

WSZECHŚWIAT

PISMO PRZYRODNICZE

Tom 108 Nr 4-6

Kwiecień-Maj-Czerwiec 2007



Festiwal Nauki w Krakowie

Noc Muzeów

ISSN 0043-9592

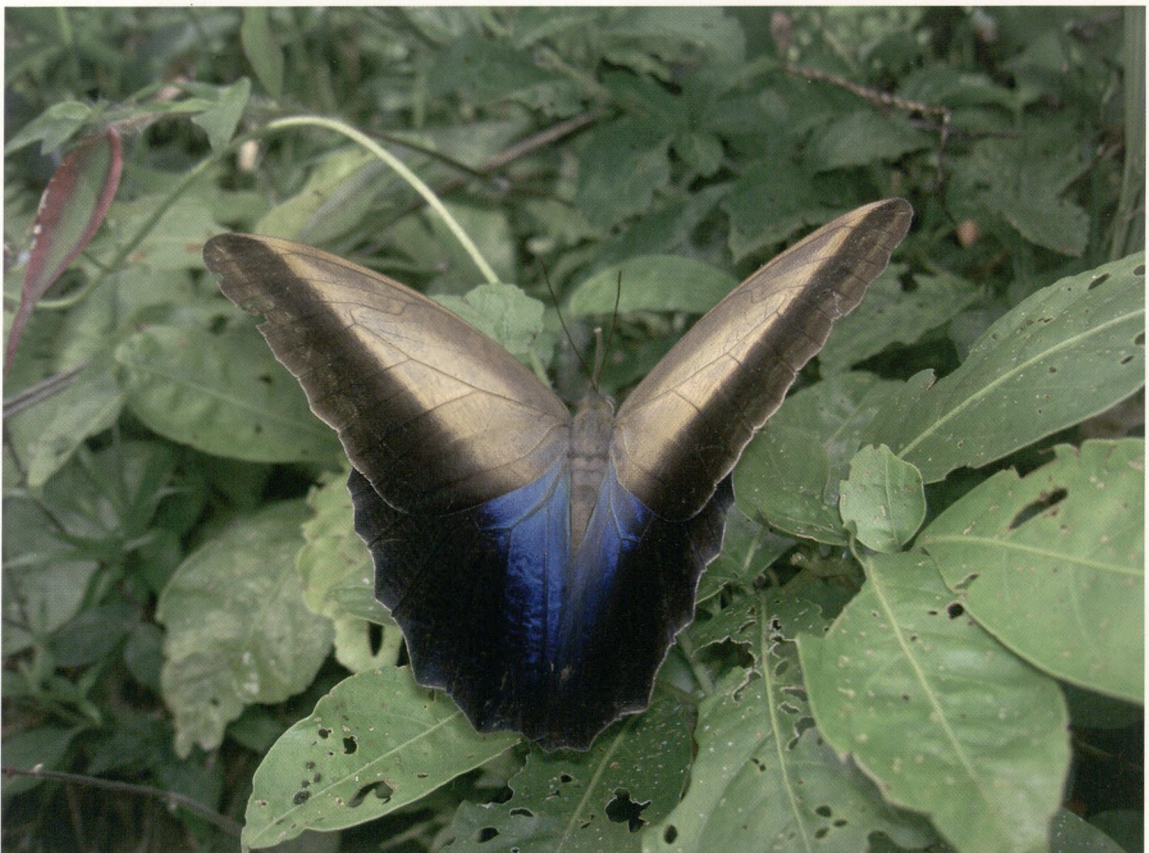


9770043959009 >

Tropikalne motyle schwytane w Wenezueli obiektywem prof. Janusza Wojtusiaka



Protambulyx strigilis (Sphingidae). Fot. J. Wojtusiak



Caligo memnon (Brassolidae). Fot. J. Wojtusiak

Wszechświat

Z polskimi przyrodnikami od 3 kwietnia 1882

Zalecany do bibliotek nauczycielskich i licealnych od r. 1947 (pismo Ministra Oświaty nr IV/Oc-2734/47)

Treść zeszytu 4–6 (2520–2522)

FESTIWAL NAUKI W KRAKOWIE

W. P. Alexandrowicz, Pierwsza zima w historii Ziemi	88
A. Bielański, Węgiel — pierwiastek o stu obliczach	91
A. Cieśla, W. Kraszewski, M. Skowron, Lewitacja magnetyczna z wykorzystaniem zjawiska nadprzewodnictwa	93
K. Ciura, Wyciszanie genów — interferencja RNA	94
D. Cwynar, G. Tylko, Identyfikacja jonów wapnia w hemocytach — komórkach krwi owadów	97
H. Figiel, A. Żywczak, Magazynowanie wodoru	98
A. Janocha, J. B. Zawilska, Farmakologia w służbie macho — „tabletki gwałtu i rozboju”	104
P. Klimek, G. Kołodziejak, Możliwość wykorzystania potencjału gazowego składowisk odpadów komunalnych	106
J. Łabuz, O. Sztatelman, M. Szuryn, A. Zając, A. Zarębski, Co nowego w biotechnologii	109
B. Małecka, Nanotechnologie i nanoproducty	112
J. Molenda, Energetyka wodorowa — technologie i perspektywy	116
A. Namroży, E. Niańko, E. Pyza, Plastyczność komórek nerwowych w korze somatosensorycznej mózgu myszy i układzie wzrokowym muszki <i>Drosophila melanogaster</i>	121
P. Nowak, Półprzewodniki w ochronie środowiska	123
M. Radecka, Konwersja energii słonecznej w ogniach fotoelektrochemicznych	126
A. Szurlej, Znaczenie energetyki wodnej w strukturze wytwarzania energii elektrycznej Polski, UE i świata	129
B. Wiśniewski, B. Szczówka-Wiśniewska, J. Ostrowski, Mikrokontrolery są wszędzie — prezentacje aplikacji studenckich	131
K. Zdunek, A. Wójtowicz, A. M. Osyczka, Rola białek morfogenetycznych kości w formowaniu się osteoblastów z komórek podścieliska szpikowego u dzieci i dorosłych	134

KRONIKA FESTIWALU NAUKI

Polimery (U. Filek)	136
Temperatura, ciśnienie i my (J. Korecki i współ.)	137
T-shirt i chromatografia (Ł. Mokrzycki)	137
Cement romański — tajemnica krakowskich kamienic (G. Adamski)	138
Półprzewodniki w ochronie środowiska (D. Wodka)	138
Naturalne katalizatory — enzymy (W. Włodarczyk, A. Węgrzynowicz)	139
BEC (K. Habrat)	139

UCZESTNICZY FESTIWALU O SOBIE

Historia nauk geologicznych w Uniwersytecie Jagiellońskim (E. Malata)	140
Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ (W. Ziąja)	142
Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni PAN (B. Świątkowska)	143
Instytut Nauk o Środowisku Uniwersytetu Jagiellońskiego (K. Nieszporek)	144
Zakład Neurofizjologii i Chronobiologii Instytutu Zoologii UJ (S. Siejka)	145
Zakład Genetyki i Ewolucjonizmu Instytutu Zoologii UJ (A. Gołaś)	145
Zakład Cytologii i Histologii Instytutu Zoologii UJ (E. Pyza)	145
Zakład Endokrynologii i Hodowli Tkanek Instytutu Zoologii UJ (M. Duda)	145

NOC MUZEÓW

R. Gradziński, Na czym Kraków zbudowano?	146
J. Rajchel, Z czego Kraków budowano	147
R. Molenda, Muzeum Geologiczne na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH	150
J. Brańka, R. Garlacz, Festiwal z Muzeum Zoologicznym UJ	151

DROBIAZGI

Szafran spiski (krokus) w Beskidzie Małym (J. Zieliński)	153
--	-----

OBRAZKI

„Mój” gawron (J. Rajchel)	154
-------------------------------------	-----

WSZECHŚWIAT PRZED STU LATY (oprac. J. G. Vetulani)	156
--	-----

RECENZJE

Marek M. Bonenberg: Tęsknota za Olduvai. Artykuły i eseje ekofilozoficzne (I. S. Fiut)	161
Krystyna Wilkoszewska (red.): Estetyka czterech żywiołów. Ziemia, woda, ogień, powietrze (K. Bonenberg)	162

WSPOMNIENIA Z PODRÓŻY

Listy z Antarktydy (c. d.) (K. Birkenmajer)	163
---	-----

INFORMACJE

„Ogród wita” (M. Mularczyk)	168
---------------------------------------	-----

O k ł a d k a: Krokusy nad potokiem Klimaska przy drodze na Leskowiec w Beskidzie Małym. 12.03.2007. Fot. J. Zieliński

Do Czytelników

Informujemy, że istnieje możliwość zakupienia bieżących numerów *Wszechświata* bezpośrednio w Redakcji czasopisma poprzez dokonanie wpłaty przekazem pocztowym na adres:

Redakcja Czasopisma Wszechświat, 31-118 Kraków, ul. Podwale 1

z zaznaczeniem, którego numeru dotyczy wpłata. W roku 2007 cena pojedynczego, kwartalnego zeszytu *Wszechświata* będzie wynosiła 9 zł, a za cały rok 36 zł.

Można również dokonać zakupu dawniejszych numerów *Wszechświata* wydanych do roku 1999 (w miarę posiadanych zapasów) w cenie po 4 zł za zeszyt podwójny i 2 zł za miesięczny.

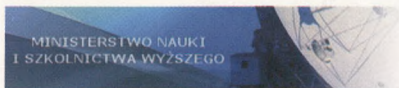
Redakcja nie dysponuje zeszytem *Wszechświata*, tom 104, nr 7-9 zawierającym płytę CD z głosami ptaków

Informujemy naszych Czytelników, że Polskie Towarzystwo Przyrodników im. Kopernika, będące wydawcą pisma przyrodniczego *Wszechświat*, uzyskało w roku 2005 status organizacji pożytku publicznego. W tej sytuacji każdy z Państwa może przekazać 1% swoich odpisów podatkowych na konto naszego Towarzystwa a uzyskane w ten sposób kwoty pomogą podreperować nasz budżet.

Polskie Towarzystwo Przyrodników im. Kopernika
31-118 Kraków, ul. Podwale 1
Pismo Przyrodnicze *Wszechświat*
Kredyt Bank I Oddział Kraków
Nr konta: 811500 11421220 60339745 0000

Ten numer *Wszechświata* powstał dzięki finansowej pomocy:

- Akademii Górniczo-Hutniczej
- Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego
- Polskiej Akademii Umiejętności
- Sieci Biologii Komórkowej i Molekularnej
- Uniwersytetu Jagiellońskiego



Rada redakcyjna: Przewodniczący: Jerzy Vetulani
Z-cy przewodniczącego: Ryszard Tadeusiewicz, Jacek Rajchel
Sekretarz Rady: Elżbieta Pyza
Członkowie: Stefan Witold Alexandrowicz, Wincenty Kilariski,
Jerzy Kreiner, Wiesław Krzemiński, Irena Nalepa, Barbara Płytycz, Marek Sanak,
January Weiner, Bronisław W. Wołoszyn

Komitet redakcyjny: Redaktor Naczelny: Jacek Rajchel
Z-ca Redaktora Naczelnego: Jerzy Vetulani
Sekretarz Redakcji: Andrzej Krawczyk
Członkowie: Witold Paweł Alexandrowicz, Tomasz Bartuś

Adres Redakcji: Redakcja Czasopisma Wszechświat
31-118 Kraków, ul. Podwale 1, tel. (0-12) 422-29-24
e-mail: wszechswiat@agh.edu.pl;

Strona internetowa <http://www.wszechswiat.agh.edu.pl>

Wydawca: Polskie Towarzystwo Przyrodników im. Kopernika, Kraków, ul. Podwale 1
Skład: PP Rekart Krzysztof Magda
Druk: Drukarnia PW Stabil sc, Kraków, ul. Nabelaka 16, tel. (012) 410 28 20
Nakład: 800 egz.

