

ALEKSANDR M. BERLANT
Moskiewski Państwowy Uniwersytet im. M.W. Łomonosowa
Moskwa
aberlyant@hotmail.com

Globusy elektroniczne – innowacje w kartografii*

Zarys treści. Autor omawia renesans globusów, jako środka przekazywania informacji o całej kuli ziemskiej w kontekście globalizacji. Omówiono kilka systemów informacji globalnej.

Słowa kluczowe: historia globusów, globalne kartowanie tematyczne, mapy i globusy elektroniczne

1. Konieczność globalnej wizualizacji

Globalna wizualizacja i monitoring planety – to aktualne i rzeczywiście pilne zadanie naukowe. Wystarczy wymienić globalne zmiany klimatu i globalne ocieplenie, globalne zanieczyszczenie środowiska naturalnego, globalne rozprzestrzenianie się epidemii, globalne konflikty i globalne interesy geopolityczne, transkontynentalne struktury gospodarcze i światowy podział pracy, geotelekomunikację i wspólną przestrzeń informacyjną – wszystkie te problemy stanęły przed ludzkością właśnie w skali planetarnej. Ich rozwiązanie – jeśli jest ono możliwe – powinno być przeprowadzone z wykorzystaniem technologii innowacyjnych właśnie w aspekcie globalnym. W wielu naukach przyrodniczych nie przypadkowo dodaje się przymiotnik „globalna”: globalna tektonika, globalna ekologia, globalna ekonomika itd.

Oczywiście zwiększyło to zainteresowanie kartowaniem globalnym, prezentującym planetę w całości. Kartografia dawno dysponuje takim środkiem – globusem, kulistym modelem, który dzięki geometrycznemu podobieństwu do naszej planety nie ma równych sobie środków wizualizacji kartograficznej. Jednakże z upływem czasu wielotomowe atlasy, szczegółowe mapy, obrazy satelitarne i geoprzedstawienia komputerowe prawie całkowicie wyparły globusy do sal muzealnych i pracowni szkolnych. Zachowały one rolę wspaniałej pomocy naukowej, mającej

wysokie walory dydaktyczne przy nauczaniu astronomii, geografii i kartografii. Monografie naukowe, uniwersyteckie i szkolne podręczniki geografii rzadko mają rozdziały o kartowaniu z wykorzystaniem globusów oraz o historii powstania globusów nieba gwiaździstego i Ziemi. Widocznie uważa się, że ich czas minął i w tej dziedzinie nie oczekuje się już jakichkolwiek innowacji i przełomów technologicznych.

Obecnie sytuacja uległa zmianie. Wraz z rozwojem kosmonautyki globusy wzniosły się na „wysoką orbitę”. Pilotowane statki kosmiczne wyposaża się w pomoce nawigacyjne w formie obracających się globusów – taki przyrząd okazał się najbardziej ergonomiczny i dogodny w niewielkiej kabinie kosmonauty. A na powierzchni globusów zaczęto nanosić nie tylko zwykłą treść mapy fizycznej, ale i zdjęcia satelitarne – w ten sposób model planety stał się jeszcze bardziej podobny do Ziemi widzianej z kosmosu.

Rozwój kartografii globusowej w trzecim tysiącleciu jest związany z pojawieniem się elektronicznych globusów wirtualnych. Ze starych szaf globus trafił na ekrany komputerów, gdzie kula obraca się w dowolnym kierunku, zmienia skalę i treść tematyczną za każdym naciśnięciem przycisku. Nie ma już problemu z transportowaniem masywnej drewnianej lub plastikowej kuli, „przenoszona” jest ona w pamięci noteboka lub przekazywana poprzez Internet. Globus jest zadziwiającym przykładem tego, jak stary wynalazek ludzkości rozpoczął drugie życie na nowym etapie wiedzy i postępu technologii. Globusy stały się podstawą kartograficznych systemów informacyjnych o zasięgu planetarnym i to

* Opracowanie wykonane w ramach „Programu popierania Wiodącej Szkoły Naukowej Federacji Rosyjskiej” (171.2008.5) i Grantu RFBR (08-05-00126-a).

zapoczątkowało rozwój technologii „Elektronicznej Ziemi”.



Ryc. 1. A – globus nawigacyjny (1541 r.) G. Merkatora i pomnik wielkiego kartografa w jego ojczyźnie w Rupelmonde (Wschodnia Flandria, Belgia); B – nawigator kosmiczny – część pulpitu sterowniczego pojazdu kosmicznego (źródło: Ju.A. Tjapczenko, *Sistemy otobrażenija informacii kompleksa „Almaz”*)

Fig. 1. A – navigational globe (1541) by G. Mercator and the monument of the great cartographer in his homeland – Rupelmonde (East Flanders, Belgium); B – space navigator – a part of a steering console of a space ship (source: Ju.A. Tjapczenko, *Sistemy otobrażenija informacii kompleksa „Almaz”*)

2. Pierwsze globusy nieba i ziemi

Pierwszymi globusami były oczywiście globusy nieba gwiaździstego. Ludzie przyzwyczaili się przedstawiać nieboskłon w formie kopuły nakrywającej Ziemię, po której przemieszczają się Słońce, Księżyc, planety i gwiazdozbiory. Sferyczne obrazy gwiaździstego nieba były znane kapłanom i astrologom starożytnego Egiptu, handlarzom Mezopotamii, starożytnym żeglarzom indyjskim i arabskim.

Uważa się, że pierwszy globus nieba sporządził grecki astronom Eudoksos z Knidos (408–335 r. przed n.e.). W historycznych źródłach na temat starożytnego Rzymu są wiadomości o mechanicznym globusie wielkiego Archimedesesa (ok. 287–212 r. przed n.e.). Później inny wielki grecki myśliciel Klaudiusz Ptolemeusz (ok. 90–168 r.) sporządził *armile* albo *sferę armilarną* – szczególny globus astronomiczny, składający się z ruchomych pierścieni, kręgów sfery niebieskiej, służących do pomiarów kątowych.

