

Neoznaczalność, niejednorodność, anizotropia i niestabilność materii skalnej ciał geologicznych

Witold Cezariusz Kowalski*

Materię skalną oznacza się w materialnych punktach, profilach i przekrojach obserwacji (jakościowo) i pomiarów (ilościowo). Nieoznaczoną materię skalną oznacza się tylko tym bardziej zgodnie z rzeczywistością geologiczną, im większa jest geologiczna wiedza. Aprioryczne założenia, że materia skalna mogłaby być wszędzie w skorupie ziemskiej jednorodną, izotropową i stałą, prowadzi do błędnych (choć czasami nawet matematycznie poprawnych) przekształceń danych z materialnych punktów, profili i przekrojów obserwacji i pomiarów na całą nieoznaczoną objętość materii skalnej w danym ciele geologicznym i w całej ogromnej skorupie ziemskiej.

Słowa kluczowe: materia skalna, niejednorodność, anizotropia, niestabilność materii skalnej, zgodność z rzeczywistością

Witold Cezariusz Kowalski — **Inderterminacy, inhomogeneity, anisotropy and instability of rock matter in geological bodies.** Prz. Geol., 47: 56–60.

S u m m a r y. Rock matter is determined in material points, profiles and sections of observations (qualitatively) and measurements (quantitatively). Indeterminate rock matter beyond the material points, profiles and sections is determined only with geological reality the more exact, the greater is geological knowledge. A priori assumptions, that the rock matter could be in the Earth crust everywhere homogeneous, isotropic and stable, lead to wrong (as though sometimes even mathematically correct) transformations of data from the material points, profiles and sections of observations and measurements to the whole indetermined volume of rock matter in the given geological body and in the whole immense Earth crust.

Key words: rock matter, inhomogeneity, anisotropy, instability of rock matter, coincidence with reality

W naukach geologicznych, podobnie jak we wszystkich innych naukach przyrodniczych, powinno się zajmować za oznaczone tylko to, co mogło być i zostało zaobserwowane (opisane jakościowo) i pomierzone (opisane ilościowo). W najbardziej ogólnym ujęciu przedmiotem badań geologicznych jest tworząca skorupę ziemską materia skalna i zachodzące w niej zmiany. Materia skalna, odsłaniająca się w naturalnych i sztucznych odsłonięciach w skorupie ziemskiej, była opisywana początkowo przede wszystkim jakościowo, a dopiero nieco później również ilościowo. Obecnie w badaniach geologicznych oznaczenia tylko jakościowe nie wystarczają, a charakter i właściwości materii skalnej oznacza się przede wszystkim ilościowo, jak gdyby nawiązując do celnej wypowiedzi znakomitego badacza przyrody Williama Thomsona (1824–1907), który głosił: ... *kiedy możesz zmierzyć to, o czym mówisz, i wyrazić to w liczbach, wiesz już cokolwiek o tym; lecz jeśli nie możesz tego wyrazić w liczbach, twoja wiedza jest niewielka i niewystarczająca, a w swoich myślach zaledwie zbliżyłeś się do nauki czegokolwiek by to dotyczyło...* (Young, 1948).

Wśród nauk geologicznych przytoczony pogląd lorda Kelvina został powszechnie przyjęty przede wszystkim w tych dyscyplinach, które konstruowały modele budowy, historii i dynamiki skorupy ziemskiej (zwykle jej części — nawet niewielkiej), podlegającej bezpośredniej konfrontacji z rzeczywistością, np. skonstruowane modele budowy geologicznej i dynamiki terenu projektowanych obiektów budowlanych i górniczych, ujęć wodnych itp., w przypadku realizacji tych przedsięwzięć są zawsze konfrontowane z rzeczywistością, ujawnianą w wykopach, przekopach, w kopalniach, w studniach, w otworach wiertniczych itp.

Ze względu na koszty, czas trwania badań geologicznych i trudności techniczne nie ma możliwości poznania we wszystkich punktach skorupy ziemskiej charakteru i właściwości całej ogromnej masy materii skalnej — jej charakter

i właściwości oznacza się więc bezpośrednio tylko w stosunkowo nielicznych i niewielkich przestrzennie miejscach skorupy:

❖ w pojedynczych, materialnych punktach obserwacji — jakościowo i pomiaru — ilościowo (ryc. 1.2, 1.3);