WSZECHŚWIAT

PISMO POLSKIEGO TOWARZYSTWA PRZYRODNIKÓW IM. KOPERNIKA
WYDAWANE PRZY WSPÓLUDZIALE: AKADEMII GÓRNICZO-HUTNICZEJ,
MINISTERSTWA NAUKI I SZKOLNICTWA WYŻSZEGO, POLSKIEJ AKADEMII UMIEJĘTNOŚCI
SIECI BIOLOGII KOMÓRKOWEJ I MOLEKULARNEJ, UNIWERSYTETU JAGIELLOŃSKIEGO

TOM 108
ROK 125



KWIECIEŃ-MAJ-CZERWIEC 2007

ZESZYT 4-6
2520-2522

Festiwal Nauki w Krakowie

i Noc Muzeów

Oddajemy do rąk Państwa kolejny numer *Wszechświata*, w którym przekazywane treści odbiegają znacznie od publikowanych w poprzednich numerach naszego pisma. Znalazły się tu między innymi: artykuły, opisy prezentacji i charakterystyki placówek naukowych specjalnie przygotowane przez pracowników i studentów wyższych uczelni i innych jednostek naukowo-badawczych na IV Festiwal Nauki w Krakowie. Mimo, że Redakcja *Wszechświata* zaprosiła do współpracy przedstawicieli wszystkich uczelni, materiały do druku otrzymaliśmy tylko z niektórych placówek i wszystkie one zostały opublikowane w tym zeszycie.

W Festiwalu biorą udział wszystkie państwowe wyższe uczelnie Krakowa przy współudziale: Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk, British Council, Instytutu Francuskiego, BEST-Kraków i konsulatów: USA, RFN, Austrii, Rosji, Słowacji, Francji. Koordynatorem Festiwalu jest w tym roku Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie.

Celem Festiwalu jest promocja działalności naukowej i edukacyjnej prowadzonej na wyższych uczelniach Krakowa, zaprezentowanie ciekawych osiągnięć badawczych zarówno przez pracowników tych jednostek, jak i przez studentów. Służyć temu będą wykłady, prezentacje, panele, pokazy, demonstracje, doświadczenia i wycieczki, a także bezpośrednie kontakty i dyskusje prezentujących i gości. Odbędzie się również szereg towarzyszących imprez kulturalnych.

Festiwal Nauki odbędzie się w dniach 13–19 maja 2007 r. w pomieszczeniach wyższych uczelni Krakowa oraz w namiotach, specjalnie ustawionych na płycie Rynku Głównego.

W ostatnim dniu trwania Festiwalu Nauki, w nocy z 18 na 19 maja odbędzie się również kolejna Noc Muzeów w Krakowie. Redakcja *Wszechświata* włączyła się również i w tą wyjątkową imprezę. Prezentujemy wszystkie nadesłane teksty dotyczące tej ciekawej i cieszącej się ogromnym powodzeniem akcji.

Na koniec mała dygresja. Niezwykle zróżnicowana treść tego numeru *Wszechświata* nawiązuje do zawartości, jaką posiadało to pismo na początku swego istnienia. Publikowało ono wówczas artykuły i inne informacje z dziedziny: fizyki i archeologii, zoologii i astronomii, antropologii i geografii, górnictwa i meteorologii, medycyny, rolnictwa i innych. Stopniowo, na przestrzeni trzech stuleci istnienia zmieniały się proporcje i rodzaj przekazywanych informacji w kierunku zakresu dzisiaj rozumianych nauk przyrodniczych. Ten zeszyt jest sentymentalną podróżą w czasie do korzeni *Wszechświata*.

Redaktor Naczelny
Pisma Przyrodniczego *Wszechświat*
Prof. dr hab. inż. Jacek Rajchel

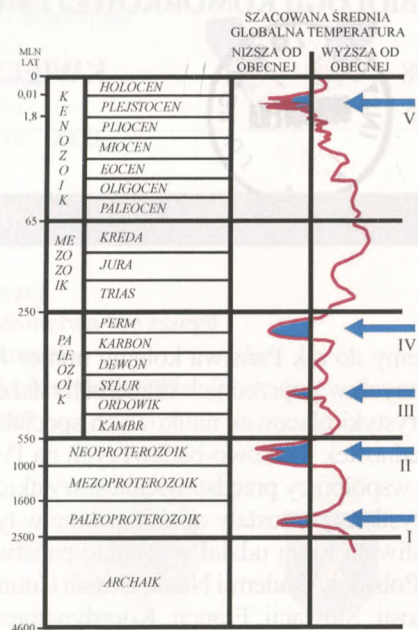
Witold Paweł ALEXANDROWICZ (Kraków)

PIERWSZA ZIMA W HISTORII ZIEMI



Zmiany klimatu są jednym z podstawowych czynników decydujących o rozwoju naszej planety. To właśnie klimat determinuje charakter i intensywność wielu procesów zachodzących na Ziemi i to właśnie on w znacznym stopniu wpływa na nasze, ludzkie życie. Badania nad klimatem, a zwłaszcza nad jego przyszłością już od pewnego czasu przestały być zagadnieniami interesującymi wyłącznie wąską grupę naukowców. Od kilku lat tematyka ta znajduje swoje miejsce w środkach masowego przekazu, a niekiedy trafia nawet na czołówki gazet. Dzieje się tak w następstwie szczególnie dramatycznych (zazwyczaj niestety niosących ze sobą ludzką tragedię) wydarzeń, takich jak gwałtowne powodzie, długotrwałe susze czy katastrofalne huragany. Co pewien czas grupy naukowców publikują raporty o stanie i przyszłości klimatu. Treść tych raportów, a zwłaszcza przewidywane kierunki zmian klimatu, zazwyczaj nie napawiają optymizmem. Pewnym pocieszeniem może być jednak fakt, iż zdaniem jednych klimat ociepla się, podczas gdy w tym samym czasie inni twierdzą, że po krótkotrwałym ociepleniu rozpocznie się nowa epoka lodowa. Tak więc prawdę przyszłości klimatu Ziemi nie da się przewidzieć ze stuprocentową pewnością. Zmiany warunków klimatycznych panujących na Ziemi nie są jednak „specjalnością” naszych czasów. Zachodziły one na przestrzeni całej, obejmującej ponad cztery i pół miliarda lat historii naszej planety. Bodaj najbardziej spektakularnymi zjawiskami klimatycznymi były zlodowacenia. Pojawienie się i rozwój kontynentalnych lądolodów był zawsze związany z globalnymi ochłodzeniami. Przyczyny takich ochłodzeń są bardzo zróżnicowane i nie do końca wyjaśnione. Wiązać je można z jednej strony z czynnikami pozaziemskimi (zmiany parametrów orbity Ziemi, zmiany aktywności Słońca), z drugiej zaś z procesami zachodzącymi na powierzchni naszej planety (wędrówki kontynentów, fazy nasilonego wulkanizmu, zmiany składu atmosfery, a zwłaszcza występowanie tzw. gazów cieplarnianych). W historii Ziemi można wyróżnić pięć faz globalnych ochłodzeń, którym odpowiada pięć epok glacialnych (ryc. 1). Trzy z nich przypadają na okres ostatnich 600 milionów lat. Najlepiej poznane jest ostatnie zlodowacenie związane z czwartorzędem, które objęło swoim zasięgiem północną półkulę. Rozpoczęło się ono około milion lat temu (pierwsze nasunięcie lądolodu) i trwa do dziś (holocen jest uważany za okres interglacialny). Starsze jest karbońsko-permskie zlodowacenie Gondwany, które trwało przynajmniej 40 milionów lat. Jego pozostałości są obecnie rozproszone na kilku kontynentach (Afryka, Ameryka Południowa, Australia, Antarktyda, Półwysep Indyjski), które w karbonie i permie tworzyły jeden „superkontynent” — Gondwanę. Najstarsze fanerozoiczne zlodowacenie (ordowik) jest jednocześnie najśląbiej rozpoznane. Nieliczne jego pozostałości występują w Afryce. Pozostałe dwa glacialy wiążą się z prekambrem (ryc. 1). Młodsza z nich to okres największego w dziejach naszej planety rozwoju lądolodów, które prawdopodobnie pokryły nie tylko ówczesne kontynenty, ale także całą powierzchnię oce-

anów. Ta szczególnie zimna faza przypada na okres 800-600 milionów lat temu i obejmuje, co najmniej, trzy zlodowacenia trwające przez kilka-kilkanaście milionów lat, przedzielone równie długimi okresami ciepłymi. Niekiedy dolna granica omawianej fazy jest przesuwana o 100 lub nawet 150 milionów lat wstecz (ryc. 1). Ostatnia, a właściwie chronologicznie pierwsza epoka lodowa wiąże się wiekowo z wczesnym proterozoikiem i przypada na okres od 2,3 miliarda do 1,9 miliarda lat temu. W niektórych opracowaniach przypisywany jest jej nieco szerszy zasięg czasowy (ryc. 1). To pierwsze zlodowacenie nosi nazwę hurońskiej epoki lodowej.

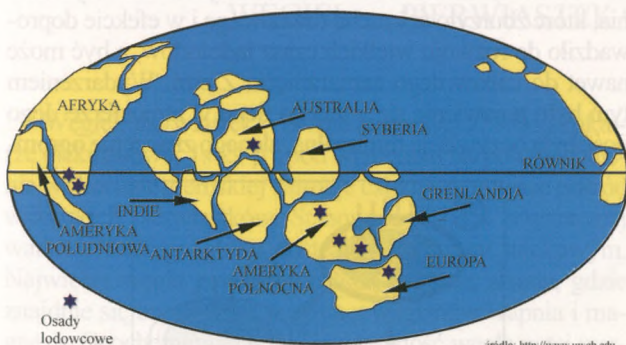


Ryc. 1. Epoki glacialne w historii Ziemi

Ślady i dowody

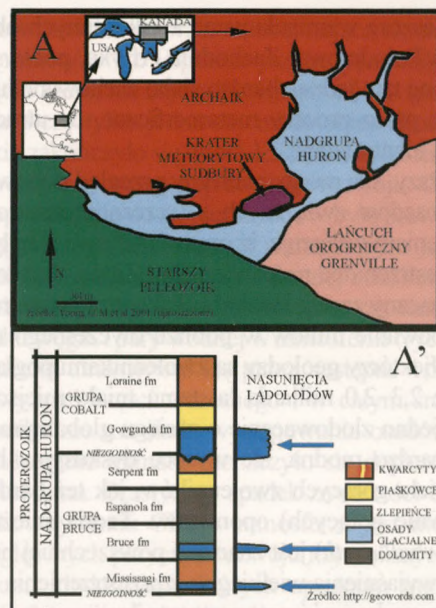
Osady związane z akumulacją glacialną są szeroko rozprzestrzenione na powierzchni Ziemi. Wieloletnie badania pozwoliły na dokładne rozpoznanie ich genezy i mechanizmów powstawania. Dotyczy to głównie utworów akumulowanych na wielkich obszarach Eurazji i Ameryki Północnej w czasie ostatniego zlodowacenia, czyli w plejstocenie. Sedymentację różnych typów osadów lodowcowych można obserwować także współcześnie, ponieważ po dziś dzień znaczne obszary ziemi są pokryte lodem. Znacznie mniej śladów zachowało się po starszych epokach lodowych. Te luźne, gromadzone w warunkach lądowych osady są łatwo niszczone i usuwane przez procesy erozji. Nie bez znaczenia jest także wpływ zjawisk związanych z diagenetą i metamorfizmem, które mogą całkowicie zatrzeć pierwotną strukturę skał, uniemożliwiając rozpoznanie jej genezy. Te zagrożenia są szczególnie wielkie w odniesieniu do skał prekambru. Na występowanie w obrębie formacji prekambru skał, interpretowanych jako osady glacialne zwracano

