


**NASI W FILADELFIN**
**Publikacje polskich badaczy w czołowych czasopismach międzynarodowych z dziedziny nauk o Ziemi**
**Paweł Aleksandrowski<sup>1</sup>, Andrzej Ber<sup>1</sup>, Jacek Kasiński<sup>1</sup>, Jerzy Małecki<sup>2</sup>,  
Hanna Nizinkiewicz<sup>3</sup>, Hanna Winter<sup>1</sup>, Marcin Żarski<sup>1</sup>**


P. Aleksandrowski   A. Ber   J. Kasiński   J. Małecki   H. Nizinkiewicz   H. Winter   M. Żarski

**Geofizyka**

**Wojciech Czuba** (Instytut Geofizyki PAN), **Marek Grad** (Uniwersytet Warszawski), **Rolf Mjelde** (Uniwersytet w Bergen, Norwegia), **Aleksander Guterch** (IG PAN), **Audun Libak** (Uniwersytet w Bergen), **Frank Krüger** (Uniwersytet w Poczdamie, Niemcy), **Yoshio Murai** (Uniwersytet Hokkaido, Japonia), **Johannes Schweitzer** (NORSAR, Norwegia) oraz członkowie *International Polar Year Project Group* opublikowali na łamach *Geophysical Journal International* wyniki modelowania metodą trasowania promienia (ang. *ray-tracing*) w odniesieniu do fal podłużnych długiego na 410 km profilu sejsmicznego łączącego Wyspę Niedźwiedzią na szelfie Morza Barentsa ze skorupą oceaniczną śródoceanicznego grzbietu Mohna. Zdaniem autorów artykułu północno-wschodnia część profilu przecina typową skorupę kontynentalną, która stopniowo cienieje ku południowemu zachodowi od wartości ok. 30 km w rejonie Wyspy Niedźwiedziej do ok. 13 km w strefie przejścia do skorupy oceanicznej. W rejonie Hornsundu na Spitsbergenie modelowaniem stwierdzono występowanie miąższego na 3–4 km wypełnienia permokarbońskiego basenu sedymentacyjnego podścielającego warstwę wulkanitów o miąższości ok. 1,5 km. Z kolei w najniższej partii skorupy kontynentalnej, o miąższości rzędu 3–4 km, stwierdzono prędkości fal P o wartościach znacznie wyższych od normalnych (ok.  $7,5 \text{ km s}^{-1}$ ), co wyjaśniono udziałem intruzji magm zasadowych związanych z epizodem ryftingu w paleocenie i wczesnym eocenie. Południowo-zachodnia część strefy przejściowej od kontynentu do oceanu o szerokości rzędu 30 km reprezentowana jest przez cokol krystaliczny o grubości ok. 6 km i podwyższonej prędkości sejsmicznej ( $7,3 \text{ km s}^{-1}$ ), który został zinterpretowany jako grzbiet zbudowany ze zserpentyzowanych

perydotytów. Stwierdzono, że magmowy człon skorupy oceanicznej występującej wzdłuż grzbietu Knipowicza, wykształcony podczas fazy otwierania tego odcinka Atlantyku pomiędzy 35 a 20 mln lat temu, wykazuje miąższość o 3–5 km większą od normalnej i zinterpretowano to zjawisko jako efekt wygięcia południowego skraju tego grzbietu. Stwierdzono też, że miąższość członu magmowego skorupy oceanicznej występującej na grzbiecie Mohna i utworzonej ok. 20 mln lat temu zmniejsza się do 3 km, co jest wartością normalną dla grzbietów oceanicznych charakteryzujących się bardzo powolnym spredingiem. (PA)

**Marek Narkiewicz** (PIG-PIB), **Marek Grad** (Uniwersytet Warszawski), **Aleksander Guterch** i **Tomasz Janik** (Instytut Geofizyki PAN), przedstawili w *Geological Magazine* wyniki badań nad sejsmiczną strukturą skorupy ziemskiej w południowej Polsce, która – ich zadaniem – odzwierciedla efekty przeddevonńskiej akrecji terranów przy krawędzi kratonu wschodnioeuropejskiego. Wykorzystali oni zarówno nowe, jak i wcześniejsze dane geologiczne i geofizyczne (te ostatnie w postaci pól potencjalnych) do wykazania obecności co najmniej trzech regionalnych rozmiarów jednostek tektonicznych przylegających do kratonu i różniących się historią rozwoju w czasie pomiędzy ediakarem a sylurem. Te bloki tektoniczne – górnośląski, małopolski i łysogórski – wykazują odmienną strukturę skorupy ziemskiej, uwidaczniającą się w modelach prędkości sejsmicznej  $V_p$  opartych na pomiarach uzyskanych w trakcie głębokiego refrakcyjnego eksperymentu sejsmicznego CELEBRATION 2000. Dwa pierwsze bloki interpretowane są jako egzotyczne terrany o budowie skorupy typowej dla Awalonii, ostatecznie zadokowane przed późnym wczesnym dewonem, natomiast blok łysogórski stanowić ma proksymalny terran przemieszczony prawoskrętnie wzdłuż krawędzi Baltiki.