Globusy nieba utrwały bezpośrednio obserwacje ludzi, ich konkretne doświadczenia. Zupełnie inna sprawa – to globusy Ziemi. Odzwierciedlały one określoną koncepcję budowy Wszechświata i pojawiły się wówczas, kiedy przeważał pogląd o kulistym kształcie Ziemi. Wtedy też zostały sformułowane podstawowe pojęcia o matematycznej podstawie map, południkach, równoleżnikach, skali i znakach umownych na mapach. Pierwsze globusy Ziemi były wynikiem rozwoju antycznej geografii i kartografii oraz nagromadzenia obszernej wiedzy z zakresu astronomii i geodezji. W harmonijnym i doskonałym geometrycznym obrazie Wszechświata globusy uzyskały należne miejsce dzięki swojej prostocie, użyteczności i szczególnemu pięknu.

W okresie średniowiecza intelektualne osiągnięcia starożytnych Greków i Rzymian, a w tym i spuścizna kartograficzna, zostały w dużej mierze zapomniane. Powrócono do nich dopiero w XV w., kiedy pojawiła się konieczność odzwierciedlenia rezultatów Wielkich Odkryć Geograficznych, przedstawiania na mapach nowej wiedzy o przyrodzie, ludności i zasobach świata. W 1492 r. pierwszy europejski globus Ziemi współczesnego typu – „Erdapfel” czyli „ziemskie jabłko” – sporządził Martin Behaim (1459–1507) z Norymbergii. Na globus przenosił on treść map Ptolemeusza, zaktualizował je zgodnie z materiałami europejskich i arabskich podróżników i innymi źródłami. Na globusie o średnicy 51 cm zostały pokazane: równik podzielony na

360 stopni, dwa zwrotniki, kręgi polarne, a także jeden południk – 80° na zachód od Lizbony. M. Behaim przygotowywał globus jako dzieło kartografii i sztuki, zaangażował do opracowania malarza Georga Holschumera, który wykonał ponad sto kolorowych miniatur, symbole astrologiczne i artystyczne napisy. Tradycję tę później rozwijało wielu mistrzów. W największych muzeach Europy eksponowane są globusy zrobione z miedzi i cennych gatunków drewna, ozdobione malowidłami i artystycznymi detalami.

Globus M. Behaima utrwalał przedkolumbijskie wyobrażenia o kuli ziemskiej akurat w przeddzień odkrycia Ameryki. Przedstawiono na nim szczegółowo znany Europejczykom Stary Świat, ale nie ma Ameryki, zaś Ocean Atlantycki rozpościera się do brzegów Azji Wschodniej. Historyk kartografii Leo Bagrow (2004) pisał, że globus ten odzwierciedlił idee kosmograficzne Kolumba jeszcze zanim wypłynął w 1492 r. w swoją pierwszą ekspedycję. Jest z pewnością niemożliwe, aby Kolumb kiedykolwiek widział ten globus lub spotkał się z Behaimem, ale mógł zobaczyć prototyp tego globusa i porównać z nim swoją wiedzę.

Globus, na którym po raz pierwszy był przedstawiony Nowy Świat, po upływie zaledwie 15 lat od odkrycia Ameryki sporządził kartograf i wydawca z Lotaryngii Martin Waldseemüller. W 1507 r. opublikował on notatki Amerigo Vespucciego i globusową mapę świata w postaci 12 południkowych segmentów. Po raz pierwszy na niej Nowy Świat nazwano Ameryką, wydzielono kontynenty północny i południowy, zaś na zachód od nich pokazano Ocean Spokojny.

Za kolejne w tym czasie szczytowe osiągnięcie tej dziedziny kartografii uważa się globusy „króla kartografów”, kosmografa i rytownika Gerarda Merkatora (1512–1594). Pomnik w mieście urodzenia Merkatora (Rupelmonde

w Belgii), przedstawia go z globusem w rękę. Najbardziej doskonały ze swoich globusów Merkator wykonał w 1541 r. Kula o średnicy 42 cm



Ryc. 2. Globus-planetarium z Gottorf, wkonany w 1713 r., odtworzony w latach 1747–1752; znajduje się w Petersburgu (źródło: E. Karpiev 2007)

Fig. 2. Globe-planetarium from Gottorf, made in 1713, reconstructed in 1747–1752; now in Sankt Petersburg (source: E. Karpeev 2007)

obracała się wokół osi biegunowej, złączonej masywnym miedzianym pierścieniem, podzielonym na stopnie. Pierścień obracał się w horyzontalnym kręgu podstawy, tak że globus kręcił się w dowolnym kierunku oraz pozwalał na obliczanie kątów i odległości (A.Z. Alejner i inni 1962). W celu ułatwienia nawigacji, na globus naniesiono system loksodrom. Innymi słowy, był to pierwszy globus nawigacyjny (ryc. 1).

Mówiąc o historii globusów, trzeba wspomnieć o globusach-gigantach. Jeden z nich – globus-planetarium o średnicy 3,1 m i wadze 3,5 tony znajduje się w Petersburgu w muzeum M.W. Łomonosowa. Został wykonany przez europejskiego geografa Adama Olerai (1599–1671) dla księcia Fryderyka III Holsztyńskiego i znajdował się w twierdzy Gottorf koło miasta Szlezwik. Pusta kula miała żelazny szkielet z drewnianym i miedzianym poszyciem, jej powierzchnie wewnętrzna i zewnętrzna były oklejone grubym

plótnem, na którym namalowano: na zewnątrz – obraz kuli ziemskiej, wewnątrz – gwiazdziste niebo ze wszystkimi gwiazdozbiorami. Globus-planetarium obracał się dzięki kołu hydraulicznemu, wykonując jeden obrót na dobę. Do wnętrza kuli prowadziły sferyczne drzwi (E. Karpiejew 2004). W 1717 r. globus przywieziono do Petersburga jako dar dla Piotra I. Po 30 latach globus został zniszczony przez pożar, ale pod kierunkiem M.W. Łomonosowa odtworzono go i odnowiono (ryc. 2).

W historii kartografii globusowej jest wiele przykładów wielkiego mistrzostwa europejskich kartografów, astronomów, mechaników, rytowników i artystów. Świadczy o tym bogata wystawa polskich globusów, jaka miała miejsce w 2006 r. w muzeum Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie (M. Taborska 2006). Technologie wykonywania globusów czekają jeszcze na zbadanie; mogą one okazać się niezwykle użyteczne dla rozwoju innowacji i współczesnych idei.

