obserwacje wykazały, że jądro komety Halleya jest monolityczną bryłą nieregularnego kształtu o rozmiarach  $8 \times 8 \times 16$  km (15, 24, 31). Dotychczas przypuszczano, że jądro komety jest znacznie mniejsze, bo do 6 km (5, 30). Jądro to obraca się wokół osi w kierunku zgodnym z obrotem Ziemi w okresie 53 godz. Oś obrotu jest położona wewnątrz stożka o nachyleniu  $45^\circ$  do prostopadłej wystawionej w płaszczyźnie ekliptyki (14, 24, 31—33).

Przeprowadzono pomiary zdolności odbijania światła (albedo) przez powierzchnię jądra komety. W dotychczasowych modelach budowy jądra zakładano, że albedo może być w granicach 0,1—0,3 (2). Bezpośrednie pomiary wykazują znacznie niższe wartości bo 0,04 (15, 31). Jeżeli można byłoby ujrzeć komę, powierzchnia jądra okazałaby się zupełnie czarna. Na podstawie zdolności odbijania światła można sądzić, że jądro komety zalicza się do najciemniejszych obiektów Układu Słonecznego. Podobną zdolność odbijania światła stwierdzono również u pewnej kategorii planetoid należących do grupy C i związanej z chondrytami węglistymi. Materiał budujący te planetoidy, prawdopodobnie tak jak i materiał chondrytów węglistych grup C1 i C2, jest bogaty w sub-

stancję organiczną. W miarę zbliżania się komety Halleya do najbliższej Słońcu położonego punktu swojej orbity, stwierdzono wzrost zdolności odbijania światła przez powierzchnię w obszarze podczerwonym. Fakt ten tłumaczy się możliwością występowania na powierzchni jądra komety polimerów organicznych z rodzaju aromatycznych (9). Obecność substancji organicznej stwierdzono w ziarenkach pyłowych oraz w gazie otaczającym jądro komety Halleya. Występujący w gazie CO może być produktem niepełnego spalania tej substancji. Czerń powierzchni jądra komety wiąże O. Nikolaeva (28) z obecnością innego produktu niepełnego spalania substancji organicznej, np. sadzy.

Interesujące wyniki przyniosły pomiary temperatury powierzchni jądra. Aparatura pomiarowa Vega 1 zarejestrowała promieniowanie podczerwone świadczące o temperaturze niektórych miejsc powierzchni jądra dochodzących do  $110^{\circ}\text{C}$  (24, 29), zamiast przewidywanej  $-70^{\circ}\text{C}$  czy jeszcze niższej, jaka powinna występować w tej odległości od Słońca w jakiej prowadzono badania. Wprawdzie ta wysoka temperatura dotyczyła najbardziej gorącego fragmentu powierzchni, to jednak silne odparowywanie lodów w tych miejscach powinno prowadzić do obniżenia temperatury i wstrzymania tajania.

Na podstawie analizy wyników można stwierdzić, że na powierzchni jądra lód nie występuje. Fakt ten jest zresztą zgodny z bardzo niskim albedo powierzchni. Pomimo tego, z każdego  $\text{cm}^2$  powierzchni jądra kieruje się strumień  $0,03 \text{ km}^3$  wody w ciągu każdej sekundy (29). Może to oznaczać, że źródłem zasilającym komę w wodę nie jest lód, lecz jakaś inna substancja, albo że woda pochodzi z lodu zalegającego pod skorupą jakiejś czarnej substancji występującej na powierzchni jądra. Przy tym substancja skorupy powinna być na tyle mało lotna, by nie odparować w temperaturze  $110^{\circ}\text{C}$ , dostatecznie porowata, by przepuszczać przez siebie niemały strumień gazów. Występujące w niej pory powinny być na tyle



Ryc. 1. A — Teleskopowy obraz komety Halleya z 1986 r. widoczna jest jasno świecąca koma i lekko rozdwojony warkocz komety. B — schematyczny rysunek rozwoju warkocz komety w zależności od jej miejsca położenia na orbicie

obszerne, by nie ulec „zatykaniu” pyłem niesionym przez gaz. Skorupa musi być również na tyle gruba (powyżej  $0,1 \text{ cm}$ ) i wytrzymała, żeby nie została „zdmuchnięta” potokami pyłowo-gazowymi pochodzącymi z wnętrza jądra (15, 24, 28, 51).