<sup>1</sup>Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy; pawel.aleksandrowski@pgi.gov.pl, andrzej.ber@pgi.gov.pl, jacek.kasinski@pgi.gov.pl, hanna.winter@pgi.gov.pl, marcin.zarski@pgi.gov.pl.

<sup>2</sup>Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, al. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; jerzy.malecki@uw.edu.pl.

<sup>3</sup>Hannanizinkiewicz@gmail.com.

<sup>4</sup>Dokładne dane bibliograficzne wszystkich omawianych tekstów znajdują się na końcu artykułu.

Szwy pomiędzy terranami nie odpowiadają zbyt precyzyjnie strefom zwiększonych gradientów lateralnych w modelach rozkładu prędkości  $V_p$ . Częściowo wydaje się to być skutkiem ograniczonej rozdzielczości refrakcyjnych danych sejsmicznych (okno interpretacyjne o szerokości 20 km), głównie jednak wynikać ma z poakrecyjnej deformacji tektonicznej, przede wszystkim waryscyjskiej, o kinematyce w przewodzie przesuwej. Przemieszczenia transpresyjne/transtensyjne skoncentrować się miały w strefach reologicznego osłabienia skorupy – wzdłuż szwów tektonicznych pochodzących z etapu akrecji. Prawdopodobny przebieg krawędzi platformy wschodnioeuropejskiej (linii Teisseyre'a–Tornquista) prognozowany jest mniej więcej wzdłuż uskoku Nowe Miasto–Zawichost, który wyznacza też północno-wschodni skraj terranu łysogórskiego. (PA)

### Geologia czwartorzędu

**Stefan Lauterbach**, **Achim Brauer** (GeoForschungs-Zentrum – GFZ, Niemcy), **Nils Andersen** (Uniwersytet w Kilonii, Niemcy), **Dan L. Danielopol** (Instytut Limnologii Austriackiej Akademii Nauk), **Peter Dulski** (GFZ), **Matthias Hüls** (Uniwersytet w Kilonii), **Krystyna Milecka** (Uniwersytet im. A. Mickiewicza), **Tadeusz Namiotko** (Uniwersytet Gdański), **Birgit Plessen** (GFZ), **Ulrich von Grafenstein** (Laboratorium Klimatu i Środowiska w Gif-sur-Yvette, Francja) oraz inni uczestnicy projektu *DecLakes* przedstawili w czasopiśmie *Boreas*<sup>4</sup> wyniki szczegółowych badań i datowań osadów dennych jeziora Hańcza (północno-wschodnia Polska), najgłębszego jeziora na Niziu Europejskim. Badania, mające na celu odtworzenie zmian klimatycznych i ewolucji środowiska w okresie wczesnego i środkowego holocenu w północno-wschodniej Polsce, przeprowadzono z zastosowaniem wielu metod na pięciu rdzeniach pobranych z osadów dennych jeziora, z których dwa najdłuższe miały 361 i 774 cm długości, przy średnicy rdzenia 9 cm. Przeprowadzono analizy: sedymentologiczną, mikrofajki, palinologiczną, małżoraczków, izotopów węgla  $\delta^{13}\text{C}$  i tlenu  $\delta^{18}\text{O}$ , a 13 próbek z makroszczątkami (liście, drewno) poddano datowaniu metodą  $^{14}\text{C}$ . Granica późnego plejstocenu z wczesnym holocenem (11 600 lat p.n.e.) zaznaczyła się w osadach dennych jeziora zmianą sedymentacji z klastyczno-detrytycznej na autochtoniczną; wyznacza ona także początek biologicznej historii jeziora. Na podstawie badań sedymentologicznych wyróżniono cztery główne okresy zmian w sedymentacji osadów dennych zapisane w latach: 11 600, 11 250, 9 400 i 4 650 p.n.e. Wyniki badań palinologicznych i izotopowych wykazały, że pierwsze ciepłe wahnięcie klimatyczne w rejonie jeziora nastąpiło w pierwszych 350 latach wczesnego holocenu i przerwane zostało przez prawie 200-letnie ochłodzenie preborealne. Drugie ocieplenie klimatyczne stwierdzono w latach 10 000–9 000 p.n.e. Danych świadczących o chłodnym i suchym klimacie, jaki panował w rejonie jeziora Hańcza przez przynajmniej 1500 lat, nie można skorelować z wynikami badań izotopowych z południowych Niemiec czy Grenlandii, gdyż północno-wschodnia Polska była pod wpływem cyrkulacji zimnych mas powietrza ze wschodu, która znacznie opóźniła ocieplenie się klimatu w tej części Europy, a jej oddziaływanie trwało aż do ostatecznego wytopienia się martwych lodów. Według autorów mar-