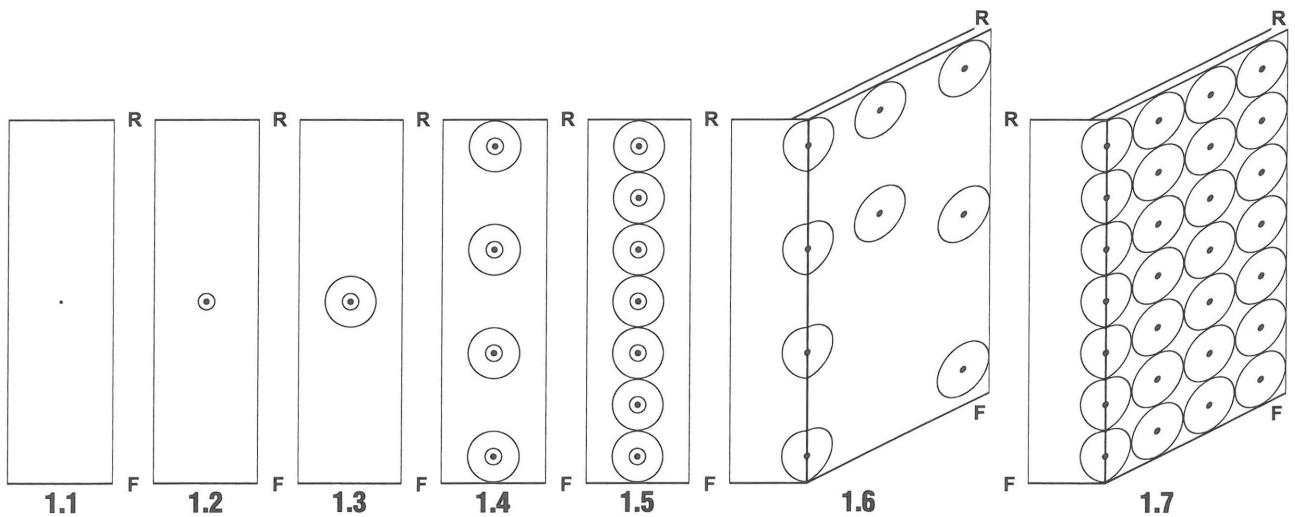
❖ wzdłuż poszczególnych profili, tj. materialnych linii — w praktyce bez wyróżniania wśród nich profili pełnych, które tak się określa tylko wtedy, gdy wszystkie materialne punkty obserwacji i pomiaru w danym profilu przylegają do siebie i tworzą materialną linię, wyznaczającą dany profil (ryc. 1.5) oraz profili niepełnych, wówczas, gdy wyznaczające te profile materialne punkty obserwacji i pomiaru nie kontaktują się ze sobą — a więc gdy istnieją między nimi luki (ryc. 1.4);

❖ wzdłuż poszczególnych przekrojów, tj. materialnych powierzchni odsłoneń naturalnych i sztucznych — w praktyce, bez wyróżniania wśród nich przekrojów pełnych, które tak się nazywa tylko wtedy, gdy wszystkie materialne profile z ich materialnymi punktami obserwacji i pomiaru przylegają do siebie i tworzą łącznie jedną materialną powierzchnię obserwacji i pomiaru (ryc. 1.7) oraz przekrojów niepełnych wtedy, gdy wyznaczające je profile obserwacji i pomiaru wraz z materialnymi punktami nie stykają się ze sobą — a więc istnieją między nimi luki (ryc. 1.6).

Z naciskiem należy podkreślić, że wymienione materialne punkty, profile — linie i przekroje — powierzchnie obserwacji i pomiaru nie są pojęciami matematycznymi. Nie można bowiem dokonać obserwacji i pomiaru charakteru i właściwości materii skalnej w matematycznym punkcie (ryc. 1.1), w matematycznej linii — profilu, w matematycznej powierzchni — przekroju.

Aby oznaczyć charakter i właściwości materii skalnej w skorupie ziemskiej, musi się zawsze operować dostatecznie dużą, choć w rzeczywistości stosunkowo niewielką, masą tej materii, zajmującą odpowiednią objętość w skorupie ziemskiej. Aby więc podkreślić, że w badaniach geologicznych punkty, profile, przekroje obserwacji i pomiaru nie są pojęciami matematycznymi, a fizycznymi, określa się je

*Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa



Ryc. 1. Punkty, profile, przekroje obserwacji i pomiarów w jednorodnym, izotropowym ciele geologicznym: R – strop ciała, F – spąg ciała. Punkty: 1.1 – matematyczny, 1.2 – materialny z jego bliższą otoczką, 1.3 – materialny z bliższą i dalszą jego otoczką; Materialne profile: 1.4 – niepełny, 1.5 – pełny; Materialne przekroje: 1.6 – niepełny, 1.7 pełny