uwagę już od dawna. Ogromna większość z tych stanowisk odpowiada neoproterozoicznym fazom glacialnym (ryc. 1). Niektóre jednak profile są związane ze znacznie starszymi formacjami skalnymi, uformowanymi w paleoproterozoiku, a nawet być może w schyłkowej części archaiku. Na Ziemi rozpoznano dotychczas zaledwie kilka takich stanowisk. Znajdują się one na terenie współczesnej Ameryki Północnej, Europy, Australii i Afryki. W starszym proterozoiku zarówno położenie jak i zarysy tych kontynentów były zupełnie inne (ryc. 2). Osady glacialne, rozwinięte jako tillity oraz warstwowane mułowce, występują w obrębie niezmetamorfizowanych lub co najwyżej słabo zmetamorfizowanych sekwencji skalnych. Tillity to nic innego jak moreny, które uległy diagenecie i przekształciły się w twarde skały o typie zlepieńców. Charakteryzują się one bardzo słabym stopniem wysortowania materiału. Masę wypełniającą stanowią ziarna frakcji pylastej i piaszczystej. Wśród nich tkwią większe, zwykle obtoczone okruchy skalne o rozmiarach dochodzących nawet do kilkudziesięciu centymetrów. Na ich powierzchniach niekiedy obserwować można równoległe ułożone rysy glacialne. Drugim obok tillitów osadem glacialnym są laminowane mułowce. Skały te składają się z naprzemianległych jaśniejszych i ciemniejszych lamin. Ze względu na podobieństwo wykształcenia są one interpretowane jako ily warwowe tworzące się w zastoiściach przed czołem lądolodu. Są to więc osady limnoglacialne. W tych utworach można znaleźć większe, kilkucentymetrowe okruchy skalne określane mianem zrzutków lub dropstonów (ang. *dropstone*). Błoczki te dostały się do drobnoziarnistych osadów w efekcie topienia gór i kier lodowych dryfujących po powierzchni zastoiska bezpośrednio przed czołem lądolodu. Obecność dropstonów do pewnego stopnia zaburza regularną laminację, powodując ugięcie lamin.



Ryc. 2. Rekonstrukcja rozmieszczenia kontynentów we wczesnym proterozoiku

Klasycznie rozwinięte profile glacialnych osadów wczesnego proterozoiku występują w czterech obszarach (ryc. 2). Pierwszym z nich jest Ameryka Północna. Serie glacialne zostały tu rozpoznane w obrębie nadgrupy Huron, której odsłonięcia zajmują wielki obszar południowej Kanady, w rejonie jeziora Huron (ryc. 3). Seria ta ma miąższość nawet do kilku kilometrów i jest utworzona głównie ze skał osadowych. Dominującą rolę odgrywają tu piaskowce i kwarcyty, którym towarzyszą dolomity, arkozy i mułowce. W wyższej części profilu pojawiają się klasycznie rozwinięte osady glacialne reprezentowane przez tillity oraz poziomo laminowane mułowce z dropstonami



Ryc. 3. Osady glacialne w obrębie nadgrupy Huron w Kanadzie

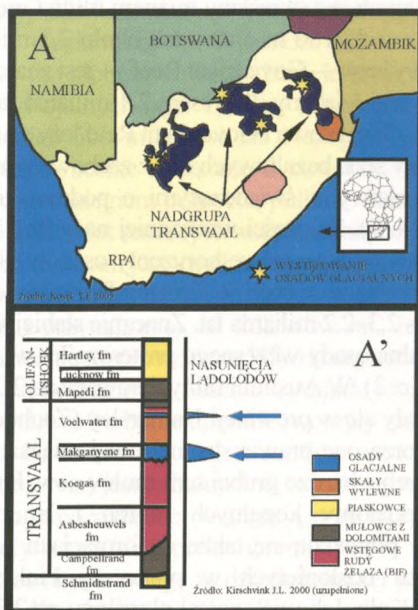
zaliczane do formacji Gowganda (ryc. 3A). Formacja ta odłania się na obszarze około 1500 km² i osiąga miąższość około 750 m (z czego na osady lodowcowe przypada 150–200 m). Kilkunastometrowe poziomy skał przypominających kopalne moreny zostały także opisane z formacji Bruce i Mississagi reprezentujących początek proterozoiku (ryc. 3A'). Dzięki temu w obrębie nadgrupy Huron możliwe jest wydzielenie trzech faz glacialnych datowanych na 2,5 miliarda lat (formacja Mississagi), 2,3 miliarda lat (formacja Bruce) i 2,2 miliarda (formacja Gowganda) (ryc. 3A'). Drugim, klasycznym obszarem występowania jest Republika Południowej Afryki (ryc. 2). Osady glacialne wczesnego proterozoiku pojawiają się w obrębie nadgrupy Transvaal. Nadgrupa ta występuje w dwóch obszarach. W części zachodniej osady glacialne pojawiają się w obrębie dwóch formacji: Makganyene oraz Voelwater. Towarzyszą im wstępowe rudy żelaza (BIF-y) oraz mułowce z wkładkami zlepieńców (ryc. 4A). Niższy z dwóch poziomów osadów glacialnych jest określany mianem tillitu Griquatown i ma miąższość do 180 m oraz wiek około 2,3 miliarda lat. Horyzont wyższy — Government Reef — jest znacznie cieńszy (do 30 m) i wiązany z okresem 2,1 miliarda lat. Pomiędzy tillitami Griquatown i Government Reef leży gruba na kilkaset metrów seria bazaltowych law z zachowanymi strukturami poduszgowymi świadczącymi o podmorskich wylawach (ryc. 4A'). W części wschodniej nadgrupy Transvaal dwa kilkudziesięciometrowe horyzonty osadów glacialnych zostały rozpoznane w obrębie formacji Duitschland datowanej na okres 2,3–2,2 miliarda lat. Znacznie słabiej są rozpoznane glacialne osady wczesnego proterozoiku w Australii i Europie (ryc. 2). W Australii tillity datowane na 2,3 miliarda lat zachowały się w prowincji Hamersley (Zachodnia Australia). Tworzą one prawie stu metrowej miąższości kompleks w obrębie bardzo grubej serii mułowców. Kilkunastometrowe poziomy kopalnych moren i laminowanych mułowców pojawiają się także w formacjach wczesnego proterozoiku odsłoniętych w północnej Finlandii i na Półwyspie Kola. Ich wiek został określony na 2,3 miliarda lat. Podobne osady leżące w zbliżonej pozycji stratygraficz-

nej były jeszcze wzmiankowane z kilku innych obszarów (Ameryka Południowa, Zachodnia Afryka, półwysp Dekan). Są one tam jednak bardzo słabo zachowane lub silnie zmienione przez procesy metamorficzne, co utrudnia ich bezsporną identyfikację.

Powyższy, siłą rzeczy pobieżny przegląd stanowisk glacialnych osadów związanych z wczesnoproterozoicznym zlodowaceniem wskazuje, iż omawiane utwory były szeroko rozprzestrzenione na powierzchni Ziemi. Jest to dowodem na znaczny zasięg lądolodu. Taką tezę potwierdza także występowanie tillitów w pobliżu ówczesnego równika (ryc. 2). Niektórzy geolodzy są zwolennikami poglądów, iż w okresie 2,3–2,0 miliarda lat temu miało miejsce przynajmniej jedno zlodowacenie o zasięgu globalnym. Jest to obecnie bardzo modna, ale wysoce dyskusyjna hipoteza mająca wielu gorących zwolenników, jak też bardzo licznych (równie gorących) oponentów. Teoria śnieżnej kuli (ang. *snowball earth*) jest znacznie powszechniej przyjmowana dla wyjaśnienia wielkiego rozprzestrzenienia osadów glacialnych w późnym proterozoiku.

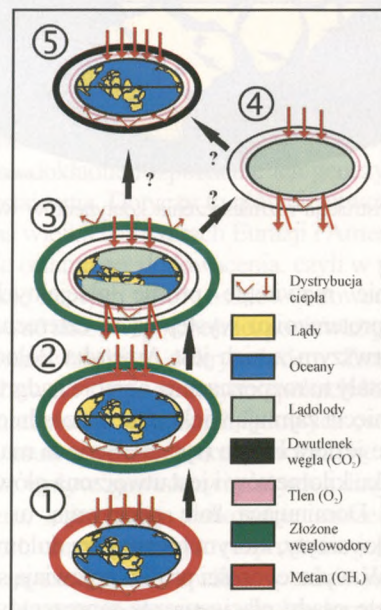
Przebieg zlodowaceń

Przyczyny rozwoju rozległych lądolodów we wczesnym proterozoiku są zagadkowe. W ostatnich latach pojawiła się teoria „metanowa”, która pozwala na wyjaśnienie mechanizmu ochładzania klimatu i powiązania tego procesu z ewolucją atmosfery oraz z „rewolucyjnymi” zmianami w świecie organicznym. Jednym z podstawowych czynników determinujących warunki termiczne panujące na powierzchni Ziemi jest natężenie promieniowania słonecznego. We wczesnej fazie ewolucji natężenie to wynosiło zaledwie 70–80% obecnej wartości. Najstarsze ślady wielkich zlodowaceń są znane dopiero z okresu 2,3 miliarda lat. Tak więc przez pierwsze 2,3 miliarda lat (wiek Ziemi jest przyjmowany na 4,6 miliarda lat) musiały istnieć mechanizmy przeciwdziałające nadmiernemu obniżaniu temperatury. Początkowo przeszkodą dla rozwoju lodowców była gorąca powierzchnia. Później jednak, po zastygnięciu skorupy, „ciężar podgrzewania planety” spadł na atmosferę. Skład



Ryc. 4. Osady glacialne w obrębie nadgrupy Transvaal w RPA

pierwotnej atmosfery był całkowicie odmienny od współczesnego. Charakterystyczna było duże stężenie dwutlenku węgla (CO_2), a przede wszystkim metanu (CH_4). Są to tzw. gazy cieplarniane przepuszczające ciepło słoneczne do powierzchni Ziemi, ale zatrzymujące odbite od niej promieniowanie. Dzięki dużemu stężeniu tych gazów na Ziemi istniał „efekt cieplarniany” działający o wiele skuteczniej niż obecnie. Źródła tych dwóch gazów cieplarnianych były różne. Dwutlenek węgla dostawał się do atmosfery głównie dzięki działalności wulkanicznej. Pochodzenie metanu jest znacznie bardziej złożone. Niewątpliwie w pewnym stopniu jest on związany z działalnością wulkaniczną, ale przeważająca jego część była wytwarzana dzięki działalności organizmów żywych — metanogenów. Były to pierwotne formy rozwijające się w atmosferze beztlenowej (ryc. 5₁). Wzrost stężenia metanu w atmosferze wzmacniał efekt cieplarniany i jednocześnie był korzystny dla rozwoju metanogenów. Wytworzyło się w ten sposób dodatnie sprzężenie zwrotne — czym silniejszy efekt cieplarniany (czym wyższa temperatura) tym większy rozwój metanogenów i większa „produkcja” metanu, a więc w efekcie silniejszy efekt cieplarniany. Wzrost stężenia metanu nie trwał jednak wiecznie. Po osiągnięciu pewnej wartości cząsteczki CH_4 zaczęły się łączyć w dłuższe łańcuchy węglowodorów i wytworzyły w wyższych partiach atmosfery „organiczną mgłę”, podobną do obserwowanej współcześnie na największym satelicie Saturna — Tytanie. Ta organiczna zawiesina absorbowała lub odbijała w przestrzeń znaczną część promieniowania słonecznego ochładzając powierzchnię Ziemi i tym samym ograniczała działalność metanogenów (ryc. 5₂). Gazy cieplarniane obecne w atmosferze i organiczna mgła występujące w jej górnej części utrzymywały równowagę termiczną planety nie dopuszczając z jednej strony do jej przegrzania, a z drugiej do nadmiernego wychłodzenia. Około 2,3 miliarda lat temu doszło jednak do wydarzenia, które zburzyło tę kruchą równowagę i w efekcie doprowadziło do rozwoju wielkich czasz lądolodów, a być może nawet do całkowitego zamrożenia Ziemi. Wydarzeniem tym było pojawienie się wolnego tlenu w atmosferze. Jego ilość była oczywiście minimalna, ale jego znaczenie ogrom-