ty lód zalegał jezioro aż do allerødu (w osadach dennych jeziora nie występują torfy tego wieku) i mógł tak długo przetrwać dzięki głębokiemu zaleganiu, wiecznej zmarzlinie występującej do znacznych głębokości i wschodniej cyrkulacji zimnych mas powietrza, która stanowiła zapórę dla ciepłych i wilgotnych mas napływających z zachodu. (AB)

**Leszek Starkel** (Instytut Geografii PAN) w artykule na łamach *Quaternary International* porusza problem oceny wyników badań paleoklimatycznych w holocenie w nawiązaniu do współczesnych procesów zachodzących w środowisku naturalnym. Rekonstrukcja paleoklimatu w holocenie powinna bazować na korelacji wyników badań osadów reprezentujących różne środowiska sedymentacyjne i formy powierzchni oraz szczątków organicznych wspartych chronostratygrafia. W czasie długotrwałych zmian klimatycznych w holocenie zdarzały się sytuacje ekstremalne (ulewy, powodzie, osunięcia gruntu), których efekty można zaobserwować w różnorodnych osadach i w strukturach sedymentacyjnych. Tego rodzaju zdarzenia środowiskowe mogły być odbiciem globalnych, regionalnych lub lokalnych trendów zmian klimatycznych. Obserwacje współczesnych procesów geologicznych pozwalają lepiej zrozumieć te same procesy zachodzące w holocenie w odniesieniu do warunków klimatycznych. Wyniki badań paleośrodowiskowych (temperatury, wielkości opadu) uzyskane w pojedynczych stanowiskach odzwierciedlają przeważnie lokalne warunki środowiskowe (np. zagłębienie bezodpływowe lub tarasy zalewowe) i mogą się różnić od warunków panujących w danym regionie. Osadami z najlepszym zapisem stałych warunków klimatycznych są laminowane osady jeziorne. Jeżeli w tego typu osadach jest zachowany zapis ekstremalnych zjawisk klimatycznych, to mogą być one wydatowane. W badaniach długoterminowych zmian paleoklimatu w holocenie bazuje się na analizach rdzeni lodowych – z Grenlandii i antarktycznych, zmian położenia czoł lodowcowych, m.in. w Alpach, i poziomu wód jeziornych. Najlepsze efekty badań paleośrodowiskowych holocenu w Polsce i Europie Środkowej uzyskuje się na podstawie badań laminowanych osadów jeziornych (stanowiska Gościąż, Biskupin, Lednica, Perespilno). Ponadto duże znaczenie mają osady pochodzące z licznych torfowisk, w których przeprowadzono setki datowań radiowęglowych i badań pyłkowych obrazujących zmiany szaty roślinnej. Pozwala to na wyodrębnienie faz klimatycznych: wilgotnych i suchych. Dane palinologiczne uzyskane z osadów jeziornych, bagiennych i torfów terenu Polski stanowiły bazę do stworzenia holocenijskich map izopolowych, głównie drzew i krzewów, wykreślonych w 500-letnich horyzontach czasowych. Na ich podstawie zostały odtworzone zmiany roślinności i klimatu w czasie późnego glacjału ostatniego zlodowacenia i holocenu. Bardzo istotne wyniki, które posłużyły do odtworzenia warunków paleośrodowiskowych, w tym paleoklimatu, uzyskano z osadów i form geomorfologicznych pochodzenia rzeczno- (koryta, tarasy nadzalewowe, paleomendry) oraz sekwencji erozyjnych (krawędzie tarasów) i akumulacji, w tym nagromadzenia pni dębów. Szczególnie wyraźnie obrazują one zmiany warunków klimatycznych na obszarach podgórskich. Większe opady, które powodowały powodzie, daje się odczytać także w dużych osuwiskach w Karpatach.