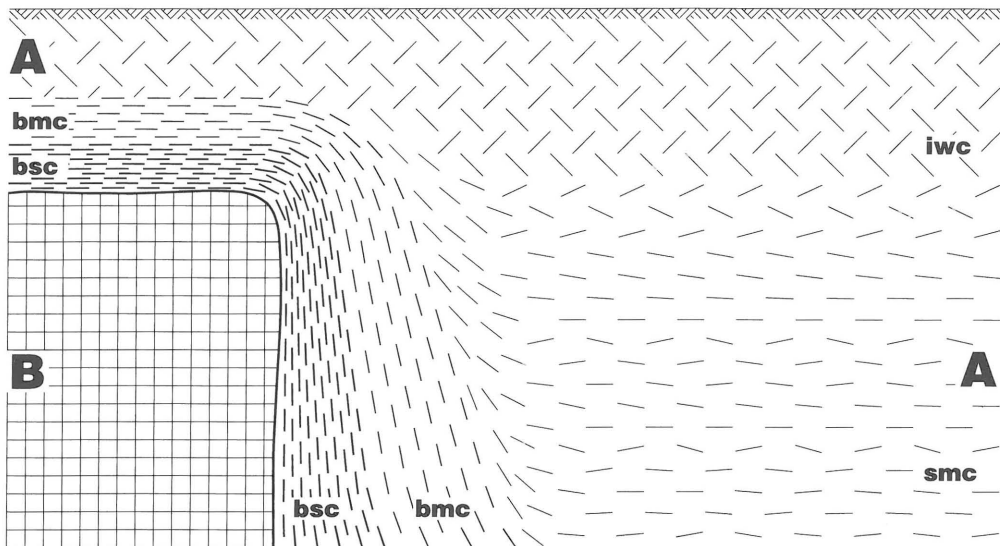
Fig. 1. Points, profiles, sections of geological observations and measurements in homogenous, isotropic, geological bodies: R – roof of the body; F – floor of the body. Points: 1.1 – mathematical one; 1.2 – material one with its nearer surrounding; 1.3 – material one with its nearer and farther surroundings; Material profiles: 1.4 – incomplete one; 1.5 – complete one; Material sections: 1.6 – incomplete one; 1.7 – complete one

jako materialne. Oznacza to, że materialny punkt obserwacji i pomiaru jest skupieniem materii skalnej wokół punktu matematycznego, z wydzieloną wokół niego jego bliższą otoczką tej materii o określonej objętości, w której obrębie można przyjąć, że charakter i właściwości tej materii są w całej swojej objętości jednakowe. Założenie jednakowości materii skalnej w całej objętości materialnego punktu obserwacji i pomiaru może być nieściśle wówczas, gdy w objętości tej materia skalna jest niejednakowa np. drobnowarstwowana — laminowana, drobnospękana itp. Wówczas w rzeczywistości oznaczony zostaje charakter i właściwości mieszaniny poszczególnych warstewek — lamin lub materii złożonej z drobnospękanej materii skalnej, mieszczącej się w objętości takiego materialnego punktu.

Tak więc, przy uwzględnieniu powyższego zastrzeżenia powinno się teoretycznie przyjmować jako oznaczoną materię skalną tylko tę jej część, której charakter i właściwości zostały oznaczone w materialnych punktach, w materialnych profilach, w materialnych przekrojach obserwacji i pomiaru, a całą, przeogromną, nieporównywalnie większą masę materii skalnej w skorupie ziemskiej należałoby traktować jako nieoznaczoną. Oczywiście nieoznaczoność materii skalnej zmniejsza się z postępem badań geologicznych. O ile podczas badań geologicznych nie obserwuje się przynajmniej makroskopowo zmian materii skalnej w skorupie ziemskiej, to w praktyce przyjmuje się, że wokół punktu materialnego z jego bliższą otoczką istnieje dalsza, zewnętrzna otoczką tego punktu, w której charakter i właściwości materii skalnej są takie same, jak w otoczce bliższej. Oznaczenie zasięgu dalszej otoczki punktu materialnego (a także materialnego profilu i przekroju) wymaga rzetelnej ogólnej, geologicznej wiedzy teoretycznej, połączonej z niezbędną, odpowiednio dużą praktyką sumiennych badań geologicznych. Błędne oznaczenia rozległości dalszej otoczki każdego punktu materialnego (a także materialnego profilu i przekroju) doprowadza nieraz do konstruowania błędnych, często całkowicie z rzeczywistością niezgodnych modeli budowy geologicznej i dynamiki badanego terenu.

Podczas badania niewielkiego terenu, który w całości mieści się w jednym ciele geologicznym (np. w jednej