Ryc. 5. Model przebiegu zlodowacenia Huron

ne. Z jednej strony obecność O_2 znacznie ograniczała czas utrzymywania się metanu w atmosferze, z drugiej zaś miała istotny wpływ na świat organiczny. Odpowiedzialne za „masową produkcję” metanu drobnoustroje mogły rozwijać się tylko w środowisku beztlenowym. Obecność nawet bardzo małej ilości O_2 była dla metanogenów po prostu zabójcza. Gwałtowny spadek produkcji metanu i szybkie ograniczanie jego ilości w atmosferze zlikwidowało efekt cieplarniany i w efekcie doprowadziło do globalnego oziębienia klimatu. Jego prostą konsekwencją był rozwój czasz lodolodów na kontynentach (ryc. 5₃). Czynnikiem dodatkowo sprzyjającym ekspansji lodowców było skupienie wszystkich większych mas kontynentalnych w jeden superkontynent (ryc. 2). Zasięg najstarszego zlodowacenia jest trudny do zrekonstruowania. Istnieją poglądy, że cała Ziemia (zarówno kontynenty jak i oceany) zostały przykryte lodem (ryc. 5₄). Hipoteza ta opiera się między innymi na obserwacjach występowania osadów glacialnych uważanych za jednowiekowe w ówczesnej strefie równikowej. Należy jednak podkreślić, że profile glacialnych osadów wczesnego proterozoiku znane są z zaledwie kilku obszarów. Dodatkowo dostępne współcześnie metody określania wieku skał dają wyniki obciążone błędem, który dla tak starych formacji może dochodzić nawet do $\pm 100\,000\,000$ lat. Trudno jest więc z całą pewnością stwierdzić, że w istocie mamy do czynienia z jednowiekowymi osadami. Wiele danych wskazuje, że w początku proterozoiku były dwie fazy nasuwania

ładolodów rozdzielone przerwą obejmującą okres od stu do dwustu milionów lat. Hipoteza przyjmująca całkowite zamrażanie Ziemi nie daje odpowiedzi, która z tych faz była globalna (i czy tylko jedna czy może obie). Zlodowacenie hurońskie zakończyło się około 1,9 miliarda lat temu, a Ziemia wkroczyła w nowy etap swojego rozwoju. Ocieplenie, które doprowadziło do stopienia lodów było prawdopodobnie związane z jednej strony z wzrastającym natężeniem promieniowania słonecznego, a z drugiej z nasileniem efektu cieplarnianego wywołanego głównie wzrostem stężenia dwutlenku węgla i pary wodnej w atmosferze (ryc. 5₅). Taki ciepły klimat utrzymywał się przez następne 1,5 miliarda lat. W wyższej części wczesnego i w całym środkowym proterozoiku nie ma śladu występowania osadów glacialnych. Załamanie klimatu zaznaczyło się dopiero około 1 miliard lat temu. Drastyczny spadek zawartości CO_2 i niemal całkowity zanik CH_4 w atmosferze jest uważany za jedną z głównych przyczyn rozwoju największych w dziejach Ziemi zlodowaceń, których apogeum przypada na okres 0,8–0,6 miliarda lat (ryc. 1).

Wpłynęło 28.03.2007

Dr hab. Witold Paweł Alexandrowicz pracuje w Zakładzie Analiz Środowiskowych i Kartografii na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

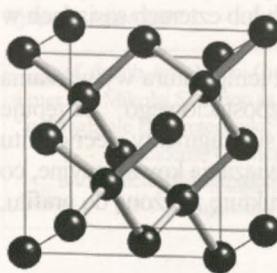
Adam BIELAŃSKI (Kraków)

WĘGIEL — PIERWIĄSTEK O STU OBLCZACH

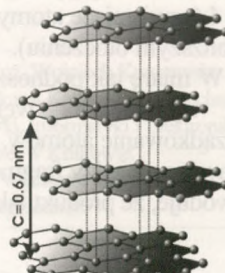
Węgiel, pierwiastek o liczbie atomowej $Z = 6$ i strukturze elektronowej $1s^2 2s^2 2p^2$, pod względem rozpowszechnienia w skorupie ziemskiej zajmuje czternaste miejsce spośród wszystkich pierwiastków. Stanowi on 0,02% zewnętrznej warstwy naszego globu dostępnej badaniom naukowym. Najwięcej węgla zawiera litosfera, warstwa skalna, gdzie znajduje się on głównie w postaci węglanów wapnia i magnezu. Geochemicy szacują, że zawartość węgla w tej warstwie jest rzędu $2,9 \cdot 10^{16}$ ton. W postaci ditlenku występuje on w hydrosferze ($2,7 \cdot 10^{13}$ ton) i atmosferze ($6,7 \cdot 10^{11}$ ton). Podobnego rzędu ilość węgla związanego w formie najróżnorodniejszych związków organicznych występuje według tego oszacowania w biosferze ($3 \cdot 10^{11}$ ton). Tylko wyjątkowo spotyka się w przyrodzie węgiel w postaci wolnego pierwiastka a mianowicie jako diament i grafit. W ostatnich latach otrzymano i poznano jednak cały szereg nowych odmian węgla elementarnego (pierwiastkowego) ciekawych nie tylko ze względów naukowych, ale również znajdujących zastosowania w najnowszej technice.

Diament i grafit różnią się diametralnie swoimi właściwościami. Diament jest przezroczysty, należy do najbardziej twardych substancji dotąd poznanych, nie przewodzi prądu elektrycznego. Grafit jest czarny (pochlania

światło widzialne o wszystkich długościach fali), jest bardzo miękki, dobrze przewodzi prąd elektryczny. Te różnice właściwości fizycznych są wynikiem różnic w strukturze atomowej obydwu odmian alotropowych. W diamencie każdy atom węgla sąsiaduje bezpośrednio z czterema innymi atomami, z którymi jest połączony czterema silnymi kowalencyjnymi wiązaniami chemicznymi (ryc. 1) utworzonymi z wykorzystaniem wszystkich jego czterech elektronów walencyjnych. Powstaje w ten sposób ciągła struktura (sieć przestrzenna), w której nie można wyróżnić pojedynczych cząsteczek lub ich ugrupowań. W odróżnieniu od

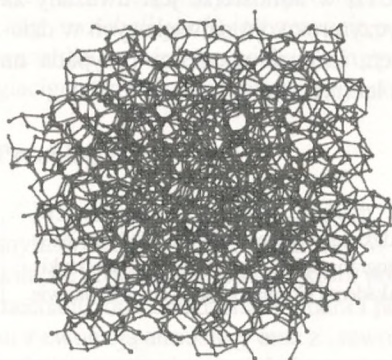


Ryc. 1. Struktura diamentu.
źródło: www.wikipedia.pl



Ryc. 2. Struktura grafitu.
źródło: www.wikipedia

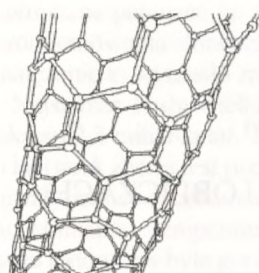
ciągłej, nieprzerwanej struktury diamentu, struktura grafitu jest warstwowa (ryc. 2). W obrębie danej warstwy każdy atom węgla sąsiaduje tylko z trzema innymi atomami połączonymi z nim trzema wiązaniami kowalencyjnymi. Te ostatnie powstają przy udziale tylko trzech elektronów walencyjnych. Czwarty elektron walencyjny jest słabo związany i może być łatwo przesuwany pod wpływem przyłożonego z zewnątrz napięcia elektrycznego; jest więc nośnikiem prądu elektrycznego. Z obecnością łatwo związanych elektronów wiąże się także zdolność grafitu do pochłaniania światła widzialnego o różnych długościach fali. Pomiedzy poszczególnymi warstwami nie wytwarzają się żadne wiązania chemiczne; działają tylko słabe siły zwane siłami międzycząsteczkowymi. Dzięki temu warstwy te można pod naciskiem mechanicznym stosunkowo łatwo od siebie oderwać i w tym kryje się tajemnica miękkości grafitu.



Ryc. 3. Węgiel bezpostaciowy — schemat struktury. źródło: www.wikipedia.pl



Ryc. 4. Struktura C_{60} . źródło: www.wikipedia.pl



Ryc. 5. Nanorurka węglowa — schemat. źródło: www.wikipedia.pl

Od dawna znany był rodzaj węgla określany jako węgiel bezpostaciowy. Powstaje on w czasie termicznego rozkładu materiałów organicznych np. drewna lub kości (węgiel drzewny, węgiel kostny) a także w toku niepełnego spalania węglowodorów. W tym ostatnim przypadku mówimy o sadzy. Właściwości węgla bezpostaciowego zależą od materiału wyjściowego oraz temperatury, w której został otrzymany. Ogólnie biorąc są to materiały o strukturze nieuporządkowanej (ryc. 3), zawierają atomy o koordynacji 3 lub 4 (zawierające atomy o trzech lub czterech sąsiadach w najbliższym otoczeniu).

W miarę jak podnoszona jest temperatura wytwarzania lub wygrzewania węgla bezpostaciowego następuje porządkowanie atomów, tworzą się fragmenty sieci grafitu a nawet pomiędzy fragmentami wiązania kowalencyjne, co powoduje, że produkt taki ma strukturę zbliżoną do grafitu,

lecz wykazuje znacznie większą twardość. Węgłe bezpostaciowe wytworzone w niskich temperaturach np. rzędu 300°C są bardzo silnie rozdrobnione a łączna powierzchnia mikro- lub nanometrycznych cząstek osiąga wartości kilkuset m^2 na 1 gram. Te ostatnie znajdują zastosowanie jako adsorbenty w maskach gazowych, preparatyce katalizatorów jako nośniki a nawet w medycynie jako lek na biegunki. Z drugiej strony węgle spiekane z odpowiednimi dodatkami w wysokich temperaturach są używane do wyrobu tygli do topienia metali, a także niektórych elementów wszczepianych przez chirurga pacjentom np. sztucznych stawów. Ważnym materiałem okazały się włókna węglowe otrzymywane przez kolejne procesy utleniania i pirolizy (rozkład w wysokiej temperaturze) włókien poliakrylonitrylowych. Wykazują one bardzo dużą wytrzymałość a równocześnie odporność chemiczną. Używa się ich jako nici chirurgicznych, do wyrobu tkanin do filtracji w wysokich temperaturach a także, w połączeniu z materiałami polimerowymi, jako kompozytów o ogromnej gamie zastosowań np. do wyrobu części rowerów, samochodów a nawet instrumentów muzycznych.

Nowy rozdział w chemii węgla elementarnego otworzył odkrycie w 1985 r. nowej postaci tego pierwiastka w formie cząsteczek o kształcie zbliżonym do kuli, oraz w 1990 r. opracowanie metody ich otrzymywania w skali gramowej. Występują one w sadzy węglowej tworzącej się w łuku elektrycznym wytworzonym w obojętnej atmosferze pomiędzy elektrodami węglowymi. Najbardziej znana cząsteczka tego rodzaju zawiera 60 atomów węgla (ryc. 4); niektóre z nich dochodzą nawet do 560 atomów. Wszystkie określamy nazwą fullereny. Fulleren C_{60} reaguje łatwo z fluorowcami, z jonami metali przejściowych tworzy związki kompleksowe, bogatą okazała się chemia jego połączeń organicznych. Przez ogrzewania tego fullereny z litowcami w fazie gazowej powstają związki jonowe takie jak $C_{60}K_3$, w których fulleren jest anionem. Wykazują one ciekawe właściwości nadprzewodnikowe (tracą swój opór elektryczny w najniższych temperaturach).