Obecnie uważa się, że te pozornie przeciwstawne fakty dotyczące jądra komety dadzą się wytłumaczyć właściwościami fizycznymi i strukturą czarnej skorupy oraz różnicami jej grubości w różnych częściach powierzchni jądra.

Gaz i pył opuszczają jądro, jak to można było obejrzeć kamerą telewizyjną aparatu Giotto, w postaci gęstych świecących potoków nazwano **dżetami**. Widoczne jest to na ryc. 2. Dżety są związane z aktywnymi fragmentami powierzchni (15) o rozmiarach od kilkudziesięciu metrów do kilometrów. Na fotografiach powierzchni jądra, te aktywne miejsca są widoczne jako świetliste plamy, z których wybijają świetliste słupy strumieni pyłowo-gazowych. Relief powierzchni jądra jest bardzo nierówny. Widoczne są kolistę struktury będące misami kraterów meteorytowych, a nierówności terenowe dochodzą do kilkuset metrów na przestrzeni kilku kilometrów (15).

Wszystkie — uzyskane za pomocą sond kosmicznych — informacje o jądrze komety Halleya nie przeczą modelowi Whipple'a (2), który zakłada, że jądra komety są zbudowane z konglomeratu ziarenek mineralnych scementowanych lodem. Wydaje się, że do podstawowych elementów tego modelu można wprowadzić pewne korekty.

Masa jądra komety Halleya wynosi około  $100 \text{ mld ton}$ , co przy znanej objętości daje średnią gęstość materii jądra  $0,1 - 0,3 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$  (24, 25). Wskazuje to, że materia jądra powinna być silnie porowata. W składzie jądra znajduje się znaczna ilość krzemianów oraz substancji organicznej, która w postaci gazu lub pokryw kondensacyjnych na ziarnach pyłowych zasila pyłowo-gazowy obłok komety. Oceny gęstości, czynione dla poszczególnych ziarn pyłowych wylatujących z jądra, dają wartość około  $0,35 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$  (22), co czyni je podobnymi do agregatów ziarn pyłu kosmicznego zbieranych w górnych

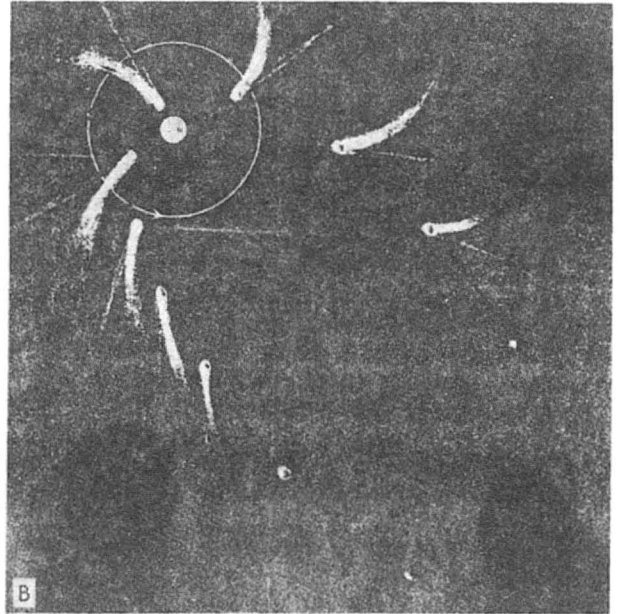


Fig. 1. A — Telescope view of the Halley comet from 1986 year. Visible light coma and slightly splitted comet tail. B — sketch of development of comet tail in relation to its position into orbit

warstwach atmosfery i od dawna wiązanych z pozostałościami po materii kometarnej (13).