3. Klasyfikacja globusów

Zróznicowane cechy globusów umożliwiają ich klasyfikację na podstawie różnych kryteriów. Według **przedstawianych obiektów** rozróżnia się globusy nieba gwiazdzistego, Ziemi, planet, satelitów planet. Globusy nieba pojawiły się w odległej starożytności, natomiast globusy innych planet niż Ziemia i ich satelitów stosunkowo niedawno, w miarę rozwoju zdjęć kosmicznych, planetologii i geodezji satelitarnej. Dla satelitów planet i asteroidów kartografia matematyczna stosuje trzyosiowe elipsoidy i bardziej złożone, geometrycznie nieregularne figury, ale zachowują one nazwę „globus”.

Według **tematyki** globusy, podobnie jak mapy geograficzne, można podzielić na przyrodnicze, społeczno-ekonomiczne, ekologiczne, a następnie – wedle poszczególnych tematów. Póki różnorodność tematyczna globusów nie jest zbyt duża, można ograniczyć się do najbardziej ogólnego podziału: globusy powierzchni (rzeźby) planet; globusy poszczególnych powłok, w tym litosfery, atmosfery, hydrosfery, pedosfery, biosfery, socjo- i technosfery.

Niektóre z wymienionych powłok istnieją i na innych planetach. Niezwykłe różnorodne formy powierzchni, cechy strukturalno-morfologiczne, fotometryczne, fizyczno-chemiczne – wszystko to są tematy możliwe do pokazania na globusach obiektów pozaziemskich. Na oddzielne miejsce zasługują globusy Słońca. Poznanie tego ciała

niebieskiego postępuje szybko i można oczekiwać pojawienia się modeli jego fotosfery, strefy konwekcji, chromosfery, plam słonecznych, korony i innych na razie nieznanym nam powłok i zjawisk.

Najbardziej tradycyjny jest podział globusów zgodnie z ich **przeznaczeniem** na dydaktyczne i naukowo-dydaktyczne, nawigacyjne, informacyjne, do pokazów (z podświetleniem, wyjmowanymi wycinkami, rozkładane itp.), globusy-zegarki i globusy-kalendarze. Trudno przecenić znaczenie globusów jako pogładowej pomocy naukowej dla geodezji, planetologii, teledetekcji – oraz szczególnie – dla kartografii matematycznej. Cechy odwzorowania, rozkład zniekształceń, układ współrzędnych, położenie loksodrom i orotodrom, podział arkuszowy map – wszystkie te tematy są bezpośrednio związane z globusami. Do celów nauczania wytwarza się globusy indukcyjne, czarne jak szkolna tablica, aby rysować na nich kredą oraz białe matowe globusy do rysowania kolorowymi flamastrami, rozkładane, przezroczyste i podświetlane sfery, globusy z konturami bez nazewnictwa, w rodzaju map konturowych itd.

Globusy do pokazów są wydzielane jako oddzielna grupa, chociaż wyrażając się ściśle, wszystkie globusy są przeznaczone do pokazów. Warto zwrócić uwagę na globusy rozkładane¹, które są specjalnie przeznaczone do pokazania powłok ziemskich lub wewnętrznej budowy planety: skorupy ziemskiej, płaszcz, jądra, ruchów płyt tektonicznych, wulkanizmu itp.

Umownie można zaliczyć do globusów także planetaria, tj. sfery, gdzie pokazywane jest gwiazdziste niebo oraz jego widoczne dobowe i roczne obroty, ruchy ciał niebieskich, zaćmienia Słońca i Księżycy itp. Zrobiono przezroczyste akrylowe i szklane globusy o średnicy 30–40 cm, na powierzchnię których naniesiono planety, gwiazdozbiory, zaś wewnątrz, w centrum przezroczystej kuli umieszczono globus Ziemi o średnicy około 10 cm.

Globusy rozróżnia się również według **sposobu wytwarzania**. Można wyróżnić:

- modele naturalne lub fizyczne (drewniane, metalowe, szklane, plastikowe i inne);
- stereoskopowe, anaglifowe, holograficzne;
- elektroniczne (wirtualne).

Sposób wytwarzania zależy od materiału, z

¹ Por. F. Uhorczak, S. Gurba, *Tematyczny 12-ścienny globus składany 1:100 000 000. Strefy klimatyczne. Strefy roślinne i prądy morskie*. Lublin: Zakład Kartografii UMCS, 1976.

Tab. 1. Skale i średnice globusów

Rodzaje globusów Ziemi	Skale	Średnice w cm (w zaokrągleniu)
Gabinetowe (duże, stojące)	1:10 000 000 –1:30 000 000	od 128 do 42,5
Podręczne (średnie)	1:40 000 000–1:100 000 000	od 31,6 do 12,8
Małe	1:120 000 000–1:250 000 000	od 10,6 do 5
Miniaturowe	poniżej 1:250 000 000	mniej niż 5

którego jest zrobiony globus. Początkowo wykonywano je z papier-mâché lub z drewnianych deszczulek połączonych jak korpusy instrumentów muzycznych. Później zaczęto kule odlewać z metalu i oklejać je mapami zwanymi globusowymi. Wiele starych globusów nie zachowało się, podczas gdy czas oszczędził mapy drukowane zaledwie w dziesiątkach egzemplarzy. W XX w. globusy szkolne robiono z kartonu i ręcznie oklejano specjalnie przygotowanymi segmentami. Technologie uległy zmianie po pojawieniu się materiałów termoplastycznych. Formuje się z nich półkule, a następnie skleja.

Dość efektywnie wyglądają globusy holograficzne – obrazy przestrzenne otrzymywane drogą rejestracji fali świetlnej. Eksperymenty z globusami holograficznymi jeszcze do niedawna wydawały się mieć ciekawe perspektywy, ale wraz z rozwojem bardziej dostępnych technologii modelowania wirtualnego stracono nimi zainteresowanie.

Najbardziej naturalny jest podział globusów według **rozmiarów**, tj. wielkości ich średnicy. Daje to wyobrażenie o skali, szczegółowości i w pewnej mierze o przeznaczeniu globusa. Taka klasyfikacja jest celowa dla modeli naturalnych, ale nieprzydatna dla globusów elektronicznych, których średnica określona jest przez rozmiar ekranu monitora i parametry zmiany skali. Korzystając z tradycyjnej klasyfikacji map Ziemi można zaproponować podział globusów, podany w tabeli 1.