Rekonstrukcje przemian klimatycznych w ostatnich 2000 lat utrudniają zmiany środowiska wywołane działalnością człowieka (procesy odlesiania). Obecne ekstremalne zdarzenia znajdują odzwierciedlenie w formach rzeźby (tarasy, koryta, odsypy, osuwiska) i w osadach. Także procesy związane z topnieniem śniegu, zamarzaniem gruntu i deszczem zaznaczają się w morfologii terenu i w osadach. Katastrofalne susze powodują obniżanie poziomu wód gruntowych i hamują przyrost torfu. Dokładna analiza efektów zdarzeń ekstremalnych pokazuje złożoność procesów akumulacji i erozji. Na podstawie badań i datowań osadów holocenów w Polsce wyróżnia się 8–9 wilgotnych i chłodnych faz przedzielonych fazami suchymi. Fazy wilgotne charakteryzują się znacznie większą ilością zdarzeń ekstremalnych (ulewy, powodzie). Przejawia się to wzrostem poziomu jezior, przyrostem torfu i zwiększeniem tempa wytrącania się węglanu wapnia w jaskiniach. Występowanie dużej ilości anomalii klimatycznych we wczesnym holocenie można skorelować z obniżeniem radiacji słonecznej i aktywności wulkanicznej. W analizie wyników badań holocenów i form rzeźby duże znaczenie ma stwierdzenie, czy ich występowanie w jednym stanowisku dokumentuje jednokrotne, lokalne zdarzenie (np. jednorazowa ulewa w suchszej fazie klimatu), czy też jest częścią długotrwałych zmian klimatycznych. Zjawiska wywołane np. nawałnymi opadami są zależne od sytuacji geomorfologicznej i nie występują synchronicznie (powodzie w dolinach rzek, osuwiska czy wzrost poziomu wody w jeziorach). W podsumowaniu autor wysuwa wniosek, że aby wykonać kompletną rekonstrukcję zmian klimatu w holocenie, należy uwzględnić wszystkie parametry cyrkulacji wody. Bardzo istotne jest rozpoznanie dynamiki reżimu hydrologicznego, w tym także zjawisk związanych z ekstremalnymi opadami. Równie ważne jest zbieranie wyników badań osadów reprezentujących różne środowiska oraz oddzielenie wpływu na środowisko czynników lokalnych od regionalnych. Ponadto do odtwarzania zmian klimatycznych niezbędna jest wiedza o zmianach zachodzących w ekosystemach i o współczesnych procesach depozycyjnych i erozyjnych. (MŻ, HW)

### Geologia krasu

**Piotr Szymczak** (Uniwersytet Warszawski) i **Anthony J.C. Ladd** (Uniwersytet Florydzki, USA) opublikowali w *Earth and Planetary Science Letters* artykuł poświęcony matematycznemu modelowi erozji chemicznej w szczelinach skalnych i jego zastosowaniu do zrozumienia wczesnych stadiów powstawania jaskiń. Jaskinie krasowe tworzą się wzdłuż szczelin skalnych, do których przesączają się wody gruntowe nasycone dwutlenkiem węgla. Ten lekko kwasowy roztwór rozpuszcza skały wapienne i stopniowo poszerza szczelinę. Jednak w prostych modelach geochemicznych tego procesu przewidziano, że roztwór taki już na głębokościach rzędu kilku centymetrów nasyci się jonami wapnia, i rozpuszczanie ustanie. W ten sposób w geologicznych skalach czasu tworzyłyby się jedynie płytkie pieczary, powyżej kilkumetrowej głębokości, a długie tunele skalne nie mogłyby powstać. Aby wytłumaczyć tę sprzeczność, przywoływana jest zwykle koncepcja „spowolnienia kinetycznego” zakładająca, że tempo rozpuszczania skały bardzo gwałtownie spada, kiedy woda jest bliska nasycenia jonami