W latach 1990. okazało się, że w łuku elektrycznym wytworzonym pomiędzy elektrodami węglowymi powstają w odpowiednich warunkach także iglaste kryształki składające się z cząsteczek węgla w kształcie rurek o średnicy kilku nanometrów i osiągających długości do kilku milimetrów. Strukturę takiej nanorurki przedstawia Ryc. 5. Nanorurki około 50 000 razy cieńsze niż włos ludzki odznaczają się bardzo dużą wytrzymałością mechaniczną i można się spodziewać, że znajdą one wiele zastosowań, np. do wyrabiania kompozytów o wysokiej wytrzymałości lub jako adsorbent do magazynowania wodoru.

Wpłynęło 13.04.2007

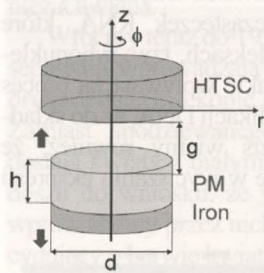
Prof. dr Adam Bielański, czł. rzeczn. PAN, czł. cz. PAU, emerytowany prof. UJ na Wydziale Chemii Uniwersytetu Jagiellońskiego jest profesorem w Instytucie Katalizy i Fizykochemii Powierzchni PAN w Krakowie. Jego podstawowa działalność badawcza dotyczy chemii fizycznej i nieorganicznej, fizykochemii ciała stałego i katalizy heterogenicznej

Antoni CIEŚLA, Wojciech KRASZEWSKI, Mikołaj SKOWRON (Kraków)

LEWITACJA MAGNETYCZNA Z WYKORZYSTANIEM ZJAWISKA NADPRZEWODNICTWA

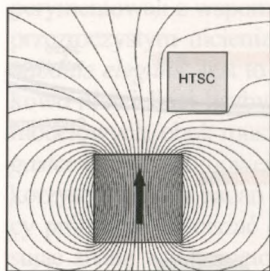


Lewitacja (łac. *levitas* = lekkość), to unoszenie lub podwieszenie ciał ferromagnetycznych pod wpływem pola magnetycznego magnesów trwałych lub elektromagnesów bądź pola od prądów indukowanych w litych ciałach przewodzących szybko poruszających się względem pola wzbudzonego.



Ryc. 1. Podstawowa konfiguracja do badania zjawiska lewitacji z wykorzystaniem nadprzewodnika wysokotemperaturowego (HTS) i magnesu trwałego (PM)

Z chwilą pojawienia się nadprzewodników, zwłaszcza nadprzewodników wysokotemperaturowych, w wielu krajach prace nad wykorzystaniem zjawiska lewitacji do celów praktycznych zostały zintensyfikowane.



Ryc. 2. Nadprzewodnik wysokotemperaturowy (HTS) jako doskonały diamagnetyk ($\mu_r = 0$) lewitujący w polu magnesu trwałego (magnes trwały namagnesowany osiowo)

Materiały nadprzewodnikowe ogólnie dzielą się na dwie grupy: wysoko- i niskotemperaturowe. Fakt przynależności do którejś z tych grup uwarunkowany jest temperaturą krytyczną, wszystkie natomiast podlegają tym samym prawom. Jednym z nich — wykorzystywanym w lewitacji — jest efekt Meissnera. Cechą charakterystyczną tego efektu jest wypychanie pola magnetycznego na zewnątrz nadprzewodnika. Rysunki przedstawiają schematycznie zarówno podstawową konfigurację układu do demonstracji lewitacji z wykorzystaniem nadprzewodnika wysokotemperaturowe-

go jak i rozkład linii sił pola magnetycznego wokół nadprzewodnika (traktowany jest on jako doskonały diamagnetyk).

Do demonstracji użyto magnesów neodymowych (Nd-FeB), z których — na podłożu stalowym — ułożono tor wzbudzający pole magnetyczne. Nadprzewodnik typu YBaCuO — schłodzony w ciekłym azocie (temperatura wrzenia 77K), przechodzi w stan nadprzewodnictwa, a umieszczony nad torem magnetycznym, unosi się (lewituje) nad nim.



Ryc. 4. Tor magnetyczny do demonstracji zjawiska lewitacji magnetycznej

Najbardziej spektakularnym przykładem wykorzystania zjawiska lewitacji jest budowa pociągu na poduszce magnetycznej osiągającego najwyższe prędkości. W Japonii tradycje szybkich kolei związane są ze słynnym pociągiem Shinkansen kursującym między poszczególnymi miastami od Kyushu po Hokkaido z olbrzymią prędkością ponad 250 km/h. Sprawna komunikacja ma olbrzymie znaczenie dla Japonii, państwa rozciągniętego na odległości rzędu 3 000 km. Program Shinkansen funkcjonuje od 40 lat i rozpatruje się obecnie następny etap — pociąg lewitujący na poduszce magnetycznej wytworzonej przez elektromagnesy nadprzewodnikowe Yamanashi Line. Pierwszy krok w tym zagadnieniu został już wykonany. W Tokio funkcjonuje połączenie centrum miasta z lotniskiem krajowym Haneda poprzez pociąg na jednej szynie — skonstruowany właśnie w oparciu o silnik liniowy. Został również zbudowany tor eksperymentalny, na którym kolejne rekordy prędkości pokonuje pociąg na poduszce magnetycznej. W Ameryce z kolei oczekuje się budowy pociągu lewitującego z wykorzystaniem elektromagnesów nadprzewodnikowych w warunkach miejskich i utworzono w tym celu projekt TEA-21 o budżecie 55 mln USD. W Niemczech istnieje projekt budowy szybkiego, lewitującego pociągu Transrapid na trasie Berlin-Hamburg.

Wpłynęło 14.04.2007

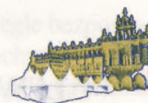


Ryc. 3. Przykład zastosowania nadprzewodników wysokotemperaturowych do demonstracji zjawiska lewitacji magnetycznej pokazywany w laboratorium Katedry Elektrotechniki

Prof. dr hab. inż. Antoni Cieśla, mgr inż. Wojciech Kraszewski i mgr inż. Mikołaj Skowron są pracownikami Katedry Elektrotechniki na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.
e-mail: aciesla@agh.edu.pl; e-mail: wkraszew@agh.edu.pl;
e-mail: mskowron@agh.edu.pl

Katarzyna CIURA (Kraków)

WYCISZANIE GENÓW — INTERFERENCJA RNA

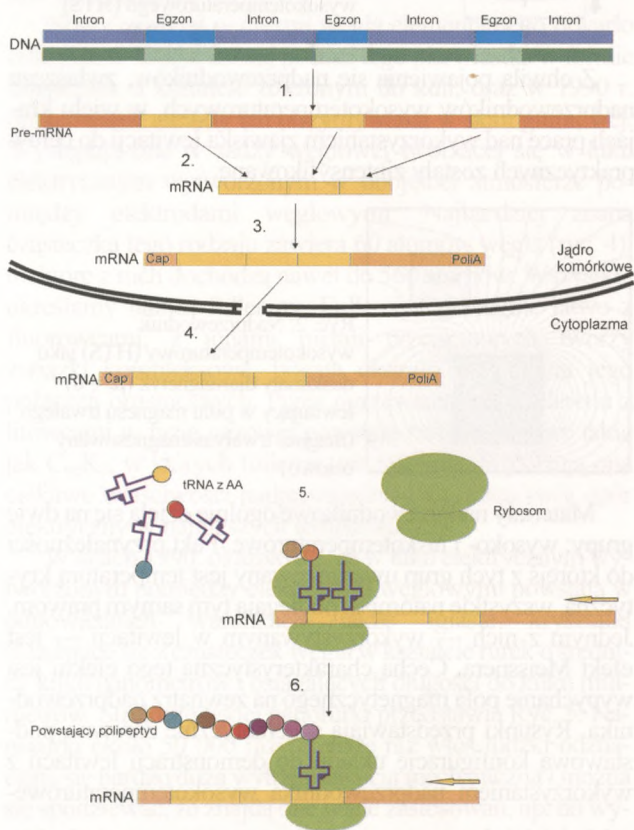


W 1990 roku zespół naukowców — botaników z Uniwersytetu Arizona postanowił wyhodować petunie o bardziej intensywnym kolorze płatków niż naturalny przez wprowadzenie do komórek tych roślin dodatkowej kopii genu kodującego pigment. Jednak w efekcie badacze otrzymali rośliny o płatkach częściowo białych, a nawet zupełnie albinotycznych. Wynik ten był niespodziewany i pozostał bez wyjaśnienia aż do 1998 roku, kiedy amerykańscy naukowcy Andrew Z. Fire z Carnegie Institution of Washington i Craig C. Mello z University of Massachusetts Medical School opublikowali swoje badania przeprowadzone na nicieniu *Caenorhabditis elegans*, w których wykryli zjawisko interferencji RNA. Poczytny magazyn Science okrzyknął ich doniesienie przełomowym odkryciem roku 2002. Na najważniejsze wyróżnienie czekali do 2006 roku, kiedy to Szwedzka Akademia Nauk uhonorowała ich Nagrodą Nobla z dziedziny fizjologii lub medycyny. W niniejszym artykule postaram się przedstawić krótką historię tego najważniejszego odkrycia ostatnich lat.

Aby zrozumieć działanie interferencji RNA należy zacząć od poznania mechanizmu ekspresji genów (ryc. 1). W jądrze komórkowym znajduje się materiał genetyczny w postaci dwuniciowego kwasu deoksyrybonukleinowego (DNA) splecionego we włókna chromatynowe. To właśnie on zawiera sekwencje zasad azotowych: purynowych (adenina i guanina) i pirymidynowych (cytozyna i tymina), których kolejność odpowiada kolejności aminokwasów w białkach. W skład genomu jądrowego wchodzi sekwencje kodujące — egzony, niekodujące — introny i sekwencje regulatorowe. W jądrze komórkowym zachodzi transkrypcja (przepisanie) informacji zawartej w DNA na jednoniciowy kwas rybonukleinowy — mRNA. Powstaje tzw. transkrypt pierwotny (pre-mRNA) będący wierną kopią jednej z nici DNA, z tą różnicą, że zamiast tyminy zawiera uracyl. Taka cząsteczka jest następnie składana (ang. *splicing*), poprzez wycięcie sekwencji niekodujących i połączenie sekwencji kodujących i dojrzewa (ang. *maturing*), czyli „dostaje” czapkę Cap na końcu 5' i ogonek poliA — zbudowany z wielu adenin na końcu 3'. Dojrzały transkrypt opuszcza jądro komórkowe przez pory jądrowe i przechodzi do cytoplazmy. Tam dochodzi do translacji — powstania białek na matrycy mRNA, czyli przetłumaczenia czteroliterowego języka nukleotydów na dwudziestoliterowy język aminokwasów, zgodnie z zasadą, że trzy nukleotydy kodują jeden aminokwas. Biorą w tym udział rybosomy złożone z białek i rybosomalnego RNA (rRNA) oraz trzeci rodzaj kwasu rybonukleinowego: tRNA, który transportuje wolne aminokwasy do rybosomów.