warstwie) prawidłowo wyznaczony zasięg dalszej otoczki nawet tylko jednego materialnego punktu (a także materialnego profilu i przekroju) może pokrywać całą objętość badanego terenu, tj. badanego fragmentu ciała geologicznego. Wówczas należy pamiętać, że badaczowi nigdy nie wolno zrezygnować z przeprowadzenia samokontroli wyników uzyskanych z tylko jednego materialnego punktu (a także profilu i przekroju) obserwacji i tylko z jednej serii pomiarów. Dlatego też instrukcje i normatywy rozmieszczenia minimalnej liczby podstawowych punktów obserwacyjnych (ppo) wskazują na konieczność przeprowadzenia odpowiednich badań, tj. oznaczeń właściwości materii skalnej co najmniej w 2–3 ppo. Niestety w wielu tzw. ekspertyzach, opiniach, orzeczeniach, sprawozdaniach itp. (tak nazywanych byleby tylko uniknąć terminu dokumentacja inżyniersko-geologiczna) cały model budowy geologicznej, warunków inżyniersko-geologicznych i ekogeologicznych oraz dynamiki badanego terenu wynika z badań przeprowadzonych tylko w jednym podstawowym punkcie obserwacyjnym. Należy również pamiętać, że każdy wynik obserwacji jednej serii pomiarów może być i z reguły jest obarczony jakimś błędem. W wielu wspomnianych wyżej ekspertyzach, opiniach i orzeczeniach często, a nawet z reguły, brakuje wykazania wartości błędów popełnionych przy obserwacji i pomiarze oraz podania błędów dopuszczalnych, określonych zgodnie z teorią błędów. Dopiero po eliminacji ewentualnie popełnionych błędów można na podstawie skorygowanych wyników, uzyskanych w dwóch sąsiednich materialnych punktach (a tym bardziej dwóch sąsiednich profilach i przekrojach) rozważać, czy materia skalna między nimi jest może jednako- wa, czy też różna, a więc, czy między tymi punktami przebiegać może granica dwóch różnych ciał geologicznych ryc. 2. Istnienie tego rodzaju wątpliwości wskazuje, że każde z możliwych rozwiązań może być uznane tylko jako prawdopodobne (Kowalski, 1998a,b). Zatem należy zaznaczyć, że między dalszymi otoczkami sąsiednich materialnych punktów (a także profilów i przekrojów) jest jednakowo prawdopodobne przyjęcie ciągłości, jak i nieciągłości materii skalnej, czyli istnienia granicy między dwoma różnymi ciałami geologicznymi, czy nie.



Ryc. 2. Schematyczny przekrój przez graniczne fragmenty ferromagnetycznego ciała B o dużej gęstości i ciała A o małej gęstości, w którym można wyróżnić strefy ułożenia łuskowatych cząstek: iwc – izotropowa i słabozagęszczona, smc – warstwowana i słabozagęszczona; warstwowana i zagęszczona: bsc – silnie, bmc – średnio

Fig. 2. A diagrammatic cross section in parts of a ferromagnetic body – B (with a great density) and of a body – A (with a low density), in which can distinguish different zones according to positions of scaly particles: iwc – isotropic and low dense zone, smc – laminar and low dense one; laminar and dense ones: bsc – greatly, bmc – medium.

Należy pamiętać, że termin — ciało geologiczne jest bardzo rozciągliwy. Jaroszewski i in. (1985) zdefiniowali ciało geologiczne jako: *jakikolwiek obiekt geologiczny, stanowiący pewną całość genetyczną i zarazem bryłę przestrzennie wyodrębnioną, niezależną od otoczenia, a więc: ciało skalne — czyli nagromadzenie skały lub skał, stanowiące jedną całość przestrzenną i genetyczną jak też element strukturalny, zwany inaczej tektonicznym, którym może być: część składowa struktury tektonicznej, zarówno ta, która była biernym przedmiotem deformacji (np. warstwa, ławica), jak też i ta, która w procesie deformacji została utworzoną (np. powierzchnia uskokowa, skrzydło fałdu), jak też: niektóre struktury rozpatrywane jako część struktur nadrzędnych (np. pojedynczy fałd w obrębie antyklinorium), a także wyodrębniona pod jakimś względem część składowa w planie tektonicznym skorupy ziemskiej (np. jednostka geotektoniczna, jednostka tektoniczna, megastruktura, makrostruktura. Według tej definicji kryterium wydzielenia ciała geologicznego w skorupie ziemskiej jako przestrzennie ograniczonej jednostki jest więc przede wszystkim jego geneza i jego przestrzenna całość w całym ciele. Aby można było oznaczyć genetyczną jedność materii skalnej w całej objętości wydzielonego ciała geologicznego, należy uprzednio określić charakter i właściwości materii skalnej, tworzącej to ciało, a więc w praktyce badań geologicznych oznaczyć w pierwszej kolejności: jego stan, skład, właściwości, strukturę i teksturę, zmienność w przestrzeni i zmiany w czasie, położenia względem innych przylegających ciał geologicznych w skorupie ziemskiej oraz przebieg ewentualnych granic sąsiednich ciał geologicznych. Bowiem dopiero na podstawie takich danych można wnioskować o genezie i historii geologicznej badanych ciał geologicznych oraz o racjonalnie przewidywanych przestrzennych zmiennościach w ich obrębie i o czasowo-dynamicznych prognozach ich zmian w czasie (Kowalski, 1983, 1984, 1988ab). Jeżeli więc w obrębie danego ciała geologicznego materia skalna (w odróżnieniu od innych otaczających to ciało ciał skalnych) ma być w każdym materialnym punkcie obserwacji i pomiaru jednakowa, co powinno wynikać z jednakowej genezy i historii geologicznej, to zgodnie z duchem języka*