wapnia, co pozwala nienasyconemu roztworowi wnikać dużo dalej w głąb szczeliny. Szymczak i Ladd pokazują, że za powstawaniem korytarzy skalnych może stać inny mechanizm. Matematyczna analiza równań rządzących procesem rozpuszczania pojedynczej szczeliny skalnej pokazuje ukrytą w nich niestabilność, która z biegiem czasu prowadzi do skupiania się przepływu wody w wyraźnych, głęboko wciętych w powierzchnię skalne kanałach. Prędkość cieczy w tych kanałach jest bardzo duża, dzięki czemu nienasycony roztwór wnika głęboko do wnętrza szczeliny. Kanały te rywalizują pomiędzy sobą o dostępny przepływ, co prowadzić może do powstawania hierarchicznej struktury korytarzy. Zaproponowany przez autorów model matematyczny pokazuje, że korytarze krasowe mogą powstawać o wiele szybciej niż zakładano w poprzednich modelach, co ma znaczenie nie tylko w konstruowaniu modeli speleogenezy, ale też w określaniu bezpieczeństwa podziemnych rezerwuarów substancji toksycznych czy stabilności struktur hydraulicznych. Praca Szymczaka i Ladda znalazła się też w styczniowym wyborze *Editor's Choice* czasopisma *Science*. (HN)

### Geologia złóż

**Katarzyna Czerw** (Akademia Górniczo-Hutnicza) przedstawiła na łamach *International Journal of Coal Geology* wyniki oryginalnego eksperymentu dotyczącego sorpcji metanu i mieszaniny metanu i dwutlenku węgla w węglu kamiennym o stosunkowo niskim stopniu uwęglania (według PN-82/G-97002 należącego do typu 32.2). Celem eksperymentu było: (1) określenie zależności pomiędzy zmianami objętości węgla kamiennego a zmianami ciśnienia gazów, (2) eksperymentalne potwierdzenie założenia o silniejszej sorpcji CO<sub>2</sub> w stosunku do CH<sub>4</sub> i (3) pozyskanie nowych danych eksperymentalnych o zachowaniu się węgla w procesach związanych z pochłanianiem i wydzielaniem metanu w złożu. Wyniki eksperymentu, przedstawione w postaci krzywych kinetycznych odkształceń objętościowych podczas absorpcji i desorpcji – oddzielnie dla metanu i mieszaniny gazów – pozwalają stwierdzić, że w układzie węgiel–metan odkształcenia objętościowe węgla mają charakter nieodwracalny, a zależność pojemności sorpcyjnej metanu od wartości odkształceń ma charakter liniowy. Pojemność sorpcyjna węgla względem mieszaniny gazów nie ma natomiast charakteru liniowego, ponieważ mieszanina ta była sorbowana dalej na etapie kontrakcyjnego kurczenia się próbki pomimo zmniejszenia jej objętości. Zdaniem autorki wskazuje to jednoznacznie na preferencyjny charakter sorpcji CO<sub>2</sub> względem CH<sub>4</sub> i podstawianiem w fazie sorbowanej cząsteczek metanu przez cząsteczki dwutlenku węgla. Przy okazji eksperymentu został także potwierdzony prezentowany już wcześniej pogląd, że wpływ pęcznienia i kurczenia się próbki na pojemność sorpcyjną daje się zauważyć jedynie w ciągu pierwszych 10 minut kontaktu próbki z gazem. (JK)

### Hydrogeologia

**Kamel Abid, Kamel Zouari** (École Nationale d'Ingénieurs de Sfax, Tunezja), **Marek Duliński** (Akademia Górniczo-Hutnicza), **Najiba Chkir** (École Nationale d'Ingénieurs de Sfax) oraz **Brahim Abidi** (Commissariat Régio-

nale au Développement Agricole de Gabés, Tunezja) są autorami interesującego artykułu opublikowanego w *Hydrogeology Journal*, w którym przedstawiają czynniki kształtujące chemizm wód podziemnych turońskiej warstwy wodonośnej, stanowiącej główne źródło wody dla ludności i w rolnictwie w południowej Tunezji. Próbkę wody pochodzącej ze spękanych wapieni i dolomitów warstwy turońskiej poddano badaniom hydrochemicznym i izotopowym. Autorzy stwierdzili, że największy wpływ na chemizm analizowanych wód ma ich mieszanie się z wodami głębszego krążenia. Badania izotopowe ( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^2\text{H}$ ,  $\text{Cl}^-$ ) wskazują na istnienie wielkoskalowych powiązań wodonośca turońskiego z zalegającą poniżej formacją piaskowcową – Continental Intercalaire. Ponadto stwierdzono, że na drodze przepływu wód w warstwie turońskiej wzrasta mineralizacja oraz zawartość jonów sodu, chlorków i siarczanów. Zmiany te są wynikiem ługowania skał ewaporatowych, głównie rozpuszczania gipsu i halitu oraz wytrącania kalcytu. Dokładniejsza analiza chemiczna wykazała również duże znaczenie procesów wymiany jonowej. Jednoczesne analizy hydrochemiczna i izotopowa pozwoliły na lepsze poznanie warunków hydrodynamicznych i skonstruowanie modelu koncepcyjnego ilustrującego drogi przepływu wód w obrębie turońskiej warstwy wodonośnej. Główny obszar zasilania stanowi wyżyna Az-Zahr (Dahar upland<sup>5</sup>). Zawartości izotopów stabilnych i  $^{14}\text{C}$  w próbkach wód pobranych w rejonie Małej Syrtu (Gulf of Gabes) sugerują istnienie na tym obszarze podrzędnej strefy zasilania współcześnie infiltrującymi wodami. W rejonie Al-Hamma występuje system uskoków, dzięki którym następuje mieszanie się wód poziomu turońskiego z wodami formacji Continental Intercalaire. Strefę drenażu stanowi rejon szottów (Chotts region). Artykuł ten jest doskonałym przykładem wykorzystania badań hydrochemicznych i izotopowych do interpretacji hydrogeologicznych zagadnień regionalnych. (JM)