W procesie transkrypcji i translacji biorą udział trzy rodzaje RNA, ale w życiu komórki odgrywa on znacznie więcej ról niż do niedawna sądzono. W latach 80. ubiegłego wieku Thomas Cech i Sidney Altman odkryli istnienie rybozymów — fragmentów RNA o zdolnościach katalitycznych, w tym także zdolnych do autokatalizy. Odkrycie to rozbudziło ciekawość wielu naukowców, gdyż do tej pory

panowało powszechne przekonanie, że tylko białka mogą katalizować reakcje chemiczne w komórce. W niedługim czasie powstał pogląd, że to nie DNA, lecz jednoniciowy kwas rybonukleinowy był pierwszym materiałem genetycznym na Ziemi! Dopiero potem w trakcie ewolucji jego miejsce zajął bardziej stabilny i łatwiejszy do naprawy kwas dwuniciowy. Co nie oznacza, że biosynteza białek mogłaby istnieć bez RNA. Ponadto w komórkach znajdują się duże ilości małych nie kodujących cząsteczek RNA, które współpracują z białkami w kompleksach, tzw. rybonukleoproteinach (RNP). Kompleksy takie wpływają na proces ekspresji genów począwszy od replikacji DNA, aż do składania dojrzałego transkryptu. Dziś wiemy również, że cząsteczki RNA biorą udział także w wyciszaniu ekspresji genów.



Ryc. 1. Ekspresja genu.

1. Transkrypcja z DNA na pre-mRNA; 2. Składanie RNA: wycinanie intronów i łączenie egzonów; 3. Dojrzewanie RNA: dodanie Cap na końcu 5' i PoliA na końcu 3'; 4. Przechodzenie dojrzałego mRNA z jądra do cytoplazmy; 5. Składniki niezbędne do biosyntezy białka: mRNA, rybosomy, tRNA transportujące aminokwasy; 6. Biosynteza białka na matrycy mRNA.

W każdej komórce danego organizmu (za wyjątkiem komórek rozrodczych) znajduje się taki sam materiał genetyczny jednak poszczególne rodzaje komórek różnią się między sobą — np. komórka mięśniowa i komórka nerwowa. Funkcjonowanie narządów, np. wątroby i serca polega na skoordynowanej czynności wielu typów komórek, wśród

których jeden lub kilka typów pełni dominującą rolę. Takie zróżnicowanie w obrębie jednego organizmu możliwe jest dzięki temu, że w każdym typie komórek działa, (czyli ulega ekspresji) inny zestaw genów. Zbędne geny są wyciszane, aby nie marnować energii i składników budulcowych na nieistotne dla danej komórki białka. Jednym z mechanizmów wyciszania ich ekspresji jest właśnie interferencja RNA (RNAi). Bierze w niej udział cząsteczka długiego, dwuniciowego RNA (ang. *double-stranded*, dsRNA) o sekwencji komplementarnej do mRNA genu, który ma zostać wyciszony. Mechanizm ten jest niezwykle specyficzny i wycisza tylko geny o sekwencji mRNA w pełni komplementarnej do dsRNA, aktywność innych genów pozostaje niezachwiana.

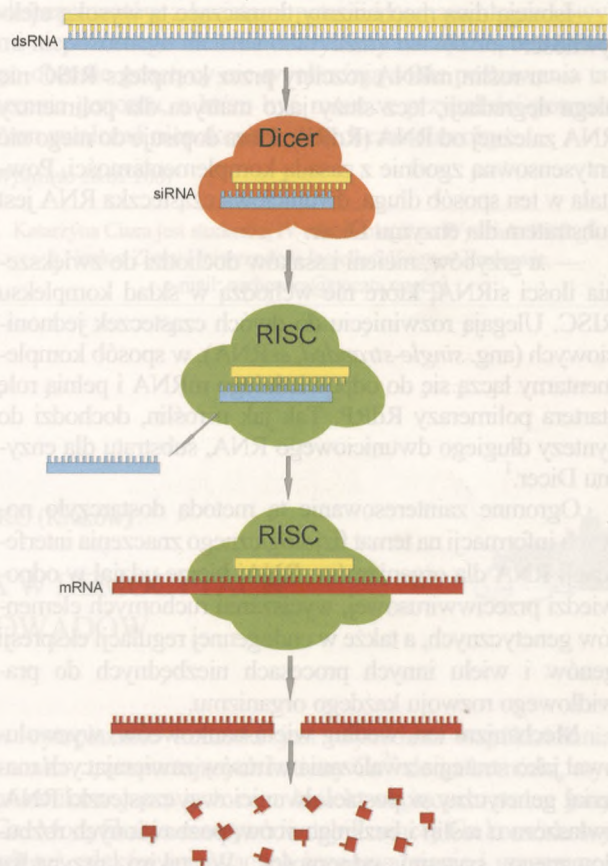
Wróćmy teraz do 1990 roku. Richard A. Jorgensen i Joseph Mol wprowadzają do petunii ogrodowej *Petunia hybrida* dodatkową kopię genu warunkującą barwę kwiatów. Zamiast spodziewanego intensywniejszego zabarwienia dostają kwiaty z białymi plamami na płatkach. Naukowcy doszli do wniosku, że w jakiś nieznaną sposobem zarówno wprowadzony przez nich gen, jak i własny gen rośliny, decydujący o barwie kwiatów, zostały wyciszone. Poszukując odpowiedzi na pytanie, jak do tego doszło, zmierzili poziom mRNA genu kodującego pigment i stwierdzili, że był on anormalnie niski. Jednak nie byli jeszcze w stanie wytłumaczyć, co było tego przyczyną.

Osiem lat później, Andrew Z. Fire i Craig C. Mello eksperymentowali z wspomnianym wcześniej organizmem — przezroczystym nicieniem o wdzięcznej nazwie *Caenorhabditis elegans*. Jest to robak obły zbudowany ze stosunkowo niewielkiej liczby komórek, jeden z tzw. gatunków modelowych, obok muszki owocowej *Drosophila melanogaster* i myszy domowej *Mus musculus*, bardzo często wykorzystywany do badań genetycznych. Cytowani naukowcy próbowali wyciszać określone geny tego gatunku, stosując znaną wtedy metodę „antysensownego RNA”. Jego zasadą jest wprowadzanie do komórki specyficznego RNA zdolnego do komplementarnego związania się z obecnym w cytoplazmie mRNA, przez co dochodzi do zablokowania biosyntezy białka. Wadą tej metody okazała się jej niska skuteczność. Fire i Mello używali w swych doświadczeniach jednoniciowego RNA zarówno o sekwencji komplementarnej do mRNA (antysensowna nić RNA), jak i o takiej samej sekwencji jak w mRNA (sensowna nić RNA), które wprowadzali do organizmu nicienia przez iniekcję. W obu przypadkach dochodziło do wyciszenia z bardzo małą efektywnością. Następnie naukowcy posłużyli się dwuniciowym RNA. Tym razem efektem było zupełne wyciszenie genu! Pierwszym z badanych genów był *unc-22* kodujący białko mięśniowe niezbędne do prawidłowego poruszania się *C. elegans*. Zmutowany osobnik pozbawiony tego białka wykazuje ruchy drgawkowe zamiast normalnych. W doświadczeniu podanie nicieniowi dsRNA o sekwencji komplementarnej do mRNA genu *unc-22* wywoływało takie właśnie drgawki u danego osobnika, a nawet i jego potomstwa. Badacze postanowili przebadać inne geny nicienia m.in. odpowiedzialne za produkcję komórek rozrodczych, czy też prawidłowy kształt ciała — za każdym razem podanie jednoniciowego RNA właściwie nie wywoływało efektu, podczas gdy dsRNA całkowicie hamował ekspresję wybranego genu.

Na podstawie przeprowadzonych eksperymentów przyszl nobliści stwierdzili, że podanie dwuniciowego RNA jest dużo skuteczniejszą metodą blokowania ekspresji genów niż zastosowanie „antysensownego RNA” i nazwali ją **interferencją RNA**. Aby wyciszenie było efektywne wprowadzany dsRNA musi posiadać sekwencję homologiczną do dojrzałego mRNA, co nasunęło naukowcom myśl, że RNAi działa na poziomie posttranskrypcyjnym. Jest to metoda bardzo specyficzna. Wyciszenie następuje poprzez degradowanie docelowego mRNA, co tłumaczyło wynik eksperymentu z początku lat 90-tych, dotyczącego koloru kwiatów petunii! Okazuje się więc, że mechanizm interferencji działa zarówno u zwierząt, jak i u roślin. Ponadto, jak to w eleganckim doświadczeniu dowiedli amerykańscy badacze, u tych organizmów efekt wyciszenia rozprzestrzenia się na cały organizm, a nawet jest dziedziczny. Wysoka wydajność interferencji pozwoliła przypuszczać, że jest to w jakimś stopniu mechanizm katalityczny.

Kolejnym etapem poznawania RNAi było zrozumienie mechanizmu wyciszenia (ryc. 2), do czego przyczynili się również Amerykanie: Thomas Tuschl, Philip D. Zamore i Gregory Hannon.

Długa cząsteczka dsRNA wprowadzana do komórki zostaje rozpoznana przez kompleks enzymatyczny Dicer, który



Ryc. 2. Mechanizm interferencji RNA. Wprowadzone do komórki długie dsRNA jest degradowane przez Dicer do krótkiego siRNA. SiRNA wchodzi w skład kompleksu RISC. Oddysocjuje od niego nić sensowna siRNA. RISC skanuje mRNA komórki szukając sekwencji w pełni komplementarnej do nici antysensownej siRNA. Gdy ją znajdzie rozcina mRNA, które następnie jest przez komórkę rozpoznawane jako nieprawidłowe i degradowane. W efekcie nie powstaje białko, gen jest wyciszany, a kompleks RISC może skanować następne mRNA (na podstawie www.nobelprize.org, zmienione)

posiada funkcję RNazy III i degraduje ją do krótkiego interferującego RNA (ang. *short interfering*, siRNA). Jest to kluczowa dla interferencji cząsteczka specyficzna gatunkowo o długości około 20-25 nukleotydów i sekwencji w pełni komplementarnej do mRNA wyciszanego genu. Na końcu 3' posiada grupę hydroksylową, na końcu 5' grupę karboksylową i dwa niesparowane nukleotydy tworzące tzw. „lepkie końce”. Taka właśnie cząsteczka zostaje przyłączona do drugiego kompleksu enzymatycznego zwanego kompleksem wyciszającym indukowanym przez RNA (ang. *RNA-induced silencing complex*, RISC), od którego następnie oddysocjowuje nić sensowna siRNA. Kompleks za pomocą antysensownej nici siRNA pozostającej w jego składzie, zaczyna skanować obecne w komórce dojrzałe mRNA czekające w cytoplazmie na biosyntezę białka. Gdy odnajdzie w mRNA sekwencję komplementarną do siRNA rozcina ją dzięki aktywności enzymatycznej obecnego w kompleksie białka z rodziny Argonaute. Komórka rozpoznaje rozcięty mRNA jako nieprawidłowy i degraduje całą cząsteczkę zanim dojdzie do powstania białka na jej matrycy.

Interferencja RNA odznacza się dużą wydajnością: jedna cząsteczka siRNA jest w stanie zdegradować wiele transkryptów tego samego genu.

Istnieją dwa mechanizmy tłumaczące tę wysoką efektywność:

— u roślin mRNA rozcięty przez kompleks RISC nie ulega degradacji, lecz służy jako matryca dla polimerazy RNA zależnej od RNA (RdRP), która dopisuje do niego nić antysensowną zgodnie z zasadą komplementarności. Powstała w ten sposób długa, dwuniciowa cząsteczka RNA jest substratem dla enzymu Dicer.