Powyższy podział jest umowny, na przykład globusy stojące mogą mieć mniejsze rozmiary; wiele zależy od ich zewnętrznej oprawy. Wszystkie modele zalicza się do małoskalowych obrazów geograficznych. Poza klasyfikacją pozostały duże globusy typu planetarium, ale są to pojedyncze egzemplarze.

Oddzielny problem to wybór skali pionowej globusów. Jeśli przyjąć, na przykład, dziesięciokrotne przewyższenie skali pionowej w stosunku do skali poziomej, to na globusie w skali

1:40 000 000 Mt. Everest będzie miał wysokość 2 mm, a Rów Mariański okaże się ledwie zauważalnym zagłębieniem – mniej niż 3 mm. Globus będzie nie tyle plastyczny, co będzie miał lekko chropowatą powierzchnię.

Aby odzwierciedlić zróżnicowanie rzeźby Ziemi należy uciekać się do zdecydowanego przewiększenia skali pionowej, stosowanego na profilach topograficznych. I tak amerykańska firma Rand McNally sporządziła mierzący sześć stóp (o średnicy 183 cm) plastyczny globus dna oceanicznego, gdzie do pokazania głębin przyjęta została skala bliska logarytmicznej. Głębokości do 500 m dano z 80-krotnym przewiększeniem w stosunku do skali poziomej, a z głębokością zniekształcenie głębin zmniejsza się i po 9 000 m niweluje do zera. Ten sposób zyskał uznanie u odbiorców i w 2004 r. analogiczne podejście zastosowała firma Relief Globe Company, opracowująca metodykę wykonywania plastycznych globusów z tworzyw sztucznych, wykorzystując modele cyfrowe (*The Relief Globe...*). Wśród wyprodukowanych przez nią globusów godny uwagi jest duży globus Ziemi w skali 1:28 000 000, o średnicy 46 cm. Ten unikalny model ma 250-krotne (!) przewiększenie skali pionowej w stosunku do poziomej (ryc. 3A). Globus jest niebieską gładką kulą, na powierzchni której wznoszą się łądy i wyspy z masywami górskimi i spiczastymi szczytami. Baza danych obejmuje około dwa miliony punktów wysokościowych, a model rzeźby składa się z półtora miliona trójkątów Delaneya, mających kolor zielono-żółto-brązowy. Grenlandia i wyspy polarne górują białymi „kawałkami lodu”. Z powodu rażącego przewiększenia wysokości kula ziemiska wygląda niezwykle, zupełnie jak jeż ze sterzcącymi we wszystkie strony igłami. Z trudem tylko można ją nazwać kulą.

Ta sama firma wykonała globus batymetryczny, na którym zlocistobrazowe łądy mają gładką kulistą powierzchnię, Antarktyda jest szarobłękitna, zaś dno oceanu – niebieskie, przy 150-

-krotnym przewiększeniu skali głębin (ryc. 3B). Wyraźcie pokazuje złożoną rzeźbę podwodną, rozczłonkowania grzbietów śródoceanicznych, wąskie podłużne zagłębienia, podwodne wulkany itp. I znowu widok bardzo niezwykły, planeta podobna jest do nadgryzionego jabłka.



Ryc. 3. Globusy plastyczne Ziemi: A – rzeźbę lądu pokazano z 250-krotnym przewiększeniem skali pionowej, B – rzeźbę dna morskiego z 150-krotnym (źródło: *The Relief Globe Company* <http://www.reliefglobe.com/>)

Fig. 3. Globes of the Earth: A – relief shown with the scale exaggeration of 250 times for continents and B – 150 times for seabed (source: *The Relief Globe Company*)

4. Globusy elektroniczne

W historii kartografii jest wiele przykładów, jak dawne osiągnięcia i opracowania, które wydawałyby się odeszły już w przeszłość, stają się ponownie użyteczne i godne zainteresowania na kolejnym etapie postępu technicznego. Globusy są być może najbardziej dobitnym świadectwem tego, iż żadna wiedza nie znika bez śladu. Wskażmy więc podstawowe cechy współczesnych wirtualnych modeli naszej planety:

- globusy przestały być masywne, niewygodne do transportowania, obecnie mieszczą się one swobodnie na płycie kompaktowej;

- globusy nie są wykonywane wyłącznie w małych skalach; każdy ich fragment można powiększyć na ekranie do średniej, a nawet dużej skali;

- zmiana skali pozwala na przejście od jednego poziomu szczegółowości do innego, tj. na wielostopniową generalizację, co jest ważne, gdy chcemy pokazać hierarchię geosystemów planetarnych;

- zlikwidowane zostały ograniczenia wielkości legendy; można ją rozmieszczać w całości lub we fragmentach na ekranie obok globusa;

- globusy obracają się nie tylko wokół osi Ziemi, ale także w innych kierunkach wskazanych interaktywnie przez użytkownika;

- przy nawigacji za pomocą wirtualnego globusa elektronicznego wystarczy wskazać punkt początkowy i współrzędne punktu docelowego;

- pojawiła się możliwość zmiany formy graficznej globusa i jego skali pionowej oraz budowania trójwymiarowych i perspektywicznych modeli rzeźby;

- możliwa jest zmiana tematyki globusa, zależna jedynie od istnienia odpowiednich baz danych;

