

Służba Geologiczna Hiszpanii (*Instituto Tecnológico GeoMinero de España*) — organizacja i działalność, ze szczególnym uwzględnieniem kartografii

Marek Graniczny*

Jako datę powołania Służby Geologicznej Hiszpanii (SGH) uważa się 12.06.1849, kiedy to królowa Izabela II powołała komisję ds. opracowania *Mapy Geologicznej Hiszpanii*. W chwili obecnej SGH składa się z centrali w Madrycie oraz niewielkich (kilkuosobowych) oddziałów terenowych w: Almerii, Grenadzie, Las Palmas, Leon, Murcji, Oviedo, Palma de Mallorca, Salamance, Santiago de Compostela, Sewilli, Walencji i Saragossie. W sumie w SGH pracuje ok. 400 osób (przy wyraźnej tendencji do ograniczenia zatrudnienia).

SGH przeżywa obecnie trudne chwile, podobnie jak wiele innych służb geologicznych na Zachodzie. Nie jest również ostatecznie znana podległość SGH. Obecnie funkcjonuje ona w strukturze Ministerstwa Przemysłu, najprawdopodobniej będzie ona jednak podlegała nowo utworzonemu Ministerstwu Ochrony Środowiska.

Tematyczny podział nakładów na projekty realizowane w 1994 r. wykazuje, że najwięcej środków przeznaczono na kartografię geologiczną i tematyczną, hydrogeologię oraz badania surowców mineralnych.

Organizacja SGH przedstawia się następująco:

Dyrektorowi naczelnemu podlega 5 działów (z-cy dyrektora):

- sekretariat generalny (finanse, usługi, koordynacja ogólna),
- planowanie i systemy informacji (planowanie, kalkulacja ekonomiczna i systemy informacyjne),
- geologia ogólna (geologia podstawowa, geofizyka i teledetekcja, geologia środowiskowa, laboratoria),
- surowce mineralne,
- wody podziemne i geotechnika.

Ponadto dyrektorowi naczelnemu podlegają: pracownie techniczne, muzeum, archiwa oraz biblioteka.

Kartografia geologiczna

A. Kartografia podstawowa

Jak wyżej wspomniano kartografia geologiczna została podjęta w Hiszpanii w 1849 r. W jej wyniku jeszcze w XIX w. powstało wiele map dla poszczególnych regionów Hiszpanii oraz jej terytoriów zamorskich (Kuba) w skalach 1 : 250 000 — 1 : 400 000. W 1889 r. opracowano kompletną mapę geologiczną Półwyspu Iberyjskiego w skali 1 : 400 000.

W 1927 r. przystąpiono do edycji mapy geologicznej w skali 1 : 50 000. W latach międzywojennych oraz po II wojnie światowej znaczna część Hiszpanii została pokryta mapami w tej skali. W 1972 r. zapoczątkowano program MAGNA, obejmujący wykonanie mapy geologicznej w skali 1 : 50 000, według nowej instrukcji. Zakłada się, że nowa edycja map jest oparta na terenowych pracach kartograficznych oraz dostępnych materiałach archiwalnych. Na

potrzeby realizacji mapy nie wykonuje się więc prac wiertniczych oraz geofizycznych. Możliwe są natomiast ograniczone badania laboratoryjne (np. datowanie).

Spośród 1118 arkuszy wykonano ok. 90%. Dotychczas mapa była wydawana tradycyjnie — druk offsetowy oraz tekst objaśniający. Na mapie obok objaśnień znaków załączone były przekroje oraz szkice w skali 1 : 250 000 — sytuacyjny (na tle regionalnych jednostek geologicznych) oraz tektoniczny. Po 1990 r. zmieniono skalę szkiców na 1 : 200 000 oraz układ tematyczny — sytuacyjny, morfostrukturalny i hydrogeologiczny.

W zakresie realizacji mapy SGH spełnia rolę koordynatora, weryfikatora (łącznie ze sprawdzaniem w terenie) oraz wydawcy. Poszczególne arkusze są na ogół wykonywane w różnych przedsiębiorstwach prywatnych.