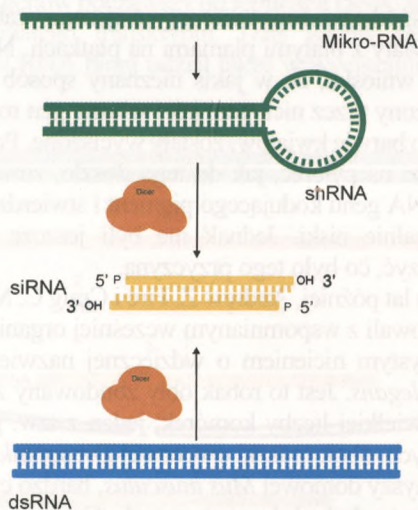
— u grzybów, nicieni i ssaków dochodzi do zwiększenia ilości siRNA, które nie wchodzą w skład kompleksu RISC. Ulegają rozwinięciu do dwóch cząsteczek jednociowych (ang. *single-stranded*, ssRNA), w sposób komplementarny łączą się do odpowiedniego mRNA i pełnią rolę startera polimerazy RdRP. Tak jak u roślin, dochodzi do syntezy długiego dwuniciowego RNA, substratu dla enzymu Dicer.¹

Ogromne zainteresowanie tą metodą dostarczyło nowych informacji na temat fizjologicznego znaczenia interferencji RNA dla organizmów. RNAi bierze udział w odpowiedzi przeciwwirusowej, wyciszaniu ruchomych elementów genetycznych, a także w endogennej regulacji ekspresji genów i wielu innych procesach niezbędnych do prawidłowego rozwoju każdego organizmu.

Mechanizm ten, według wielu naukowców, wyewoluował jako strategia zwalczania wirusów zawierających materiał genetyczny w postaci dwuniciowej cząsteczki RNA, zwłaszcza u roślin i bezkręgowców, pozbawionych rozbudowanego systemu odporności. W takim przypadku wstrzyknięty przez wirusa RNA uruchamia w komórkach gospodarza mechanizm interferencji, która wybiórczo blokuje ekspresję genów wirusowych i nie pozwala na jego namnożenie. Wiadomo jednak, że w toku ewolucji także wirusy wykształciły mechanizmy oparte na interferencji blokujące odpowiedź atakowanej przez nie komórki.

Drugą z funkcji RNAi jest „trzymanie w ryzach” transpozonów, czyli ruchomych elementów genetycznych. Są to fragmenty DNA, które po transkrypcji mają zdolność losowego wbudowywania się z powrotem do genomu. Gdy wbudują się, przerywając ciągłość niezbędnego genu i wyłączając go, przyczyniają się do powstania mutacji i uszkodzeń. Interferencja jest uruchamiana, gdy w regionach zawierających transpozony obie nici DNA, zamiast jednej jak to zachodzi podczas normalnej transkrypcji, są przepisywane i powstaje dsRNA.

Zaskoczeniem może wydawać się fakt, że siRNA blokuje ekspresję genów także na poziomie transkrypcyjnym poprzez zwiększenie stopnia kondensacji chromatyny oraz metylację DNA. Zatem interferencja RNA ma swój udział w tak istotnych procesach jak imprinting genomowy czy inaktywacja jednego z chromosomów X w komórkach samic ssaków.



Ryc. 3. siRNA kluczowa cząsteczka w interferencji. Substratem dla enzymu Dicer jest zarówno długa cząsteczka dsRNA pochodząca spoza komórki, jak i endogennego pochodzenia mikro-RNA, związająca się w strukturę spinki do włosów (shRNA). Efektem działania enzymu jest powstanie cząsteczki siRNA o długości ok. 20-25 nukleotydów, zawierającej dwa niesparowane nukleotydy na końcu 3' i sekwencji homologicznej do mRNA genu docelowego

Do fizjologicznego wyciszania genów komórki używają cząsteczek mikro-RNA (miRNA). Są to maleńkie fragmenty RNA kodowane w genomie i pełniące funkcje regulacyjne. W procesie transkrypcji są przepisywane na jedną nić, która potem związa się sama ze sobą tworząc strukturę tzw. „spinki do włosów” (ang. *short hairpin*, shRNA) (ryc. 3). Za pomocą Dicera środkowa część spinki zostaje wycięta, a powstały fragment zachowuje się podobnie do siRNA z tym, że służy on do cenzurowania genów innych niż ten, z którego powstał. Czyli mikro-RNA, naturalni wyciszacze genów komórkowych posługują się interferencją! Do niedawna znane były tylko dwie takie cząsteczki w genomie *C. elegans*: *lin-4* RNA i *let-7* RNA. Naukowcy zainteresowani interferencją rozpoczęli poszukiwania cząsteczek miRNA w komórkach różnych organizmów i dziś wiadomo już, że mikro-RNA wycisza geny robaków, roślin, muszek i ssaków, w tym człowieka. Dodatkowym zaskoczeniem jest to,

¹ Aby zrozumieć mechanizm działania interferencji RNA polecam uwagę Czytelnika animację znajdującą się na stronie internetowej: www.nature.com/focus/rnai/animations/index.html

że u każdego z tych odległych ewolucyjnie organizmów cząsteczki miRNA są tej samej długości. Dziś szacuje się, że około 30% wszystkich genów w komórkach ssaczych jest regulowane przez miRNA, co oznacza, że jest to nowy, ważny mechanizm endogennej regulacji ekspresji genów. Mikro-RNA wpływają głównie na syntezę białek związanych z rozwojem i rozmnażaniem organizmu. Dowodem na niezbędność mikro-RNA jest fakt, że mutanty genów *lin-4* i *let-7* są niezdolne do hamowania ekspresji innych genów na drodze zależnej od RNA i wykazują wady rozwojowe.

Kiedy znana już była waga odkrycia i sposób wykorzystania interferencji RNA do badań na bezkręgowcach, postanowiono to potężne narzędzie zastosować także do wyciszania genów w organizmach ssaków, w tym człowieka. Przeszkodą okazał się być ssaczy system odpowiedzi interferonowej, który uruchamia się po wprowadzeniu do komórki długiego, dwuniciowego RNA. Biorąc w nim udział kinaza PKR blokuje translację matrycowych RNA, a dodatkowo RNAza L niszczy niespecyficznie wszystkie już istniejące mRNA i w komórce nie może powstać żadne białko. Normalnie mechanizm ten broni nasz organizm przed atakiem wirusów, a w tym przypadku degradowane przez eksperymentatorów dsRNA udaremniając wywołanie interferencji. Rozwiązanie tego problemu znalazł Thomas Tuschl, który sztucznie zsyntetyzowane siRNA wprowadził do komórek ssaczych, co nie uruchomiło odpowiedzi interferonowej. Jak się okazało odpowiedzi nie wywołują cząsteczki krótsze niż 30 par nukleotydów. Zatem pokonano ostatnią barierę na drodze do wybiórczego wyciszania genów ssaczych. Pomimo, iż w przypadku ssaków efekt interferencji RNA nie rozprzestrzenia się na cały organizm, jak to było u nicieni i roślin, to pozwala na wyciszenie określonego genu w hodowli tkankowej komórek ssaków.

W obecnej chwili w wielu ośrodkach naukowych na świecie zespoły badawcze pracują nad praktycznym wykorzystaniem metody RNAi. Umożliwi ona poznanie funkcji dowolnego genu o znanej sekwencji, znacznie przyspieszy poznanie molekularnych mechanizmów powstawania wielu schorzeń i da szansę na ich wyleczenie.

Od 2002 roku w szybkim tempie rośnie liczba firm biotechnologicznych próbujących wykorzystać RNAi do walki z chorobami. Naukowcy pracują nad sposobami wprowadzenia sztucznie zsyntetyzowanego siRNA do komórek, bądź wprowadzaniem nieszkodliwych wirusów, dzięki którym synteza siRNA zachodzi we wnętrzu komórki.

Wirus grypy, polio i nękający świat niebezpieczny wirus HIV mogą zostać pokonane przez nową klasę leków wykorzystujących RNAi. Na cel zostały wzięte także nowotwory — używając interferencji będzie można wyłączać geny specyficzne dla komórek zmutowanych, nie wpływając w ten sposób na zdrowe komórki. Lista chorób, które w zamierzeniu ma pokonać RNAi jest długa, znajduje się na niej: m.in. wirusowe zapalenie wątroby typu C, choroba Huntingtona i Parkinsona, cukrzyca typu 2, choroby metaboliczne.

Do 1998 roku nie byliśmy świadomi istnienia tak potężnego narzędzia do wyciszania genów, jakim jest interferencja RNA. Dzięki początkowo niewyjaśnionym wynikom eksperymentów z kwiatami petunii i ruchami drgawkowymi niepozornego nicienia odkryliśmy narzędzie, bez którego obecnie genetycy nie wyobrażają sobie poznawania tajemnic genomu, a które być może w przyszłości pomoże nam zwalczać niepokonane dotychczas choroby.

Wpłynęło 26.02.2007

Katarzyna Ciura jest studentką IV roku biologii na Wydziale Biologii i Nauk o Ziemi Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie.
e-mail: narhewka@poczta.onet.pl

Dorota CWYNAR, Grzegorz TYLKO (Kraków)

IDENTYFIKACJA JONÓW WAPNIA W HEMOCYTACH — KOMÓRKACH KRWI OWADÓW

Wapń w formie jonowej jest istotnym wewnątrzkomórkowym przekaźnikiem informacji, odpowiedzialnym za aktywację i dezaktywację wielu procesów zachodzących w żywej komórce, m.in. reguluje skurcz mięśni, uczestniczy w zapłodnieniu, cyklu komórkowym, ekspresji genów, transporcie pęcherzykowym (egzocytoza i endocytoza) itd. Stężenie jonów Ca w stanie spoczynku komórki wynosi około 10^{-7} M, natomiast w wyniku jej aktywacji lub uszkodzenia błon poziom wapnia wzrasta do 10^{-5} – 10^{-6} M. Wzrost stężenia jonów wapnia w cytoplazmie zachodzi dzięki jego uwolnieniu z magazynów wewnątrzkomórkowych, takich jak siateczka śródplazmatyczna i mitochondria, bądź napływu jonów wapnia ze środowiska zewnątrzkomórkowego. Utrzymanie właściwego stężenia jonów wapniowych

w cytoplazmie komórki jest wynikiem współdziałania kanałów transportujących kationy Ca^{2+} do i z komórki, wymienników jonowych oraz białek wiążących wolne jony Ca. Modyfikacje maszynierii stabilizującej Ca komórkowy lub też szlaków inicjujących jego uwalnianie i magazynowanie może przekładać się na nieodwracalne zmiany w metabolizmie komórki prowadząc w większości przypadków do inicjacji programowanej śmierci komórki.

Niezwykle ciekawy jest udział jonów metali ciężkich związanych z procesami metabolicznymi, tj. Zn i Cu, i tych niezwiązanych z układami biologicznymi (Cd, Hg, Pb) w inicjacji procesów regulowanych wapniem. Szczególnie interesującym jest powiązanie obecności jonów metali ciężkich w cytoplazmie komórki z poziomem wewnątrzkomór-



kowego wapnia i regulowanych wapniem procesów programowanej śmierci, np. apoptozy. Utrzymujący się wysoki poziom wapnia cytoplazmatycznego jest częstym sygnałem do uruchomienia kaskady zdarzeń związanych z procesem śmierci komórki. Z drugiej zaś strony, ograniczenie jego stężenia może przyczynić się do wzrostu przeżywalności komórek. Interesujące są nasze pierwsze obserwacje zachowania komórek hemolimfy (krwi) muchy domowej w środowisku jonów Zn i Pb. Wykazaliśmy w oparciu o ten model, że oba jony mogą ograniczać programowaną śmierć komórek nieznanym jak dotąd mechanizmem.

Jednym z projektów rozpoczętych w naszej pracowni jest śledzenie zmian poziomu wapnia w cytoplazmie komórek hemolimfy, traktowanych jonami cynku i ołowiu. Chcemy wykazać zakres oddziaływań jonów metali na system stabilizacji Ca^{2+} oraz dynamikę jego fluktuacji w cytoplazmie hemocytów. Obserwację zmian i pomiar stężenia Ca^{2+} opieramy na specyficznych dla wapnia znacznikach fluorescencyjnych. Znacznik ów jest związkiem chemicznym, który wiążąc wapń zmienia swoje właściwości fizykochemiczne. W naszym projekcie wykorzystujemy najczęściej znaczniki, które po związaniu wolnych jonów Ca emitują światło. Natężenie światła natomiast informuje nas pośrednio o jego stężeniu.