Nieregularny kształt jądra oraz występowanie na nim lokalnie aktywnych obszarów może świadczyć o jego niejednorodności. W jego różnych partiach mogą występować obszary różniące się porowatością i zawartością składników lotnych (15). Występowanie takich niejednorodności przewidywano już i dawniej, o czym świadczą zgromadzone obserwacje 20 komet, których jądra podzieliły się na oddzielne fragmenty. Na podstawie tych danych przedstawiono również modele, w których jądra nie były ciałami monolitycznymi (2, 5).

W świetle ostatnio przeprowadzonych eksperymentów, materia jądra pomimo swojej niskiej gęstości i wysokiej porowatości, stanowi monolityczną bryłę. Dowodzą tego liczne ślady po uderzeniach meteorytów, widoczne na ryc. 2. Misy kraterów osiągają średnicę do 5 km. Jeśli jądro komety byłoby zbudowane ze słabo zdiagenezowanego, puszystego materiału, tak silne uderzenia rozbiłyby je i kometa przestałaby istnieć. Występowanie kraterów meteorytowych na powierzchni jądra nie jest zresztą niczym szczególnym, gdyż stwierdza się je na wszystkich, nawet drobnych ciałach Układu Słonecznego. Ich występowanie może jednak świadczyć o tym, że tak pierwotny materiał kosmiczny, jakim jest substancja jądra komet, w przeszłości podlegała silnym przemianom geochemicznym związanym z procesami uderzeniowymi.

Czarna skorupa na powierzchni jądra jest, jak się wydaje, w około 10% spękana. Pęknięcia te mogły powstać w wyniku rozerwania skorupy eksplozjami zachodzącymi pod wpływem gromadzących się pod skorupą gazów, bądź też w wyniku zderzeń z meteorytami. W miejscu tych uszkodzeń tryskają dżety, będące źródłem strumieni pyłowo-gazowych.

Genezę smolistoczarnej substancji pokrywającej powierzchnię jądra można przez analogię porównać do pokryw mineralnych moren czołowych ziemskich lodow-

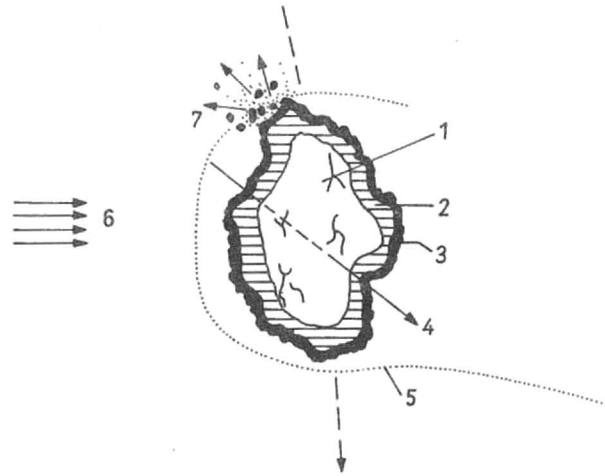
ców. Otóż materiał mineralny koncentruje się na powierzchni lodowca w miarę wytapiania się lodu. Podobnie, odparowywanie lodu pod powierzchnią jądra komety prowadzić może do tworzenia się skorupy, zbudowanej z substancji mineralnej spojonej mniej lotnymi frakcjami substancji organicznej, będącej swojego rodzaju lepiszczem. Czarna skorupa jądra komety o miąższości do kilku centymetrów dobrze pochłaniająca światło słoneczne, nagrzewając się prowadzi zapewne do tajania i odparowywania lodów występujących pod skorupą. Może to z kolei intensyfikować zachodzenie egzotermicznych reakcji chemicznych dodatkowo nagrzewających powierzchniowe strefy jądra. Pary, pyły i gazy, tworzące się w wyniku ogrzania materii jądra, uchodzą strumieniami poprzez uszkodzenia nieprzepuszczalnej i twardej skorupy (co autor wyjaśnia na ryc. 3). Można się spodziewać, że przypowierzchniowe strefy jądra komety (pod skorupą) są silnie kawerniste i stanowią porowatą strefę krzyżujących się ze sobą kanałów. Strefa ta, sięgająca kilku metrów, może być dobrym izolatorem cieplnym dla zamrożonej materii wnętrza. Nie ma podstaw by sądzić, że cała bryła jądra komety jest wciągnięta w procesy tajania i intensywnych reakcji chemicznych. Można przypuszczać, że na głębokości kilku metrów materiał jądra komety jest zamrożony i nienaruszony. Przyszłe misje kosmiczne, które będą miały za zadanie pobranie próbek materii kometarnej, powinny dostarczyć do badań nie tylko powierzchniowy materiał skorupy jądra, lecz ten pierwotny, położony na większej głębokości. Próbkę taką powinny dotrzeć na Ziemię w stanie zamrożonym (w temp.  $-100^{\circ}\text{C}$ ) i w tych warunkach być przechowywane i badane.