Od około dwóch lat jest realizowany program cyfrowej edycji mapy geologicznej w skali 1 : 50 000. Natrafiono przy tym na następujące trudności:

— złą jakość podkładów topograficznych, otrzymywanych ze służb wojskowych i cywilnych. W wersji cyfrowej jest dostępna jedynie hipsometria, która nie pasuje do pozostałych warstw (sytuacja, hydrografia). Dlatego też, wybrane elementy topografii (np. drogi) są dygitalizowane w SGH;

— system ARC/INFO 7.0, który wybrano do realizacji przedsięwzięcia nie jest dogodny dla celów edycji mapy, co powoduje opóźnienia w realizacji projektu.

Zauważalna jest zbieżność problemów z realizacją SMGP w PIG. Sposobem na przezwycięzenie trudności może być nowy program CPS — *Cartographic Production Systems* (2.1), który został opracowany specjalnie w celu powiązania możliwości edycyjnych ARC/INFO.

Od 1990 r. przystąpiono do realizacji seryjnej mapy geomorfologicznej w skali 1 : 50 000, którą uważa się wspólnie z mapą geologiczną jako mapy infrastruktury. Dotychczas opracowano ponad 100 arkuszy mapy. Jest ona opracowywana przy wydatnym zastosowaniu zdjęć lotniczych.

SGH opracowuje także na terenie całego kraju mapę geologiczną w skali 1 : 200 000 (93 arkusze) na terenach lądowych oraz morskich. Dotychczas opracowano kilkanaście arkuszy. Mapy morskie *Mapa Geologico De La Plataforma Continental Española Y Zonas Adyacentes (Estructural)* zawierają następujące informacje: izobaty występowania formacji post-orogenicznych (od poniżej 500 m do powyżej 3000 m), batymetrię, kaniony podmorskie, dane strukturalne (uskoki pewne i przypuszczalne), lokalizację wierceń oraz izopachyty utworów pliocenskich.

SGH wydało również nową mapę geologiczną Półwyspu Iberyjskiego w skali 1 : 1 000 000, stanowiącą syntezę opracowań kartograficznych w większych skalach.

B. Kartografia metalogeniczna

Wydawane są mapy w skali 1 : 200 000 zawierające szkice w skali 1 : 500 000 — głównych jednostek geologicznych, głównych prowincji metalogenicznych oraz lineamentów zinterpretowanych na zdjęciach satelitarnych.

*Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

C. Kartografia hydrogeologiczna

W SGH są opracowywane mapy hydrogeologiczne w skalach 1 : 200 000 i 1 : 50 000, które mają podobny układ tematyczny.

Mapa w skali 1 : 200 000 (dotychczas wydano ok. 40 map) zawiera następujące informacje:

- przepuszczalność skał i gruntów,
- litologię wraz z uproszczoną stratygrafią,
- przekrój hydrogeologiczny,
- dział wód powierzchniowych i podziemnych,
- lokalizację źródeł,
- lokalizację ujęć wód podziemnych,
- lokalizację punktów monitoringu wód podziemnych,
- kierunki przepływu wód podziemnych,
- hydroizochipsy wód podziemnych,
- zagrożenia związane z zasoleniem wodami morskimi.

Na mapie zamieszczone są również szkice głównych jednostek geologicznych i hydrogeologicznych (1 : 500 000) oraz w skali 1 : 800 000, opadów atmosferycznych, głównych kierunków krążenia wód podziemnych oraz użytkowania wód podziemnych.

Jeżeli chodzi o mapę w skali 1 : 50 000 wydano zaledwie kilkanaście arkuszy (ograniczona ilość materiałów),.

Przy konstrukcji obu map wykorzystuje się bazę danych hydrogeologicznych opracowaną w programie ORACLE i obejmującą ponad 6000 punktów obserwacji wahania zwierciadła wód podziemnych (co 1 miesiąc), w tym 2300 punktów, w których bada się jakość wód, 1223 punktów obserwacyjnych wpływ zasolenia wodami morskimi oraz 795 punktów rejestrujących dane hydrometeorologiczne. Powszechnie jest również sprawdzanie punktów obserwacyjnych za pomocą aparatury GPS. Od niedawna przystąpiono do opracowania ww. map w wersji cyfrowej wykorzystując oprogramowanie ARC/INFO w wersji UNIX (wersja 7.0) oraz język oprogramowania AML. Warto podkreślić, że hydrogeolodzy SGH są obeznani z oprogramowaniem w ww. języku.