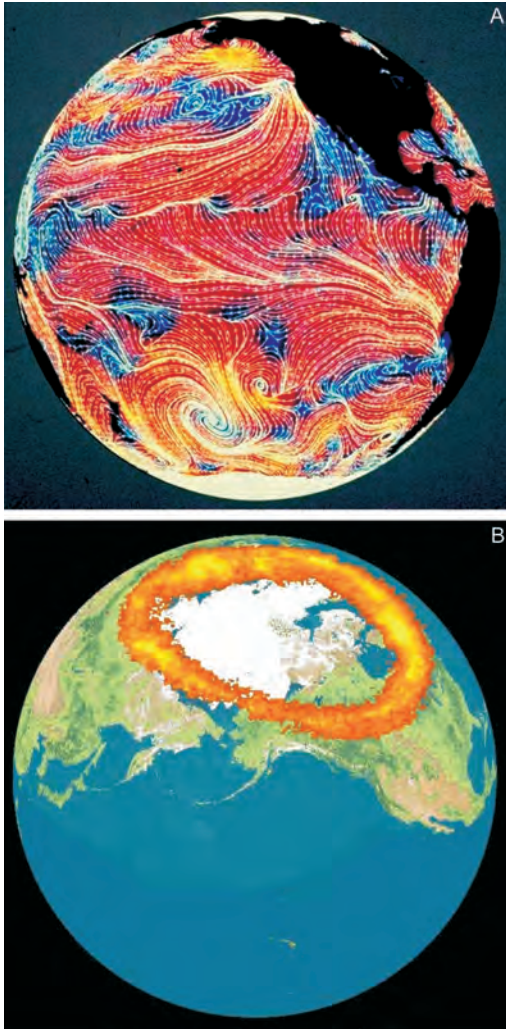
- rozszerzył się zakres zmian formy graficznej globusa, który można wykonać jako tradycyjny obraz kartograficzny, w postaci modelu „fotograficznego”, a także w wariantcie „fotokartograficznym”, na przykład dodając na zdjęciu granice państw i nazewnictwo;

- jak każdy model kartograficzny, globus elektroniczny pozwala na wizualizację nie tylko obiektów realnych, ale i abstrakcyjnych.

Zdjęcia z kosmosu, w szczególności z geostacjonarnych satelitów meteorologicznych, dostarczyły niespotykanego uprzednio bogactwa materiałów do kartowania globalnego. Otrzymaliśmy nowe wiadomości o promieniowaniu słonecznym, o strefach krajobrazowych, o glo-

balnej cyrkulacji atmosferycznej i oceanicznej, typach pokrywy chmur itd. Dane te są niezbędne do operatywnego kartowania w czasie rzeczywistym, do monitoringu i prognozowania rozwoju procesów globalnych.

Globusy o tematyce meteorologicznej i glo-



Ryc. 4. Globusy elektroniczne NASA: A – wzajemne oddziaływanie oceanu i atmosfery, B – strefa zorzy polarnej w rejonie północnego bieguna magnetycznego Ziemi (źródło: *The Great Globe Gallery*)

<http://www.staff.amu.edu.pl/~zbzw/glob/glob21.htm>; <http://www.staff.amu.edu.pl/~zbzw/glob3c.htm>

Fig. 4. Electronic globes used by NASA: A – mutual interaction of the ocean and the atmosphere, B – zone of aurora borealis in the area of northern magnetic pole of the Earth (source: *The Great Globe Gallery*)

busy zjawisk atmosferycznych wytwarzane są obecnie niemal wyłącznie w formie elektronicznej. Tu najbardziej przydatne jest planetarne pole widzenia i dynamika globusów elektronicznych. Z punktu widzenia rozwiązań kartograficznych interesujące są globusy elektroniczne pokazujące wzajemne oddziaływanie oceanu i atmosfery oraz zorze polarne (*The Great Globe...*). Na tle niebieskich oceanów białe strzałki prądów oceanicznych charakteryzują ogólny obraz trwałych struktur prostoliniowych, cyklonalnych i antycyklonalnych. Powyżej nich liniami (wektorami) w kolorze żółtopomarańczowym pokazano planetarny system prądów powietrznych, oznaczono cyklony i antycyklony atmosferyczne, strefy frontów itp. (ryc. 4A). Nałożenie dwóch systemów wektorów przekazuje poglądowo złożony obraz wzajemnego oddziaływania atmosfery i oceanu oraz wzajemne uwarunkowania klimatyczne.

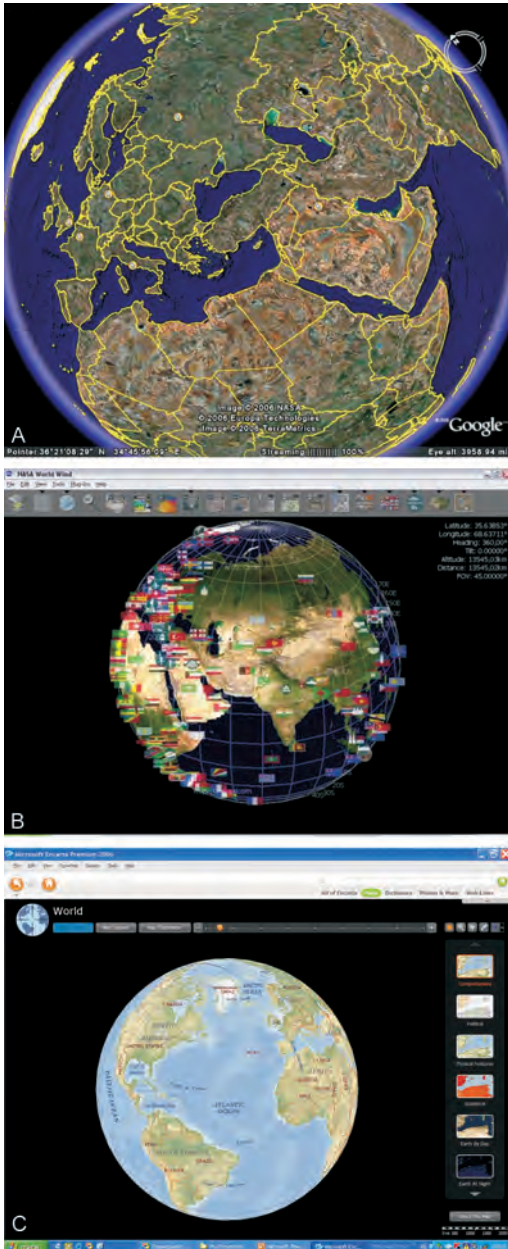
Bardzo sugestywny jest globus elektroniczny, demonstrujący koronę zorzy polarnej (ryc. 4B). To zjawisko jonosferyczne pojawia się w postaci dyfuzyjnego świecenia rozrzedzonego powietrza, rozbłysków na wysokościach od 60 do 1000 km w pobliżu biegunów magnetycznych. Globus animowany pokazuje zmieniającą się kolorystykę i przemieszczanie aureoli zorzy polarnej na planecie, jak się wydaje, w sposób nie mniej efektowny, niż samo luminiscencyjne świecenie atmosfery.