**Koma** jest utworzona z gazów i pyłów wyrzucanych z rozgrzanego ciepłem słonecznym jądra komety. Jasność komy tłumaczy się rozpraszaniem światła słonecznego na cząsteczkach pyłu i świeceniem zjonizowanych gazów pobudzanych przez ultrafioletowe promieniowanie Słońca. Koma jest również obszarem wzajemnego



Ryc. 2. Rysunek jądra komety Halleya wykonany na podstawie fotografii Giotto

Fig. 2. Sketch of nucleus of the Halley comet based on the Giotto photo



Ryc. 3. Model budowy wnętrza komety (wg autora)

1 – zamrożone pyłowo-lodowe wnętrze, 2 – porowata i kawernista strefa rozmarzania, 3 – czarna stwardniała skorupa, 4 – oś ruchu obrotowego, 5 – koma, 6 – promieniowanie słoneczne, 7 – lokalny wyrzut pyłu i gazu

Fig. 3. Model of comet internal structure (after the author)

1 – frozen dusty-ice interior, 2 – porous and cavernous zones of melting, 3 – black hard crust, 4 – axis of rotary movement, 5 – coma, 6 – solar radiation, 7 – local gas and dust ejection



oddziaływania substancji pochodzącej z wnętrza komety z jonami emanacji słonecznych.

Przed 1986 r. — na podstawie pośrednich danych — wiadomo było, że podstawowym składnikiem komety jest  $H_2O$  (2). Bezpośrednie jednak na to dowody uzyskano z badań komety Halleya. Pierwsze nazimne obserwacje (34) oraz następujące po nich pomiary wewnątrz komy wykazały, że spośród neutralnych gazów molekuly  $H_2O$  stanowią 80% objętości (21). W odległości 1000 km od jądra komety stężenie molekuł wody w  $1\text{ cm}^3$  wynosi  $4,3 \cdot 10^7$  cząsteczek. Czas w jakim taka cząsteczka mogła występować jako molekula neutralna (przed zjonizowaniem) wynosił  $4,3 \cdot 10^4\text{ s}$  (21).

Produktami rozpadu wody w kome są wodór i OH. Do czasu bezpośrednich badań komety Halleya sądzono, że woda stanowi ich jedyną macierzystą molekulę (2), obecnie przypuszcza się, że część wodoru pochodzi z rozpadu substancji organicznej (14). Do niedawna za drugi — po wodzie — składnik gazowy komy uważano  $CO_2$ . Jak jednak stwierdzono (kometa Halleya), z jądra jest wydzielany również CO. Dawniej uważano go za pochodzący z rozpadu  $CO_2$ . Ocenia się, że CO stanowi 17–20% strumienia  $H_2O$ , co czyni go drugim po wodzie gazem neutralnym komy.

Po przeliczeniu strumieni na masę okazuje się, że w przeciągu jednej sekundy jądro komety opuszcza 50 t  $H_2O$ , 2 t CO, 700 kg  $CO_2$  i 30 kg CS. Znaczna ilość jonów węgla może pochodzić ze zjonizowania atomowego węgla (1), nie wyklucza się również, że może on pochodzić z fotodysocjacji CO (35).