W SGH wykonano również na zlecenie Wspólnoty Europejskiej (EEC) pilotowy projekt *Inwentaryzacja zasobów wód podziemnych Europy w skali 1 : 500 000 przy wykorzystaniu metody GIS*. Badania przeprowadzono na obszarze testowym — basen Gwadalkiwir stosując zaawansowane techniki analizy GIS, w wyniku których opracowano mapy wrażliwości wód podziemnych oraz zastosowano metody geostatystyczne (m.in. metodę DRASTIC).

Teledetekcja

Ośrodek teledetekcji SGH funkcjonuje organizacyjnie w ramach Działu Geologii Ogólnej, zajmując się różnorodną tematyką, która można podzielić na dwie grupy: — badania aplikacyjne wspierające różne projekty dotyczące kartografii, hydrogeologii prognoz surowcowych, ochronie środowiska itp. — badania metodyczne, rozwijające technikę badawczą, przede wszystkim realizowane we współpracy międzynarodowej — U.S.G.S., NASA, EEC. Ośrodek jest wyposażony w odpowiedni *hardware* i *software* umożliwiający przetwarzanie i analizę wszystkich dostępnych obecnie satelitarnych danych teledetekcyjnych (Landsat TM, SPOT, ERS, Radarsat). Składa się na to:

- zintegrowany system ELAS/GRASS starszej generacji (początek lat 80), umożliwiający przetwarzanie danych i połączenie z GIS. ELAS został opracowany przez NASA, a GRASS był systemem GIS używanym przez armię USA;
- system ERDAS PC — używany przy mniejszych

projektach PCI-UNIX, system najnowszej generacji używany w USA i Kanadzie (porównywalny z ER Mapper-UNIX i ERDAS-UNIX). System ten umożliwia praktycznie wszystko w zakresie analizy obrazów rastrowych oraz współdziałaniu z GIS-em. Naturalnie jest on wsparty odpowiednim *hardwarem*: monitor 24 cale (o wysokiej rozdzielczości), twardy dysk 2 GIGA 45 RAM, a ponadto ploter atramentowy A-0 oraz przystawka, umożliwiająca fotograficzną rejestrację monitora.

Obecnie w SGH realizowane są trzy projekty z wykorzystaniem teledetekcji. Dwa z nich dotyczyły perspektyw surowcowych i wyznaczania obszarów metamorficznie przeobrażonych (la Codosera i Masyw Ronda), a jeden hydrogeologii (południowe wybrzeże Hiszpanii).

W Hiszpanii na coraz większych obszarach (głównie na południu kraju) dochodzi do znacznego obniżenia zwierciadła wód podziemnych, związanego z plantacjami truskawek. Tereny plantacji, które powiększają się systematycznie każdego roku przez znaczną część okresu wegetacyjnego pokryte są folią tworząc „sztuczne dywany” na powierzchni ziemi. Zjawisko to jest wyraźnie widoczne na zdjęciach satelitarnych i może być systematycznie obserwowane. Dane zinterpretowane za zdjęć są bezpośrednio wykorzystywane w modelowaniu hydrogeologicznym. Znaczna część Hiszpanii nie jest pokryta gęstą pokrywą roślinną, co umożliwia detekcję anomalii pochodzenia geologicznego. W rejonie masywu ultrasadowego Ronda (m.in. znane kopalnie Rio Tinto) — stosując program PCI — przeprowadzono analizę różnorodnego materiału teledetekcyjnego — Landsat TM (scena letnia) — klasyfikacja nadzorowana, Landsat TM (scena zimowa) — analiza strukturalna, ERS — analiza strukturalna, SPOT — szczegółowa lokalizacja anomalii. System umożliwił również ciągłą obserwację wyników analizy na tle mapy geologicznej.

Analiza klasyfikacyjna terenu zezwoliła na wydzielenie 4 klas: anomalii typu *gossan*, zwałowisk górniczych, anomalii związanych z alteracją serycytową oraz zanieczyszczonych aluwii. Równocześnie pobrano 200 próbek, które poddano analizie spektralnej w laboratorium (sprzęt Perkin-Elmer). W wyniku analizy teledetekcyjnej i laboratoryjnej uzyskano zbieżność wyników ponad 70%.