polskiego można taką materię nazwać krótko *jednorodną*. Jak podaje Szymczak (1978) w języku potocznym: *jednorodny — to składający się z takich samych części składowych, pochodzących z jednego źródła, mający te same właściwości, jednakowy*. Szymczak (1978) m.in. podaje różne zastosowania przymiotnika *jednorodny*: w geografii fizycznej — *jednorodne ukształtowanie powierzchni*; w chemii — *układ jednorodny układ złożony z jednej fazy, utworzony przez jedną substancję lub kilka substancji chemicznych; układ homogeniczny*; w fizyce — *ciało jednorodne ciało materialne, którego właściwości fizyczne w każdym jego punkcie są jednakowe*; w matematyce — *przekształcenie jednorodne takie przekształcenie, w którym różnym punktom jednej figury odpowiadają różne punkty drugiej figury. Równanie jednorodne równanie równoważne równaniu powstałemu przez zastąpienie w nim jednych zmiennych innymi*.

Będąc obiektem badań geologicznych wydzielonym w materii skalnej skorupy ziemskiej, jako jej część składowa — ciało geologiczne jest przede wszystkim ciałem fizycznym, więc w pełni wydaje się odniesienie używanego w innych naukach przyrodniczych, przymiotnika *jednorodny* do nauk geologicznych w identycznym sensie. Warto dodatkowo zauważyć, że pojęcie *jednorodności*, używane w naukach matematycznych, odgrywa również istotną rolę w konstruowaniu matematycznych modeli budowy geologicznej i dynamiki badanego terenu w coraz bardziej matematycznie uściślanych prezentacjach wyników badań geologicznych (*Proceedings...*, 1961; Krumbein & Graybill, 1965; Kinzelbach, 1994; Siehl i in., 1992; Alms i in., 1994; Kruhl, 1994; Kowalski, 1988a, b, 1995, 1998a, b; Förster & Merriam, 1996).

Stwierdzenie genetycznej *jednorodności* materii skalnej w poszczególnych punktach materialnych (a także w materialnych profilach i przekrojach) badanego terenu może nastąpić dopiero po udokumentowanym stwierdzeniu fizycznej *jednorodności* badanej materii, tj. po prawidłowym oznaczeniu jej stanu, składu, właściwości, struktury i tekstury, zmienności w przestrzeni i zmian w czasie w tychże materialnych punktach (a także w profilach i przekrojach).

Jednorodność fizyczna zależy od dokładności i skali prowadzonych badań materii skalnej i skali zestawienia ich wyników. Gdy obserwuje się powierzchnię kontynentu z pojazdu kosmicznego (z satelity) w skali 1 : 10^7 i nieco większej, to na wykonanej w tej skali mapie odcinek o szerokości 1 mm na powierzchni kontynentu odpowiada w rzeczywistości pas o szerokości 10 km. Pas ten widoczny z przestrzeni kosmicznej jako jednorodna kreska nie musi wydać się badaczowi, działającemu na powierzchni kontynentu w tym pasie fizycznie jednorodny — a przeciwnie zawsze wykazuje jakąś fizyczną niejednorodność. Fizyczną niejednorodność tego samego pasa potwierdzają z reguły makroskopowe obserwacje, odnotowane na zdjęciach lotniczych w skalach około 1 : 10^3 i większych.

Podstawowe badania niejednorodności fizycznej materii skalnej (lub jej niejednorodność) prowadzi się na i z powierzchni terenu w głąb w zasadzie w skali 1 : 1 (i w skalach nieco mniejszych), przyjmując z reguły identyczność (lub podobieństwo) tej materii makroskopowo, stwierdzoną w różnych punktach materialnych obserwacji i pomiaru jako podstawowe kryterium jednorodności fizycznej. Fizyczna niejednorodność materii skalnej znacznie wyraźniej uwidacznia się w trakcie jej obserwacji i w pomiarze w powiększeniu w skali 1 : 10^{-1} – 10^{-3} , gdy stosuje się metody analizy mikroskopowej, a tym bardziej w badaniach elektromikroskopowych w powiększeniu rzędu 1 : 10^{-4} – 10^{-5} , nie mówiąc o wynikach analiz rentgenostrukturalnych i badań nad cząstkami elementarnymi materii w jeszcze większych skalach. Zatem ocena jednorodności materii skalnej zależy od rodzaju, dokładności i skali rozpoznania. Jeśli więc w danym ciele geologicznym w tylko jednym materialnym punkcie obserwacji i pomiaru z dokładnością makroskopowego rozpoznania w skali 1 : 1 określi się całą materię skalną, tworzącą badane ciało geologiczne (np. warstwę, blok skalny itp.) jako jednorodną, to w istocie nie wiadomo, na ile cała ta materia jest jednorodna w innych skalach rozpoznania.