W kome komety Halleya zarejestrowano również znaczne ilości organicznych związków węgla (4, 10, 20, 25). Najprawdopodobniej są to policykliczne węglowodory aromatyczne (7), a ich molekularny stosunek do wody wynosi 1/10 (10). Daje to strumień materii organicznej zbliżony do strumienia CO (10, 25). Strumień wszystkich gazów zawierających węgiel może być zbliżony do strumienia wody.

Znacznie mniej, niż oczekiwano, pomierzono gazowych związków azotu (1, 21).

Wykonano analizy składu izotopowego niektórych gazów komy. Stosunek izotopów  $^{34}\text{S}/^{32}\text{S} = 0,045$ , co w przedziale 25% odpowiada ziemskiemu znaczeniu tej wielkości (21), stosunek deuteru do wodoru wynosi  $0,6 \cdot 10^{-4} < D/H < 4,8 \cdot 10^{-4}$ , co nie odbiega od ziemskich wartości, oraz wartości spotykanych przy pomiarach tej wielkości dla chondrytów węglistych. Stosunek  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  wynosi 0,0023 i jest zbliżony ze średnią jego wartością dla Układu Słonecznego, wynosząca 0,00205 (6). Na podstawie analizy tych danych można potwierdzić fakt, że chociaż komety powstały w odległych rejonach Układu Słonecznego, to ich materia wykazuje silny związek z resztą ciała układu.

Na temat składu chemicznego cząstek pyłowych komy, do czasu ich zbadania w komecie Halleya, wiedzano jedynie tyle, że w ich skład wchodzi krzemiany oraz takie metale, jak Fe, Ni, Cu, Co, Cr, Mn, V (2, 5). W trakcie badań bezpośrednich stwierdzono w pobliżu komety Halleya obecność dużej ilości bardzo drobnych cząstek pyłowych o masie poniżej  $10^{-14}\text{ g}$ , oraz zaobserwowano, że większość cząstek jest bardzo bogata w pierwiastki lekkie (H, C, N), przy czym nie są to cząstki lodu i mają one bardzo niski stosunek masy do objętości (16, 26). Analizy składu chemicznego cząstek pyłowych, uzyskane za pomocą masspektrometrów sond kosmicznych, wykazały że ponad 75% cząstek składa się z mieszaniny lekkich pierwiastków (H, C, N) z cięższymi (Na, Mg, Al, Si, S, Ca,

F), rzadziej występują cząstki pyłowe złożone wyłącznie z pierwiastków lekkich czy wyłącznie z cięższych (17). Przy porównaniu składu pyłu komety Halleya ze składem chondrytów węglistych C1 (16) okazało się, że pył komety jest nieco uboższy w O, Mg, Al, K, Ca, Fe, Ni z podobnymi zawartościami Na, S, Cr i Mn. Z kolei zawartość węgla w pyłe komety jest ośmiokrotnie wyższa niż w chondrytach węglistych C1 i bliska jest składowi słonecznemu (12, 13).

Ilościowe stosunki pyłowej i gazowej składowej komy są zmienne i kształtują się indywidualnie w różnych kometach. Dla komety Halleya z 1986 r. stosunek potoku masy pyłu do potoku masy gazu wydzielających się z jądra do komy wyniósł 0,1–0,25 (23), w szacunkach dla innych komet wartości te mogą osiągać nawet 0,5 do 1 (2).

Warkocz pyłowy komety składa się z drobnych cząsteczek pyłowych uformowanych w wyniku działania ciśnienia światła słonecznego w smugę wybiegającą z komy i kierującą się w stronę od Słońca. Siła ciśnienia światła zależy od rozmiarów i składu cząstek pyłu. Odpychaniu światła przewyższającego siłę przyciągania Słońca podlegają małe cząstki (poniżej  $0,1\ \mu\text{m}$ ) (5). Po opuszczeniu komy te submikronowe ziarenka, hamowane ciśnieniem światła, poruszają się po trajektoriach lekko różniących się od trajektorii jądra komety. W ten sposób warkocz pyłowy komety jest nieco „podkręcony”. Na samo jądro, ciśnienie światła nie wywiera żadnego wpływu, ze względu na jego masę. Najdrobniejsze cząsteczki pyłu komety, podlegając bezustannie działaniu ciśnienia światła słonecznego, ulegają stopniowemu rozproszeniu i zasilają obłoki pyłu międzyplanetarnego obserwowanego z Ziemi jako tzw. światło zodiakalne. Większe ziarna natomiast ulegają rozsianiu równomiernie wzdłuż orbity komety i nawet po jej rozpadzie przez jeszcze długi czas stanowią relikty jej istnienia. W przypadku przecięcia się orbity takiego strumienia ziarenek, pozostałych po nie istniejącej już komecie z orbitą Ziemi, występuje zjawisko spadania meteorów, czasem „deszczu” meteorów o dużej niekiedy intensywności.