**Mariusz Czop, Jacek Motyka** (Akademia Górniczo-Hutnicza), **Ondra Sracek** (Uniwersytet Palackiego w Ołomuńcu, Czechy) oraz **Marek Szuwarzyński** (Urząd Miasta Trzebinia) opublikowali w czasopiśmie *Water, Air and Soil Pollution* niezwykle interesujący artykuł dotyczący sztucznego zbiornika *Górka*, który znajduje się w centralnej części Trzebini, w nieczynnym kamieniołomie wapieni jurajskich. Wody zbiornika cechuje chemizm zbliżony do alkalicznych wód jezior występujących w strefie ryftów afrykańskich (tzw. *soda lakes*). Odczyn pH wody w zbiorniku należy do ekstremalnie wysokich i jest najwyższy spośród wartości zanotowanych na całym świecie w obrębie środowiska wodnego. Sztuczny zbiornik *Górka* powstał w wyniku zatamowania grawitacyjnego odpływu wód, co spowodowało zatopienie wyrobiska. Skład chemiczny tych wód jest wynikiem wymywania zanieczyszczeń z zalegających w północno-zachodniej części wyrobiska odpadów przemysłowych z przetwarzania surowców boksytowych typu czerwonych mułów (*red mud*). Odpady te zawierają do około 5–10 % węglanu sodu i w kontakcie z nimi powstają ekstremalnie alkaliczne odcieki, dodatkowo mocno zanieczyszczone przez pierwiastki śladowe, w tym

również silnie toksyczne dla organizmów żywych. Woda w stratyfikowanym jeziorze jest typu  $\text{Na-CO}_3\text{-OH}$  lub  $\text{Na-CO}_3$  i cechuje się bardzo wysokim pH (w zakresie od 11,5 do nawet 13,3). Mineralizacja ogólna wód w zbiorniku jest bardzo wysoka i waha się w granicach 5–13 g/dm<sup>3</sup>. W najwyższych stężeniach występują w niej sód, siarczany (około kilka g/dm<sup>3</sup>) oraz krzemionka i glin (około kilkaset mg/dm<sup>3</sup>). Dodatkowo w stosunkowo bardzo wysokich stężeniach, rzędu kilku mg/dm<sup>3</sup>, występują rzadkie pierwiastki śladowe: arsen, chrom, gal, molibden, i wanad. Poważne zagrożenie środowiska wód podziemnych oraz realne niebezpieczeństwo skażenia pobliskich terenów rekreacyjnych stały się impulsem do rozpoczęcia rekultywacji terenu wyrobiska *Górka*. Zbiornik ten jest połączony zatamowaną w prowizoryczny sposób sztolnią z położonym w odległości około 1,2 km zbiornikiem *Balaton*, który jest aktualnie popularnym kąpieliskiem. W razie przerwania tamy lub przelania się cieczy przez koronę kamieniołomu *Górka* alkaliczna ciecz mogłaby rozlać się na znacznym obszarze, zagrażając życiu i zdrowiu okolicznych mieszkańców. Identyczne zjawisko nastąpiło 4 października 2010 r. w rejonie miasta Veszprém na Węgrzech. Po ulewnych opadach z wiosny–lata 2010 r. doszło do przerwania tamy zbiornika odpadów z przeróbki surowców boksytowych w hucie aluminium i wylania się alkalicznej cieczy o odczynie pH około 12–13. W wyniku katastrofy na Węgrzech do środowiska przedostało się blisko 700 tys. m<sup>3</sup> alkalicznej cieczy ze szlamem, podczas gdy w kamieniołomie *Górka* znajdowało się około 500 tys. m<sup>3</sup> bardzo podobnych odcieków. W latach 2007–2009 alkaliczna ciecz była odpompowywana ze zbiornika i po oczyszczeniu odprowadzana do rzeki Ropki. Aktualnie na dnie zbiornika znajduje się jeszcze około 1,5-metrowa warstwa zanieczyszczonej wody, przy czym odnotowuje się stały dopływ zanieczyszczonych wód, wynoszący w przybliżeniu 80–100 m<sup>3</sup>/d. Obszar kamieniołomu *Górka* wymaga stosunkowo dużych nakładów finansowych, rzędu kilkudziesięciu mln zł, na dokończenie jego rekultywacji. Problematyka przedstawiona w artykule dotyczy zagadnień ważnych dla wielu specjalizacji hydrogeologicznych, których zainteresowania badawcze skupione są na dokumentowaniu przekształceń środowiska w obszarach silnie zurbanizowanych. Wyniki prezentowanych badań są również niezmiernie istotne ze względów utylitarnych. (JM)