Wskazując na fizyczną niejednorodność różnice właściwości materii skalnej w danym ciele geologicznym mogą być powodowane nie tylko różną genezą i historią geologiczną materii skalnej, lecz także wpływem na nią pól fizycznych z sąsiadujących ciał geologicznych i Ziemi jako całości. Ziemia jako całość wytwarza złożone pole fizyczne (grawitacyjne, magnetyczne, elektryczne, termiczne itd.). Każde ciało geologiczne podlega wpływowi tego pola, ale też każde wytwarza własne, złożone pole fizyczne, wpływające na sąsiadujące z nim inne ciała geologiczne. Wpływ pola fizycznego, wytwarzanego przez jedno ciało geologiczne na sąsiadujące z nim inne ciało geologiczne może być ze względu na bliskość tych ciał znacznie większy niż wpływ pola fizycznego Ziemi, której centrum znajduje się mniej więcej w odległości promienia ziemskiego; np. ferromagnetyczne ciało geologiczne B o dużej gęstości materii skalnej (ryc. 2) może spowodować i często powoduje w obrębie sąsiadującego z nim ciała A lokalne, niejednokrotnie mierzalne zmiany magnetyzmu i grawitacji ziemskiej, wyrażające się anomalnym w stosunku do spodziewanego w danym miejscu przebiegiem linii sił ziemskiego pola magnetycznego i grawitacyjnego.

W wyniku tych zmian może się zmienić i nieraz zmienia się lokalnie, makroskopowo często niedostrzegalnie położenie poszczególnych cząstek materii skalnej, np. łuseczek cząstek ilastych i płytek pyłowych, o ile tylko są one w stanie dostosować swoje położenie do linii sił pola. Na ryc. 2 schematycznie przedstawiono zmiany położenia takich łus-

seczek i płytek oraz zmiany ich zagęszczenia w strefie przygranicznej czwartorzędowego utworu zastoiskowego (ciało A świeżo osadzone o małej gęstości), sąsiadującego z ferromagnetycznym ciałem magnetycznym B o dużej gęstości. Wpływ pola fizycznego ciała B ujawnia się w strefach przygranicznych w ciele A w postaci równoległości lub prawie równoległości łuseczek i płytek materii skalnej do powierzchni granicznej i ich większemu zagęszczeniu (strefy: bsc i bmc na ryc. 2). Dalej wpływ ten zanika i łuseczki i płytki układają się dość regularnie, odpowiednio zgodnie z liniami sił pola fizycznego Ziemi (strefy: iwe i smc na ryc. 2). W praktyce podczas rutynowych badań geologicznych, przedstawione na ryc. 2 różnice ułożenia i zagęszczenia materii skalnej ze względu na często niewielkie wymiary pokazanych stref nie są makroskopowo dostrzegane, a całe ciało A w pomierzonych granicach jest uważane za jednorodne. Pokazane na tej rycinie różnice ułożenia i zagęszczenia materii skalnej w geologicznym ciele A ujawniają wyraźną anizotropię w przygranicznej strefie materii skalnej w tym ciele, odróżniając ją od materii w całej reszcie tego ciała. Anizotropia ta może być i zapewne jest związana z oddziaływaniem pola fizycznego Ziemi, gdyż jej zmiany zależą od głębokości, a także od oddziaływań pól fizycznych sąsiadujących z danym ciałem ciał geologicznych (na ryc. 2 ciała B) oraz od kierunków wywieranych na dane ciało przez sąsiednie ciała geologiczne nacisków tektonicznych, gdy zmiany anizotropii zmieniają się wyraźnie przy granicy sąsiadujących ciał. Wydaje się więc, że w przypowierzchniowej, górnej części skorupy ziemskiej, w strefie dostępnej do bezpośrednich badań geologicznych materia skalna jest w większym lub mniejszym stopniu anizotropowa. Zatem pokazane na ryc. 1 bliższe i dalsze otoczki materialnych punktów obserwacji i pomiarów powinny być przedstawione w płaszczyźnie rysunku jako elipsy, będące w przestrzeni przekrojami elipsoidu dwu- lub trójosiowych.