Najbardziej interesujące ekonomicznie są alteracje serycytowe zidentyfikowane poza obszarami znanych kopalń. Prace w ramach ww. tematu są kontynuowane. W zależności od postępu prac Ośrodek Teledetekcji SGH opracowuje arkusze map w skali 1 : 50 000 (wydruk z komputera) zawierające:

- uproszczoną topografię (głównie drogi i miejscowości),
- treść zdjęcia satelitarnego Landsat TM (kolorowa kompozycja),
- zinterpretowane lineamenty,
- uskoki wyznaczone na mapach geologicznych.

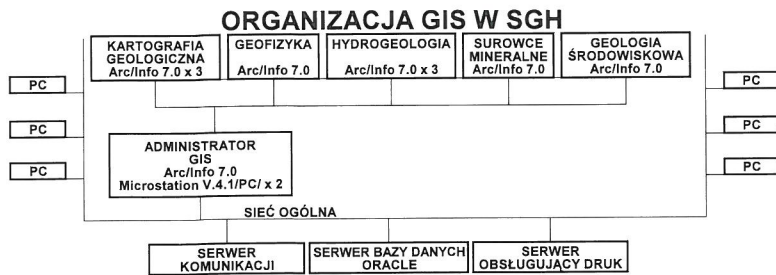
Ponadto na ramce mapy zamieszczono mapę gęstości lineamentów (w skali 1 : 200 000) oraz diagramy kierunków lineamentów i uskoku.

GIS

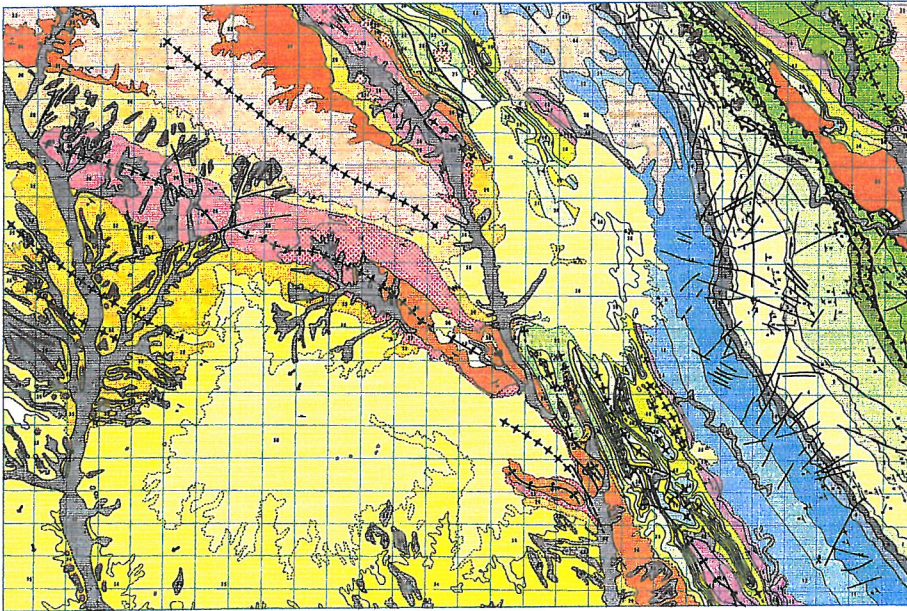
Jednostka zarządzania GIS-em funkcjonuje w ramach organizacyjnych działu planowania i systemów informacyjnych. Kierownik jednostki jest zarazem administratorem GIS w SGH.

Administrator GIS zarządza działalnością w poszczególnych działach: geologii, geofizyce, hydrogeologii, surowców mineralnych i geologii środowiskowej (schemat przedstawiono na ryc. 1). Do zadań jednostki GIS należy:

- zarządzanie systemem GIS w SGH,



Ryc. 1. Organizacja GIS w służbie geologicznej Hiszpanii



Ryc. 2. Przykład mapy geologicznej w skali 1 : 50 000, wydrukowanej z plotera

- integracja baz, wspólne słowniki, modele i oprogramowanie,
- cyfrowanie danych,
- udział w projektach SGH.