5. Globusowe systemy informacyjne

Na początku XXI wieku kartografia dokonała ważnego kroku w swoim rozwoju: opracowano działający model fotokartograficzny wieloskalowego, multigeneralizowanego globalnego elektroniczno-informacyjnego systemu planety Ziemia, pozwalający na stałą jego aktualizację. Znaczenie tego osiągnięcia technicznego można porównać z takimi wynalazkami, jak sieć telefoniczna i komputerowa, które objęły całą planetę, przy czym nie istnieją zasadnicze przeszkody techniczne w dalszym doskonaleniu modelu globusa elektronicznego.

Wielki system poszukiwawczy Google Earth pozwala zobaczyć każdą część planety. Kadr początkowy daje obraz Ameryki Północnej o rozmiarach całego ekranu na tle gwiazdzonego nieba (ryc. 5A). Można obracać globusem w dowolnym kierunku i wielokrotnie powiększać skalę. Co prawda, w różnych częściach kuli ziemskiej możliwości powiększenia nie są takie

same: na przykład dla Nowego Jorku i Moskwy można otrzymać obrazy w skali około 1:1000 i dokładnie rozpoznać auta na autostradach, zaś w środkowej Rosji skala zachowująca dobrą rozdzielczość waha się od 1:10 000 do 1:50 000 – a to dlatego, że planeta jest nierównomiernie pokryta wielkoskalowymi obrazami satelitarnymi.



Jeszcze jedna możliwość – to lot do wyznaczonego obiektu. Należy jedynie wskazać w oknie poszukiwań punkt docelowy. Lot rozpoczyna się od punktu Mountain View w Kalifornii, gdzie znajduje się kampus Google i kończy się nad wyznaczonym punktem, po czym można za pomocą przycisków interfejsu przemieszczać obraz na prawo i na lewo oraz w górę i w dół, obracać obraz w płaszczyźnie horyzontalnej o 360°, nachylać go w stosunku do horyzontu prawie do 90°, by osiągnąć efekt panoramiczny. Dla wielkich miast świata można konstruować obrazy trójwymiarowe. Obraz jest całkowicie wolny od zachmurzenia. Można nałożyć warstwę z siecią drogową z posiadanej bazy danych, chociaż dla niektórych regionów dane te są znacznie zdezaktualizowane. Można również dodać schematyczny obraz rzeźby terenu, a w każdym razie zobaczyć ważniejsze wzniesienia i zagłębienia.

System Google został opracowany w połowie lat dziewięćdziesiątych XX wieku w Uniwersytecie Stanforda (USA) w dysertacji doktorskiej Sergey Brin i Larry Page – aspirantów wydziału informatyki. Od tego czasu system jest ciągle doskonalony. Obecnie Google Earth uzupełniono wersjami komercyjnymi Plus i Pro, dysponującymi wysoką rozdzielczością poniżej 1 m, a ponadto zapewniającymi synchronizację z globalnymi systemami pozycjonowania (GPS). Nie ma wątpliwości, że za globusem „ogólnogeograficznym” przyjdą i globalne warianty tematyczne: geologiczne, hydrologiczne, meteorologiczne, ekologiczne, geobotaniczne i inne systemy informacyjne. W pełni można sobie wyobrazić globusy tematyczne zmieniające się w każdym sezonie, co miesiąc, a nawet co dobę. Jeszcze jeden kierunek możliwego rozwoju kartowania globalnego – to stworzenie kartograficznych systemów skutecznego monitorowania regionów wysokiego ryzyka w skali planetarnej, na przykład monitoring aktywności wulkanicznej,

Ryc. 5. Elektroniczne informacyjno-poradnikowe systemy globusów: A – globus elektroniczny systemu Google (źródło: <http://earth.google.com/>), B – ekran początkowy systemu NASA World Wind (źródło: <http://worldwind.arc.nasa.gov/>), C – globus elektroniczny systemu Encarta (źródło: Globe, Microsoft Encarta2006®) <http://www.staff.amu.edu.pl/~zbzw/glob/glob21.htm>;
<http://www.staff.amu.edu.pl/~zbzw/glob3c.htm>)

Fig. 5. Electronic educational-informational globe systems: A – Google electronic globe, B – starting screen of NASA World Wind, C – electronic globe of Encarta system (source: Globe, Microsoft Encarta2006®)

groźby lawin, katastrofalnych tsunami, powodzi itp. System Google już wyszedł poza ramy kartowania ziemskiego – stworzono systemy globusów Marsa, Księżyca, Wenus i Merkurego.

Inny globalny system informacyjny World Wind (Światowy Wiatr) został opracowany w Stanach Zjednoczonych przez Narodową Agencję Aeronautyki i Przestrzeni Kosmicznej (NASA...). World Wind to wirtualny globus wykonany głównie na podstawie zdjęć z satelity Landsat 7 z lat 1999–2003 o rozdzielczości 15–20 m oraz z wykorzystaniem materiałów lotniczych służby geologicznej USA (USGS). Ich ogólna pojemność osiąga dziesiątki tysięcy gigabajtów. Terytorium USA zostało pokazane ze szczególną dokładnością – z rozdzielczością do 0,33 m/piksel, co stwarza iluzję oglądania powierzchni z wysokości 20 m.

W ogólnodostępnym systemie World Wind zarządzanym przez Microsoft Windows, zapewniono tworzenie trójwymiarowych modeli topograficznych. W dystrybucji są mapy wielkoskalowe; można je powiększać i zmniejszać, wybierać kierunek oglądu i kąt widzenia. Można dodatkowo nanieść granice polityczne i administracyjne oraz nazwy obiektów geograficznych.

Globus wirtualny World Wind pojawia się na ekranie w barwach krajobrazowych i towarzyszy mu prosty i funkcjonalny panel interfejsu. Dodatkowo wyświetlają się wszystkie granice administracyjne, kolorowe flagi państw, nazwy miast i jednostek administracyjnych, a także współrzędne każdego wskazanego punktu na globusie (ryc. 5B). Po naciśnięciu kursorem ikony flagi państwowej użytkownik może wejść do wirtualnego systemu informacyjnego CIA World Fact Book, który wyświetla na ekranie mapę przeglądową i ogólną informację przewodnikową o kraju. System wyszukiwania pozwala wejść na strony internetowe Wolnej Encyklopedii Wirtualnej *Wikipedia*, która zawiera wiadomości o historii kraju i wszystkim, co godne uwagi, a także fotografie niektórych obiektów.