Warkocz jonowy komety smukły i skierowany w linii prostej od Słońca powstaje na skutek działania na substancję komy „wiatru słonecznego”, czyli strumienia protonów i elektronów atmosfery słonecznej. W skład jonowy plazmy (zjonizowanego gazu) warkocza jonowego komety wchodzi następujące jony:  $H_2O^+$ ,  $OH^+$ ,  $CO^+$ ,  $CO_2^+$ ,  $C^+$ ,  $CH^+$ ,  $NH^+$ ,  $N_2^+$  i  $Ca^+$  (2). Warkocz ten wyciągnięty jest wzdłuż linii sił pola magnetycznego Słońca.

Badania komet i ich materii będą kontynuowane w przyszłości. Wydaje się, że korzyść naukowa z poznania najstarszego i najbardziej prymitywnego materiału planetotwórczego będzie większa niż z jakichkolwiek innych próbek, np. Marsa, Księżyca czy Wenus, gdyż materiał budujący komety stanowi zamrożony relikty najbardziej wczesnych faz formowania się Układu Słonecznego.

## L I T E R A T U R A

1. B a l s i g e r H., A t w e g g K. i in. — Nature, 1986 vol. 321 nr 6067 s. 330–334.
2. B e r t a u x J.L. — Encyclopaedia Universalis France S.A., 1983 s. 212–221.
3. B l a n c o A., B o r g h e s i A. i in. — Abstr. Symp. the Diversity and Similarity of Comets. Brussels, April, 1987 s. 167.
4. C o m b e s M., M o r o z V.I. i in. — Nature, 1986 vol. 321 nr 6067 s. 266–268.