Przedstawione wyżej dociekania nieoznaczoności, niejednorodności i anizotropii materii skalnej w całej skorupie ziemskiej i w badanych jej fragmentach prowadzą do ogólnego wniosku, że najczęściej przyjmowane w różnych rozważaniach mechaniki gruntów i skał oraz w licznych opracowaniach geotechnicznych i w niektórych, błędnie nazywanych dokumentacjami inżyniersko-geologicznymi, założenia o jakoby pospolicie występującej jednorodności i izotropii materii skalnej wprawdzie ułatwiają matematyczne transformacje danych o tej materii, oznaczonej w materialnych punktach obserwacji i pomiarów, na otaczającą te punkty przestrzeń, lecz niestety okazuje się, że wyprowadzone z tych transformacji wzory — modele matematyczne, zastosowane w praktyce, nie zawsze odpowiadają rzeczywistości. W opracowaniach tych w wyniku braku rzetelnej wiedzy geologicznej pomija się dyskusję nad możliwością popełnienia błędów dopuszczalnych w danej skali rozpoznania materii skalnej oraz nie określa się prawdopodobieństwa zgodności z rzeczywistością (Kowalski, 1988a, b; 1998a, b) skonstruowanego w danym opracowaniu z reguły tylko jednego modelu budowy geologicznej i dynamiki badanego terenu. W podobnej sytuacji doświadczony geolog na podstawie tych samych danych mgłby zgodnie z ogólną wiedzą geologiczną i zasadami naukowego myślenia i wnioskowania, skonstruować kilka, zresztą czasami nawet przeciwnych modeli wskazać na konieczność dodatkowych badań. Prezentacja tylko jednego modelu, który okazał się niezgodny z rzeczywistością w przypadku awarii lub katastrofy obiektów zlokalizowanych, zaprojektowanych i eksploatowanych na podstawie takiego modelu doprowadza

jego autora do konieczności przyznania się do niewiedzy lub powołania się na nieprzewidzianą uprzednio trzecią kategorię warunków inżyniersko-geologicznych naszych instrukcji i Eurokodu. Tak więc istotną dla praktyki inwestycyjnej jest kwestia, kto, z jaką wiedzą i w jakim momencie procesu inwestycyjnego określać powinien, do jakiej kategorii warunków inżyniersko-geologicznych należy zaliczyć dany teren. Wydaje się, że niezbędna jest wówczas solidna wiedza geologiczna, połączona z praktyką badań, gdyż sama wiedza i praktyka inżynierska okazuje się niejednokrotnie niewystarczająca.

Wnioski

Z powyższych rozważań o nieoznaczoności, niejednorodności i anizotropii materii skalnej w ciałach geologicznych wynikają następujące wnioski ogólne:

Materię skalną (tj. jej stan, skład, właściwości, ich zmienność w przestrzeni i zmiany w czasie) oznacza się w poszczególnych punktach materialnych oraz w materialnych (w praktyce z reguły niepełnych) profilach i przekrojach obserwacji i pomiarów.

Wokół każdego matematycznie pojmowanego punktu (a także linii — profilu i powierzchni — przekroju) obserwacji i pomiaru istnieją ich bliższe otoczki, w których obrębie została oznaczona masa o określonych objętościach materii skalnej (tj. jej stan, skład, właściwości, ich zmiany w czasie).

Wokół każdego punktu materialnego (a także każdego materialnego profilu i przekroju) z ich bliższymi otoczkami istnieją ich dalsze otoczki o określonym zasięgu, którym zgodnie z teorią nauk geologicznych i praktyką geologicznych badań można przypisać takie same dane, jakie oznaczono w bliższych otoczkach materialnego punktu (także każdego materialnego profilu i przekroju).

Materia skalna poza nielicznymi materialnymi punktami, profilami i przekrojami obserwacji i pomiarów (wraz z ich prawidłowo wyznaczonymi dalszymi otoczkami) nie jest bezpośrednio oznaczona.

Kształt bliższych i dalszych otoczek materialnych punktów obserwacji i pomiaru materii skalnej jest z reguły elipsoidalny, co wskazuje na anizotropię tej materii, związaną również z oddziaływaniem złożonego pola fizycznego Ziemi i ciał geologicznych, sąsiadujących z badanym ciałem

geologicznym, jak też kierunków wywieranych na to ciało nacisków tektonicznych.

Transformacja danych o materii skalnej, oznaczonych w materialnych punktach obserwacji i pomiaru na obszary między tymi punktami ciała geologicznego, wymaga solidnej wiedzy geologicznej i rzetelnej praktyki badań geologicznych, gdyż w praktyce inwestycyjnej sama rozległa wiedza i praktyka inżynierska okazuje się nierzadko niewystarczająca.