System World Wind ma wbudowane moduły WWS Browser i Scientific Visualization Studio. Pierwszy z nich otwiera dostęp do informacji z serwera NASA i umożliwia otrzymanie wiadomości o pogodzie, zachmurzeniu i stanie powierzchni morza, o poziomie promieniowania, pożarach w różnych regionach planety – w określonym dniu. Ponadto program przewiduje możliwość zrobienia animacji dla jednego wycinka planety na podstawie zdjęć wykonanych w różnym czasie, co umożliwia poglądowe przed-

stawienie zjawisk i procesów dynamicznych.

Drugi moduł, Scientific Visualization Studio, pozwala na otrzymanie w trybie interaktywnym informacji o klęskach żywiołowych we wskazanym regionie kuli ziemskiej. Baza zawiera dane o takich katastrofalnych wydarzeniach na planecie poczynając od grudnia 2002 roku. Zdjęcia są codziennie aktualizowane.

W odróżnieniu od Google system World Wind jest skierowany do użytkowników, których interesują przede wszystkim fakty geograficzne i szczególne cechy terytoriów, a więc zarówno do uczących w szkole, jak i profesjonalnych geologów. Obecny wariant systemu nie zawiera informacji komercyjnych.

Jeszcze jeden system globusowy, zasługujący na uwagę, to multimedialna encyklopedia *Encarta* korporacji Microsoft (ryc. 5C). Ostatnio przygotowano trzy jej wersje: „bazową”, „premium” i „bibliotekę poradnikową”, wydane na CD i DVD (*Encarta...*). Na treść systemu składają się wiadomości z historii (z materiałami archiwalnymi włącznie), geografii i nauk pokrewnych, statystyki ekonomicznej, kultury, sztuki i literatury; ponadto angielskie słowniki kilku języków wspomagane nagraną wymową, jak również dość szczegółowy atlas elektroniczny – jest to jednocześnie dzieło encyklopedyczne i kartograficzne, co znalazło wyraz w nazwie wydania elektronicznego.

Zawartość *Encarta* to około 68 tysięcy haseł encyklopedycznych, ponad 25 tysięcy ilustracji, rysunków i fotografii, 300 filmów video, włącznie z panoramami dużych miast świata, scenariusze trójwymiarowych wirtualnych lotów nad godnymi uwagi krajobrazami i wycieczki wirtualne do starożytnych cudów architektury, na przykład na Akropol. Wszystkie materiały video są powiązane odsyłaczami z artykułami encyklopedii i z zasady mają wyjście do stron w Internecie.

Można uznać, że system funkcjonuje jak wydawnictwo naukowo-informacyjne i szkoleniowe do szerokiego użytku, zaś główni jego odbiorcy to osoby wykształcone: nauczyciele, wykładowcy uniwersytetów, studenci, uczniowie. W wieloplanowym otoczeniu multimedialnym, o bardzo różnorodnym składzie i poziomie informacyjno-naukowym, szczególne miejsce przypada interaktywnemu *Atlasowi świata*. Zawiera on około 1,8 mln nazw geograficznych, włącza system poradnikowo-poszukiwawczy, podsystem odsyłaczy do stron internetowych, dzięki czemu zapewnia nawigację w Internecie. Podstawa części kartograficznej *Encarta* to globus wirtu-

alny oprogramowany przez Microsoft MapPoint, który może obracać się w dowolnym kierunku i zmieniać skalę – od pokazania całej kuli ziemskiej na jednym ekranie, przykładowo w skali 1:100 000 000 po mapy wielkoskalowe 1:2000 – 1:5000, tak że można rozpoznać ulice niektórych dużych miast. Globus jest wielotematyczny i pozwala na pokazanie licznych aspektów fizycznogeograficznych, społeczno-ekonomicznych, politycznych, ekologicznych i z zakresu ochrony przyrody.

Interfejs umożliwia dokonywanie pomiarów na mapach, nanoszenie obiektów według współrzędnych, zmianę formy graficznej samego obrazu kartograficznego, uzyskiwanie krótkich informacji encyklopedycznych oraz fotografii krajobrazów przyrodniczych. Przyciski na panelu, znajdującym się na lewo od mapy, zapewniają przejście do następujących rozdziałów: Ustrój polityczno-administracyjny, Właściwości fizycznogeograficzne (z kadrami poszczególnych krajobrazów), Statystyka, Kula ziemiska w dzień (przedstawienie krajobrazowe), Kula ziemiska w nocy, Tektonika, Regiony ekologiczne, Regiony klimatyczne, Temperatury stycznia, Temperatury lipca, Opady w styczniu, Opady w lipcu, Roczna suma opadów, Rozmieszczenie ludności, Języki, Regiony, Strefy czasowe, Granice, Księżyc (obracający się, zaopatrzone w skalę globus całego Księżycy).

W niektórych rozdziałach jest dodatkowe menu, poświęcone węższemu tematowi. Na przykład rozdział Statystyka ma podrozdziały zawierające wskaźniki statystyczne dotyczące rolnictwa, komunikacji, ekonomiki, edukacji, energetyki i zasobów mineralnych, ekologii, geografii, zdrowia ludności, osadnictwa, handlu i transportu. Z kolei każdy podrozdział zawiera dziesiątki szczegółowych wskaźników, które po naciśnięciu klawisza myszki pojawiają się przed czytelnikiem w postaci analitycznych kartogramów ciągłych z histogramami statystycznego rozkładu danego wskaźnika. Na wielu mapach można dodawać siatkę południków i równoleżników, wywoływać warstwy „miasta” z ludnością powyżej 1 mln, od 1 mln do 500 tys. i od 100 do 500 tys. mieszkańców, dodawać lub zdejmować granice państwowe i nazwy geograficzne.

6. Zbliżenie technologii globusowych i atlasowych

Analiza rozwoju technologii kartografii globusowej prowadzi do nieoczekiwanego, a nawet

paradoksalnego wniosku, ciekawego w znaczeniu teoretycznym i praktycznym. Mowa o zbliżeniu takich odmiennych z tradycyjnego punktu widzenia geoprzedstawień, jak globusy elektroniczne, atlasy elektroniczne i wirtualne elektroniczne modele Ziemi, o ich wzajemnym przekształcaniu.