**Andrzej Zuber** (PIG-PIB), **Kazimierz Różański**, **Jarosław Kania** (Akademia Górniczo-Hutnicza) oraz **Roland Purtschert** (Uniwersytet w Bernie, Szwajcaria) są autorami opublikowanego w *Hydrogeology Journal* artykułu, w którym przedstawili przegląd problemów metodologicznych pojawiających się niekiedy podczas stosowania znaczników środowiska w wyznaczaniu parametrów hydrogeologicznych oraz kalibracji modeli przepływu i transportu. Naturalne znaczniki środowiskowe są powszechnie stosowane w różnego rodzaju badaniach wód podziemnych i często dostarczają informacji niedostępnych z użyciem innych metod. Na wyniki metod znacznikowych wpływają takie czynniki jak typ i rozmiary zbiornika, skala czasu przepływu wód podziemnych, reprezentatywność miejsc

<sup>5</sup>W nawiasach podano angielskie odpowiedniki nazw pojawiające się w omawianym artykule.

opróbowania i przyjęte techniki poboru prób czy wreszcie dostępne środki finansowe. Znaczniki środowiskowe są stosowane w sposób jakościowy na etapie formułowania modeli koncepcyjnych badanych systemów hydrologicznych oraz ilościowo w określaniu wieku wód za pomocą modeli komorowych (*box models*) lub w kalibracji numerycznych modeli migracji. Wiek wód podziemnych jest ważnym parametrem hydrologicznym, który bezpośrednio można zmierzyć wyłącznie metodami znacznikowymi. Trudności w interpretacji danych znacznikowych związane z wiekiem wody wynikają często z różnych definicji wieku, np. wiek adwekcyjny, wiek znacznikowy lub wiek radioizotopowy, które są inaczej mierzone oraz zależą od parametrów systemu wodonośnego i własności poszczególnych znaczników. Nawet przepływ idealnego znacznika może być opóźniony względem przepływu adwekcyjnego wody z powodu wymiany dyfuzyjnej między strefami stagnacyjnymi a przepływowymi. Prędkość adwekcyjna, jako związana z prawem Darcy'ego, jest istotna w rozważaniach zasobów wodnych, natomiast prędkość znacznika jest bardziej przydatna w prognozowaniu migracji zanieczyszczeń. W pracy przedstawiono przykłady badań znacznikowych kilku systemów wodonośnych ilustrujące omawiane problemy metodologiczne. Prezentowany artykuł z pewnością znajdzie liczną grupę czytelników, gdyż problematyka związana z geologią izotopową staje się coraz powszechniej stosowanym, skutecznym narzędziem badawczym. (JM)