5. Czuriu m o v K.I. — Komiety i ich nabliudieni-  
ja. Nauka, 1980.
6. Eberhardt P., Hodges R.R. i in.  
— LPSC XVIII, 1987 s. 252—253.
7. Encrenaz Th., Puget J.L. i in. — Abstr.  
Symp. the Diversity and Similarity of Comets. Brus-  
sels, April, 1987 s. 116.
8. Feston M.C., Feldman P.D. i in. — Natu-  
re, 1986 vol. 321 nr 6067 s. 361—363.
9. Gradie J., Veverka J. — Nature, 1980 vol.  
283 nr 5750 s. 840—842.
10. Grigorijew A.W. — Kosmiczeskije issledowa-  
nija. 1987 t. 25 nr 5 s. 810—814.
11. Hartmann W.K., Grui kshank D.P.,  
Thollen D.J. — LPSC XVIII, 1987 s. 392—393.
12. Jessberger E.K., Kissel J. — LPSC  
XVIII, 1987 s. 2 s. 466—467.
13. Jessberger E.K., Kissel J. i in. — [In:]  
Comet Nucleus Sample Return Mission. Proc. Work-  
shop, Canterbury, UK, ESA, 1986 SP-249 s. 28—80.
14. Kaneda E., Ashihara O. i in. — Nature,  
1986 vol. 321 nr 6067 s. 297—299.
15. Keller H.U., Aroigny C. i in. — Ibidem,  
1986 vol. 321 nr 6067 s. 320—326.
16. Kissel J., Brownlee D.E. i in. — Ibidem,  
1986 vol. 321 nr 6067 s. 336—337.
17. Kissel J., Brownlee D.E. i in. — Meteor-  
itics, 1986 vol. 21 nr 4 s. 416—417.
18. Kissel J., Krueger F.R. — Nature, 1987  
vol. 326 nr 6115 s. 755—760.
19. Kissel J., Krueger F.R. i in. — Ibidem,  
1987 vol. 328 nr 6126 s. 117.
20. Korth A., Richter A.K. i in. — Ibidem,  
1986 vol. 321 nr 6067 s. 235—336.
21. Krankowsky D., Lammerzahe P.  
i in. — Ibidem, 1986 vol. 321 nr 6067 s. 326—329.
22. Krasnopolsky V.A., Gogoshev M.  
i in. — Ibidem, 1986 vol. 321 nr 6067 s. 269—271.
23. Mazets E.P., Aptekar R.L. i in. — Ibidem,  
1986 vol. 321 nr 6067 s. 276—278.
24. Moroz W.I. — Kosmiczeskije issledowanija, 1987  
t. 25 nr 5 s. 643—648.
25. Moroz W.I., K o m b M. i in. — Ibidem, 1987 t.  
25 nr 5 s. 781—792.
26. Mukhin L.M., Evlanov E.N. i in.  
— LPSC, 28, P. 2, 1987 s. 674—675.
27. Nikolaeva O.V. — Reports Geochi., 1987  
AN SSSR.
28. Nikolaeva O.V. — LPSC XIX Huston, 1988.
29. Nikolskij J.W., Emerisz K. i in. — Kos-  
miczeskije Issledowanija, 1987 t. 25 nr 5 s. 793—809.
30. Reinhasd R. — Nature, 1986 vol. 321 nr 6067 s.  
313—318.
31. Sagdeev R.Z., Blamont J. — Ibidem 1986  
vol. 321 nr 6067 s. 259—261.
32. Sagdeev R.Z., Szabot F. i in. — Ibidem,  
1986 vol. 321 nr 6067 s. 262—266.
33. Sekanina Z., Larson S.M. — Ibidem,  
1986 vol. 321 nr 6067 s. 357—361.
34. Weaver H.A., Mumma M.J., Larson  
H.P. — Ibidem, 1986 vol. 324 nr 6096 s. 441—444.
35. Woods T.N., Feldman P.D. — Ibidem, vol.  
324 nr 6096 s. 436—438.

#### S U M M A R Y

Comets as space bodies were up till now the domain of astronomical studies. New possibilities for other types of investigations occurred during preparing and realization of scientific experiment in 1986 when five space probes were send from the Earth to meet the Halley comet. Author presented here an outline of current knowledge of comet structure, based on results of the Halley comet studies.

Model of comet nucleus structure (Fig. 3), proposed by author, was also discussed. Comet nucleus is covered with black, massive crust, up to several cm thick, composed of mineral grains (silicates), glued with organic carbon compounds. Under this crust occurs strongly cavernous layer, in which processes of melting, vaporization of ice, gases and volatile fractions of organic matter take place. Such layer could have the thickness up to several meters. Under it concentrates strongly porous, frozen comet substance, composed of ice, frozen gases, organic matter and silicate grains.

#### Р Е З Ю М Е

Кометы, как небесные тела, были до сих пор предметом исследований астрономов. После организации и выполнения научного эксперимента в 1986 г., когда на встречу с кометой Галлея из Земли было высланных 5 космических зондов, среди специалистов других отраслей возник большой интерес исследованиями комет.

В статье автор представил очерк современных знаний о строении комет, основанный на результатах исследований кометы Галлея. Автор представил также собственную модель строения ядра кометы (рис. 3). В этой модели ядро кометы покрыто черной, массивной коркой толщиной в несколько сантиметров, образованной минеральными зернами (силикатов), сцементированными органическими соединениями угля. Под этой коркой находится сильно кавернистый слой, в котором происходит таяние и выпаривание льда, газов и летучей фракции органического вещества. Мощность этого пористого слоя может достигать даже нескольких метров. Ниже находится сильно пористое мерзлое первичное вещество кометы, состоящее из льда, мерзлых газов, органического вещества и вмержших зерн минеральных силикатов.