Literatura

- ALMS R., KLESPER C. & SIEHL A. 1994 — Geometrische Modellierung und Datenbank — entwicklung für dreidimensionale Objekte. Nachrichten aus dem Karten — und Vermessungswesen, 111: 9–16.
- FÖRSTER A. & MERRIAM D.F. 1996 — Geological Modeling and Mapping. Plenum Press. New York & London.
- JAROSZEWSKI W., MARKS L. & RADOMSKI A. 1985 — Słownik geologii dynamicznej. Wyd. Geol.
- KINZELBACH W. 1986 — Ground water modeling. Elsevier, Amsterdam.
- KOWALSKI W.C. 1983 — Geological Section Probability. Bull. JAEG., 28: 77–79.
- KOWALSKI W.C. 1984 — Probability of Geological Models. Mieź. Geol. Kongr., Moskwa, 1984, Tiezisy, Vol 8: 69–70.
- KOWALSKI W.C. 1988a — Geologia inżynierska. Wyd. Geol.
- KOWALSKI W.C. 1988b — Mathematical Methods in Geological, Hydrogeological and Engineering — Geol. Stud. [W:] Geomathematics and Geostatistics Analysis Applied to Space and Time Dependent. Data in Sc. de la Terre Ser. nr 27 Inf., Nancy, 1988: 79–120.
- KOWALSKI W.C. 1995 — Triada: retrospekcja — aktualizm — prognozowanie w myśleniu geologicznym. Prz. Geol., 43: 664–670.
- KOWALSKI W.C. 1998a — Umowne prawdopodobieństwo zgodności modeli geologicznych z rzeczywistością geologiczną. Prz. Geol., 46: 95–98.
- KOWALSKI W.C. 1998b — Zgodność modeli inżyniersko-geologicznych z rzeczywistością. [W:] Współczesne problemy Geologii Inżynierskiej w Polsce. Mat. II Ogólnopolskiego Sympozjum w Kiekrzu k/Poznań: 323–326.
- KRUHL J. (ed.), 1994 — Fractals and dynamic systems in geosciences. Springer Verlag Berlin /Heidelberg.
- KRUMBEIN W.C. & GRAYBILL F.A. 1965 — An introduction to statistical models in geology. McGraw — Hill Book Co. Inc. New York.
- Proceeding of the Colloquium: The Concept and the Role of the Model in Mathematics, Natural and Social Sciences. Dordrecht, 1961.
- Proceeding of the Colloquium — The Concept and the Role of the Model in Mathematics, Natural and Social Sciences. Dordrecht, 1961.
- SIEHL A., RUBE O., VALDIVIA-MANCHEGO M. & KLAFF J. 1992 — Geological maps derived from interactive spatial modeling. [W:] Digital map series in geosciences to geo-information system. Geol. Jb. 17122, 273–289.
- SZYMCZAK M. (red.) 1978 — Słownik języka polskiego. PWN, Warszawa.
- YOUNG A.P. 1948 — Lord Kelvin. Longmans, Green & Co. London.

UWAGA! ZASADY PRENUMERATY:

Prenumeratę krajową przyjmują jednostki kolportażowe „RUCH”, właściwe dla miejsca zamieszkania lub siedziby prenumeratora. Prenumeratę ze zleceniem wysyłki za granicę przyjmuje „RUCH” S.A., ul. Towarowa 28, 00-958 Warszawa, konto PBK, XIII Oddział Warszawa 11101053-16551-2700-1-67. Dostawa odbywa się pocztą zwykłą w ramach opłaconej prenumeraty, z wyjątkiem zlecenia dostawy pocztą lotniczą, której koszt w pełni pokrywa zamawiający. Zlecenia na prenumeratę dewizową, przyjmowane od osób zamieszkałych za granicą, są realizowane od dowolnego numeru w danym roku kalendarzowym. Informacje o warunkach prenumeraty i sposobie zamawiania udziela „RUCH” S.A., tel. 620-10-39, 620-10-19, 620-12-71 wew. 2442, 2366.

Wpłaty na prenumeratę są przyjmowane wyłącznie na okresy kwartalne, a terminy przyjmowania wpłat — na teren kraju i za granicę — są następujące: do 20.11 — na I kwartał następnego roku, do 20.02 — na II kwartał danego roku, do 20.05 — na III kwartał, do 20.08 — na IV kwartał. Cena prenumeraty wynosi 21,00 zł kwartalnie, a za granicę jest o 100% wyższa.

Dostawa zamówionej prasy następuje: — przez jednostki kolportażowe „RUCH” — w sposób uzgodniony z zamawiającym.

Ponadto istnieje możliwość indywidualnej i zbiorowej prenumeraty *Przeglądu Geologicznego* — bezpośrednio w Państwowym Instytucie Geologicznym.

Prenumeratę można zamawiać, wnosząc opłatę z góry, przy czym przez cały czas prenumeraty będzie obowiązywała cena z dnia jej rozpoczęcia. Zgłoszenia na prenumeratę przyjmuje w Państwowym Instytucie Geologicznym Sekcja Dystrybucji i Publikacji, gmach A, pokój 3 (parter), tel. 49-53-51 wew. 403. Prenumeratę można też zgłaszać listownie na adres: Państwowy Instytut Geologiczny, Sekcja Dystrybucji, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa.

Podstawą przyjęcia prenumeraty będzie nadesłanie na nasz adres zamówienia oraz kopii dowodu wpłaty, dokonanej na konto Państwowego Instytutu Geologicznego w PBK III O/W-wa nr 11101024-3724-2700-1-31.