W jednostce GIS jest zatrudnionych 7 osób:

- kierownik,
- 3 osoby zajmujące się cyfrowaniem,
- 3 osoby zajmujące się przetwarzaniem danych.

Należy zwrócić uwagę na następujące fakty:

a) Priorytetowym programem wykorzystującym GIS jest mapa geologiczna w skali 1 : 50 000. Dotychczas scyfrowano ok. 30% wykonanych map. Przykład próbnej wersji mapy wydrukowanej z plotera przedstawiono na ryc. 2.

b) Poszczególne aplikacje dla mapy (wyszukiwanie danych, integracja, edycja) są pisane w języku AML przez geologów specjalistów przeszkolonych w zakresie oprogramowania.

c) Do cyfrowania map używa się oprogramowania MICROSTATION PC (firmy INTERGRAPH) z uwagi na prostszą procedurę w porównaniu z ARC/INFO oraz pokrewność systemami CAD.

d) Planuje się uzupełnienie bazy mapy geologicznej informacjami rastrowymi (zeskanowanymi) — zdjęcia dokumentacyjne (odkrywki, ciekawe struktury), analizy granulometryczne, profile wiertnicze itp.

Warto odnotować, że w SGH nie dąży się do stworzenia struktury Centralnej Bazy Danych Geologicznych, tworzy się

natomiast bazy cząstkowe, integrując je w miarę zachodzących potrzeb, np. GIS.

Geologia środowiskowa

Geologia środowiskowa jest stosunkowo młodą jednostką organizacyjną SGH. Dotychczas jej główne zainteresowania koncentrują się na badaniach zagrożeń środowiskowych — naturalnych oraz spowodowanych działalnością górniczą. Przez ostatnie 2 lata realizowano duży projekt pt. *Waloryzacja terenu pod kątem możliwej działalności górniczej w rejonie La Cabrera (prowincja Leon)*.

Prowincja Leon partycypowała w 50% nakładów na realizację tego projektu. Dane kartograficzne zostały opracowane na potrzeby projektu w skali 1 : 25 000. Należały do nich:

- miejsca obecnej eksploatacji surowców,
- cyfrowy model terenu (DTM), mapa spadków (w zakresie od 8–40%),
- szczegółowa kartografia geologiczna,
- analiza przestrzenna za pomocą zdjęć lotniczych,
- mapa gleb,
- mapa użytkowania terenu (mapy rolnicze uaktualnione interpretacją zdjęć lotniczych).

Dane zostały sprowadzone do systemu GIS oraz opracowane za pomocą metod geostatystycznych. Waloryzacja terenu została

przeprowadzona w aspekcie wartości ekologicznych, możliwości produkcyjnych, cech krajobrazu oraz wartości kulturowych. W efekcie, na podstawie modelowania wyznaczono 6 klas terenu pod kątem jego możliwości dla górniczego wykorzystania (trzy pierwsze klasy dopuszczające górnictwo, dwie dalsze dopuszczające przy znacznych ograniczeniach oraz ostatnia wykluczająca działalność górniczą). Metody GIS oraz geostatystyczne stosuje się do ww. analiz, w celu wyeliminowania czynnika subiektywnego.

Niezwykle ważnym przedsięwzięciem jest *Plan Narodowej Kartografii Środowiskowej* zainicjowany przez Ministerstwo Robót Publicznych i Transportu, a który będzie obecnie kontynuowany przez nowo powstałe Ministerstwo Środowiska Naturalnego. Obejmuje on wykonanie wielu map tematycznych w skali 1 : 50 000, w formacie GIS:

- litologicznych,
- glebowych,
- geomorfologicznych,
- pokrywy roślinnej,
- dziedzictwa naturalnego,
- krajobrazu.

Na wykonanie ww. map, w ciągu najbliższych kilku lat, przeznaczona jest suma 150 mln USD. Niezwykle ważna rola przypada w realizacji ww. map SGH. Do końca lata wraz z zakontraktowanymi specjalistami (gleby, pokrywa roślinna) ma tutaj powstać instrukcja całego projektu.