### Tektonika

**Marek Jarosiński (PIG-PIB), Fred Beekman, Liviu Matenco i Sierd Cloetingh** (Wolny Uniwersytet Amsterdam, Holandia) przedstawili na łamach *Tectonophysics* rezultaty modelowania poziomej kontrakcji reologicznie uwarstwionej i lateralnie niejednorodnej litosfery panońskiego-karpackiego systemu basenów uzyskane metodą elementów skończonych. Zaprezentowane modele swą geometrią i przyjętym tempem deformacji odzwierciedlają plioceńsko-czwartorzędowe skrócenie tektoniczne tego obszaru, połączone z inwersją basenu panońskiego. Szereg zestawów sprężysto-lepko-plastycznych dwuwymiarowych modeli termomechanicznych symuluje przebieg fałdowego wybożenia litosfery i towarzyszącą mu ewolucję pola naprężeń/odkształceń. Przyjęte lepkie własności reologiczne astenosfery pozwalają na symulację towarzyszącego deformacji izostatycznego nawrotu litosfery. Przedstawione modele numeryczne prognozują zmiany ukształtowania powierzchni terenu spowodowane fałdowaniem całej miąższości skorupy i/lub litosfery wykazującym trzy odmienne, charakte-

rystyczne długości falowe. Fałdy o największej długości falowej można najłatwiej zaobserwować na brzegach basenu panońskiego jako wybrzuszenia peryferyczne, podczas gdy powstałe w późniejszych stadiach regionalnej kompresji fałdy o mniejszej długości falowej nakładają się na nie. Będąca efektem progresywnego skrócenia poziomego litosfery jej ewolucja termomechaniczna charakteryzuje się opóźnieniem zmian reżimu naprężeń i zmniejszeniem wartości odkształcenia sprężystego w sztywnych warstwach skorupy. Model prognozuje zmiany stanu naprężeń na brzegach basenu panońskiego wskutek osłabienia w tych miejscach litosfery basenu. Porównanie wyników modelowania ze strukturą regionu pozwoliło na wydzielenie trzech stadiów inwersji basenów systemu panońsko-karpackiego podczas pliocenu-czwartorzędu. (PA)

### Omówione publikacje

- ABID K., ZOUARI K., DULIŃSKI M., CHKIR N. & ABIDI B. 2011 – Hydrologic and geologic factors controlling groundwater geochemistry in the Turonian aquifer (southern Tunisia). *Hydrogeol. J.*, 19: 415–427.
- CZERW K. 2011 – Methane and carbon dioxide sorption/desorption on bituminous coal – experiments on cubicoid sample cut from the primal coal lump. *Int. J. Coal Geol.*, 85: 72–77.
- CZOP M., MOTYKA J., SRACEK O. & SZUWARZYŃSKI M. 2011 – Geochemistry of the Hyperalkaline Gorka Pit Lake (pH > 13) in the Chrzanow Region, Southern Poland. *Water, Air and Soil Pollution*, 214: 423–434.
- CZUBA W., GRAD M., MJELDE R., GUTERCH A., LIBAK A., KRÜGER F., MURAI Y., SCHWEITZER J. & THE IPY PROJECT GROUP 2011 – Continent–ocean–transition across a trans-tensional margin segment: off Bear Island, Barents Sea. *Geophys. J. Int.*, 184: 541–554 [doi: 10.1111/j.1365-246X.2010.04873.x].
- JAROSIŃSKI M., BEEKMAN F., MATENCO L. & CLOETINGH S. 2011 – Mechanics of basin inversion: Finite element modelling of the Pannonian Basin System. [W:] Cloetingh S., Vicente G. de and J. Gallart (red.): *TOPO-EUROPE II – From Iberia to the Carpathians and analogues*. *Tectonophysics*, 502: 121–145 [doi: 10.1016/j.tecto.2009.09.015].
- LAUTERBACH S., BRAUER A., ANDERSEN N., DANIELOPOL D.L., DULSKI P., HÜLS M., MILECKA K., NAMIOTKO T., PLESSEN B., GRAFENSTEIN U. VON & DECLAKES PARTICIPANTS 2011 – Multi-proxy evidence for early to mid-Holocene environmental and climatic changes in northeastern Poland. *Boreas*, 40: 57–72.
- NARKIEWICZ M., GRAD M., GUTERCH A. & T. JANIK. 2011 – Crustal seismic velocity structure of southern Poland: preserved memory of a pre-Devonian terrane accretion at the East European Platform margin. *Geol. Mag.*, 148: 191–210 [doi: 10.1017/S001675681000049X].
- STARKEL L. 2011 – Present-day events and the evaluation of Holocene palaeoclimatic proxy data. *Quatern. Intern.*, 229: 2–7.
- SZYMCZAK P. & LADD A.J.C. 2011 – The initial stages of cave formation: Beyond the one-dimensional paradigm. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 301: 424–432.
- ZUBER A., RÓŻAŃSKI K., KANIA J. & PURTSCHERT R. 2011 – On some methodological problems in the use of environmental tracers to estimate hydrogeologic parameters and to calibrate flow and transport models. *Hydrogeol. J.*, 19: 53–69.