Globusy wirtualne pojawiają się w formie kulistej w odwzorowaniu azymutalnym wówczas, gdy są przedstawiane na ekranie komputera w całości lub dużymi segmentami, tj. mają dość małą skalę, np. od 1:30 000 000 do 1:100 000 000, i na ekranie mogą być obracane jednym ruchem przez użytkownika. Ale w miarę, jak skala geoprzedstawienia zwiększa się, globus przekształca się w zwyczajną płaską mapę elektroniczną w odwzorowaniu stożkowym, której już nie można obracać, ale można przemieszczać na ekranie w każdym kierunku, przekręcać, nachylać, „kartkować”, zmieniając arkusz za arkuszem.

Innymi słowy, globus nabiera cech atlasu ogólnogeograficznego, posiadającego mapy w różnych skalach – od małych do dużych, co jest uzależnione od odpowiedniej baz danych. Innymi słowy, **globalne elektroniczne kartowanie wieloskalowe i wielostopniowa generalizacja pozwalają interaktywnie przechodzić od globusów do atlasów i odwrotnie**. Takie globusy-atlasy istnieją obecnie nie tylko dla Ziemi, ale i dla innych planet układu słonecznego.

W istocie odwzorowanie wielościenne znanych map w skali 1:1 000 000 i 1:2 500 000 – to ogromne globusy wielościenne, które w szeregu globalnych geoprzedstawień stanowią ogniwo łączące model kulisty z mapą wieloarkusową.

Współczesne geoprzedstawienia wirtualne pozwalają prześledzić, jak małoskalowy kulisty model planety, jakby obserwowany z kosmosu, po przybliżeniu się do niego i powiększeniu skali stopniowo traci widoczną krzywiznę, przekształca się w arkusz mapy, a kiedy obserwator „opuszcza się” na samą powierzchnię, model staje się płaskim planem wieloskalowym. Interfejs wielu map jest wyposażony w specjalne opcje „widok globalny” i „widok mapy płaskiej”, za pomocą których można dokonywać transformacji odwzorowania, przechodząc od azymutalnego do stożkowego, wielostożkowego lub walcowego.

Globusy wirtualne, które weszły do codziennej praktyki, można uznać za **globusy personalne** lub **atlas personalne**, mając na względzie nie tylko ich dostępność przez komputery personalne i notebooki, ale i ich uniwersalność, szero-

kie możliwości interfejsu użytkownika, zdolność utrzymania szerokiego kręgu zadań naukowych

i praktycznych oraz wchodzenia w skład dużych kartograficznych systemów informacyjnych.

Literatura

Alejner A.Z., Łarianowa A.N., Czurkin W.G., 1962, *Gierard Mierkatoriu*. Moskwa: Geografiz.
 Bagrow Leo, 2004, *Istorija kartografii*. Moskwa: ZAO Centrpoligraf.
 Karpiejew E., 2007, *Bolszoj Gottorpskij globus*. „Nauka i žizn” nr 7.
 Taborska M., 2006, *Globusy Polskie. Polskojęzyczne globusy Ziemi 1840–2006. Wystawa czasowa 5.IX – 28.XI.2006. Collegium Maius*. Muzeum Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków.
 Źródła internetowe
 Encarta – Wikipedia... (<http://en.wikipedia.org/wiki/Encarta>)

NASA World Wind (http://ru.wikipedia.org/wiki/NASA_World_Wind)
The Great Globe Gallery <http://www.staff.amu.edu.pl/~zbow/glob/glob21/htm>; <http://www.staff.amu.edu.pl/~zbow/glob/glob3c.htm>
The Relief Globe company <http://www.reliefglobe.com/>
 Tiapczenko Ju.A., *Sistemy otobrażenija informacyi kompleksa „Almaz”* (www.cosmoworld.ru/spaceencyclopedia/publications/index.shtml?tg...almaz.html)

Electronic globes – innovation in cartography

Summary

Keywords: history of globes, global thematic mapping, electronic maps and globes

Global visualization and monitoring of the planet are some of the current scientific tasks. Global warming of the climate, global pollution of the environment, global spreading of disease, global conflicts and global geopolitical interests, transcontinental economic structures, global division of labor etc. all require innovative technologies of global mapping and presentation on globes.

The history of globes of the Earth and heavens spheres show that these amazing inventions of human mind take many forms, have many uses, show various features and big thematic variety. At the beginning of

the third millennium globes were reborn in a virtual digital form. They exist on computer screens, are carried on notebook hard disks and downloaded from the Internet. Cartography made a significant step forward in its development: a cartographic large-scale model of a global electronic-information system of Planet Earth was created, capable of continuous updating. Globes are a good example of an old invention getting a new life at the next stage of cognition and development of technology.

Global electronic large-scale mapping and multi-stage generalization allow for interactive transition from globes to maps and back. ‘Personal’ globes-atlases have been prepared not only for the Earth, but also for other planets of the solar system.

Translated by M. Horodyski

Электронные глобусы – инновации в картографии

Резюме

Глобальная визуализация и мониторинг планеты – это актуальная научная задача. Глобальное потепление климата, глобальное загрязнение окружающей среды, глобальное распространение эпидемий, глобальные конфликты и глобальные геополитические интересы, трансконтинентальные хозяйственные структуры, мировое разделение труда и т. д. требуют развития инновационных технологий глобусного картографирования.

История создания земных и небесных глобусов свидетельствует, что эти удивительные достижения

человеческого разума имеют разные виды и назначение, обладают разными свойствами и большим тематическим разнообразием.

На рубеже третьего тысячелетия глобусы пережили второе рождение: появились электронные виртуальные модели. Они существуют на экранах компьютеров, их транспортируют в памяти ноутбуков и вызывают по каналам Интернета. Картография совершила важный шаг в своем развитии: сформирована фотокартографическая многомасштабная, мультигенерализованная модель

глобальной электронно-справочной системы планеты Земля, допускающая постоянное обновление. Глобусы – яркий пример того, как древнее изобретение человечества обрело вторую жизнь на новом витке познания и прогресса технологий.

Глобальное электронное мультимасштабное кар-

тографирование и многоуровневая генерализация позволяют в интерактивном режиме переходить от глобусов к атласам и обратно. «Персональные» компьютерные глобусы-атласы созданы теперь не только для Земли, но и для других планет Земной группы.