Pierwszym etapem naszych działań jest określenie warunków, jakie powinny być spełnione, aby nasz model ko-

mórkowy — hemocyty muchy domowej — przyjął znacznik, związał Ca^{2+} i pozwolił na obserwację oraz pomiar intensywności emitowanego światła. Porównujemy wydajność transportu znacznika w obecności i bez użycia związków uwadniających go, stosując równocześnie różne jego stężenia. Ponadto ilościowo oznaczamy stężenia wapnia w oparciu o wzorcowe bufory wapniowe, symulujące poziom wapnia cytoplazmatycznego. Ma to na celu oznaczenie spoczynkowej zawartości wapnia w komórkach nie-traktowanych jonami Zn i Pb. Ostatnim etapem badań jest wzbogacenie środowiska komórek o jony wspomnianych wcześniej metali w stężeniach, które stymulują lub blokują procesy programowanej śmierci komórki. Głównym instrumentem badawczym jest mikroskop konfokalny, służący obrazowaniu komórek oraz ocenie poziomu intensywności światła generowanego przez znacznik wapniowy. Połączony z mikroskopem konfokalnym moduł do fluorescencyjnej spektrometrii korelacyjnej (ang. *fluorescence correlation spectroscopy* — FCS) umożliwi śledzenie dynamiki uwalniania i magazynowania wapnia.

Wpłynęło 23.04.2007

Dr Grzegorz Tylko jest adiunktem a Dorota Cwynar magistrantką w Zakładzie Cytologii i Histologii Instytutu Zoologii Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie.

Henryk FIGIEL, Antoni ŻYWCZAK (Kraków)

MAGAZYNOWANIE WODORU



1. Wstęp

Obecnie jednym z głównych problemów przyszłości energetyki są ograniczone zasoby ropy naftowej i gazu ziemnego oraz wzrost zapotrzebowania na energię, co zmusza nas do poszukiwania nowych źródeł energii. Takimi, perspektywicznymi źródłami energii są na przykład: baterie słoneczne, energia wiatrowa, biomasa oraz energia jądrowa. Oprócz problemu wytworzenia energii występuje istotny problem magazynowania energii, gdyż energia wytworzona nie zawsze może być użyta bezpośrednio i potrzebne są metody jej magazynowania. Jednocześnie od dawna wiadomo, że w reakcji łączenia się wodoru z tlenem otrzymujemy dużą ilość energii zarówno w chemicznej reakcji bezpośredniej, jak i w procesie elektrochemicznym zachodzącym w ogniwach paliwowych. Wiadomo również, że energia chemiczna kilograma wodoru wynosi 142 MJ, podczas gdy z kilograma węglowodorów mamy tylko 47 MJ. Jest to atrakcyjne, ponieważ wodór jest powszechnym pierwiastkiem w środowisku i jest go 16% atomowych w skorupie ziemskiej. Już w XIX wieku ideę powszechnego wykorzystania wodoru jako paliwa przedstawił pisarz Juliusz Verne. W jego znanej powieści „Tajemnicza wyspa” wydanej w 1874 roku, jeden z bohaterów powieści inżynier Cytrus Smith

stwierdza: „Wierzę, że pewnego dnia wodór i tlen, z których zbudowana jest woda, użyte razem lub osobno dadzą niewyczerpane źródło ciepła i światła”.

Od strony naukowej rolę wodoru podkreślił również profesor Bohdan Staliński w swej książce „Wodór i wodoriki” wydanej w 1987 roku: „Czysty wodór, w tym także wodór otrzymywany z wodoroków jest niewątpliwie paliwem przyszłości, szerszego jego zastosowania spodziewać się należy prawdopodobnie dopiero w XXI wieku.”

Taka droga uzyskiwania energii jest podstawą popularnej ostatnio energetyki wodorowej. Aby ją wdrożyć musimy wodór wytworzyć oraz nauczyć się go bezpiecznie transportować i magazynować. Wodór może być najlepszym źródłem energii dla transportu, gdy zacznie brakować benzyny i oleju napędowego.

Rozwój energetyki wodorowej napotyka jednak na istotne problemy i trudności, którymi są w szczególności:

— opracowanie i wdrożenie metod taniego uzyskiwania wodoru. Nie jest to prosty problem, gdyż np. uzyskiwanie wodoru w procesie elektrolizy wymaga użycia energii elektrycznej, co oznacza, że byłby to proces nieopłacalny. Jeżeli jednak energię elektryczną czerpiemy ze źródeł odnawialnych, takich jak energia wiatrowa czy też energia geotermalna, proces taki może być stosunkowo tani i opłacalny.

Dlatego też w Islandii, gdzie energię elektryczną uzyskuje się w elektrowniach geotermalnych opracowano już projekt wytwarzania w ten sposób dużych ilości wodoru do zaopatrzenia samochodów napędzanych wodorem;

— zbudowanie silnika, ogniwa paliwowego lub baterii zasilanych wodorem o jak najwyższej sprawności. Są już opracowane i zastosowane w prototypowych samochodach zarówno silniki spalające mieszaninę wodoru z tlenem jak i samochody wyposażone w zasilane wodorem ogniwa paliwowe. Prąd elektryczny wytworzony w tych ogniwach zasila silniki elektryczne napędzające pojazd. Samochody muszą posiadać zbiorniki z wodorem, co stwarza kolejny problem;

— znalezienie sposobów i materiałów do bezpiecznego i taniego magazynowania wodoru, szczególnie w samochodach, co jest również złożonym zagadnieniem i stanowi temat niniejszego opracowania.

2. Magazynowanie wodoru

Jak wiadomo wodór jest pierwiastkiem bardzo lekkim i powszechnie występuje w postaci gazu złożonego z molekuł H_2 . Jego gęstość w temperaturze pokojowej wynosi 0,09 g/l, podczas gdy w stanie ciekłym w temperaturach poniżej 4,2 K jego gęstość wzrasta do 70,8 g/l. Oznacza to, że dana masa wodoru w stanie gazowym w warunkach normalnych zajmuje 846 razy większą objętość niż w stanie ciekłym. Stąd wynika konieczność i potrzeba poszukiwania sposobów pozwalających na magazynowanie wodoru z większą gęstością w temperaturach bliskich 300 K, czyli w temperaturze pokojowej.

W zależności od zastosowań potrzebujemy zbiorniki stacjonarne, zbiorniki do środków transportu i zbiorniki dla przenośnych urządzeń elektrycznych zasilanych ogniwami paliwowymi. Zbiorniki do środków transportu mogą być różne dla samochodów o dużym gabarycie (np. cysterny, autobusy), łodzi i statków oraz do samochodów osobowych. Odnośnie samochodów osobowych występuje silna presja, aby zbiorniki na wodór były odpowiednio pojemne, lekkie i bezpieczne.

3. Zbiorniki na wodór

Do przechowywania wodoru od lat stosuje się zbiorniki ciśnieniowe — butle stalowe, w których wodór jest sprężony do ciśnienia od 100 do 200 atmosfer, zbiorniki na ciekły wodór z super-izolacją, a obecnie prowadzone są intensywne badania zbiorników wypełnionych różnymi materiałami absorbującymi wodór. Takimi materiałami są wodorki metali, wodorki kompleksowe i materiały porowate absorbujące wodór molekularny. Więcej uwagi poświęcimy teraz zbiornikom z materiałami magazynującymi wodór, a w szczególności z wodorkami metali.

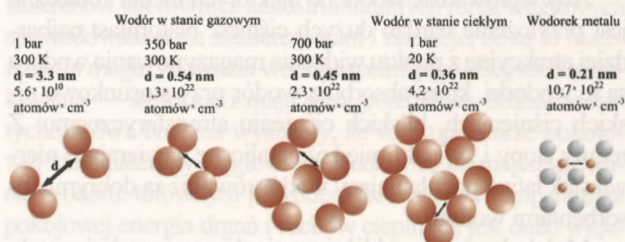
4. Zbiorniki ciśnieniowe i kriogeniczne

Z punktu widzenia zastosowania w samochodach, ciśnieniowe butle stalowe na wodór są zbyt ciężkie. Dlatego opracowano już lekkie, ale bardzo wytrzymałe butle z gęstego polimeru lub aluminium pokrytego specjalną plecionką włókien węglowych, dzięki czemu takie butle wytrzymują ciśnienia do 700 atm.

Podobnie są konstruowane kriogeniczne zbiorniki na ciekły wodór. Posiadają one korpus aluminiowy pokryty tzw. super-izolacją o bardzo małym przewodnictwie cieplnym i są wyposażone w dodatkowe urządzenia minimalizujące parowanie wodoru, co wydłuża czas eksploatacji zbiornika. Powoduje to niestety, że są one jednak bardzo drogie i trudne w eksploatacji.

5. Materiały absorbujące wodór

Niektóre pierwiastki, stopy i związki chemiczne łatwo i w dużych ilościach absorbują wodór. Jest to bardzo atrakcyjne z punktu widzenia magazynowania wodoru, ponieważ w takich materiałach możemy uzyskać duże gęstości wodoru. W wodrze gazowym przy ciśnieniu 1 bara i temperaturze 300°C średnia odległość pomiędzy cząsteczkami wodoru wynosi $d \sim 3,3$ nm, co daje gęstość $5,6 \cdot 10^{10}$ atomów/cm³, a przy ciśnieniu 700 bar $d \sim 0,45$ nm z gęstością $2,3 \cdot 10^{22}$ atomów/cm³, dla ciekłego wodoru mamy $d \sim 0,36$ nm z gęstością $4,2 \cdot 10^{22}$ atomów/cm³. Natomiast średnia odległość pomiędzy atomami wodoru w typowym wodorku metalu jest mniejsza i wynosi $d \sim 0,21$ nm, dając gęstość $10,7 \cdot 10^{22}$ atomów/cm³ (ryc. 1). Oznacza to, że w wodorkach możemy uzyskać gęstości wodoru zarówno większe niż dla wodoru gazowego pod dużym ciśnieniem, jak i dla wodoru ciekłego.



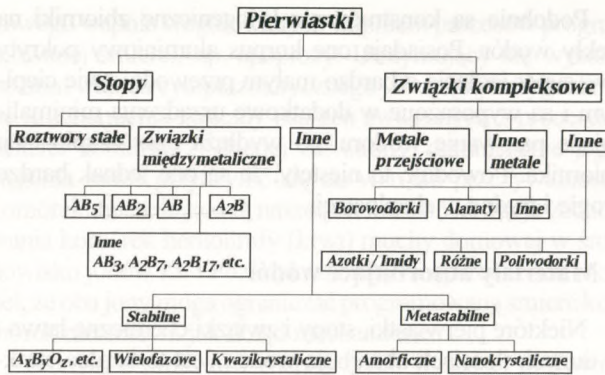
Ryc. 1. Odległości pomiędzy cząsteczkami wodoru i atomami wodoru w metalach

Absorpcja wodoru w metalach, stopach i związkach międzymetalicznych następuje na zasadzie chemisorpcji, czyli dysocjacji molekuły wodoru po zetknięciu się z powierzchnią takiego materiału. Z uwagi na różne wartości potencjału powierzchniowego zjawisko chemisorpcji następuje przy różnych ciśnieniach i temperaturach charakterystycznych dla danego materiału. Oprócz wodorków metali i ich stopów silnie absorbujące wodór są związki kompleksowe, takie jak alanaty, borowodorki, azotki i imidy. Wszystkie materiały absorbujące wodór i ich wzajemne powiązania są przedstawione schematycznie na ryc. 2.

Są również materiały, dla których występuje zjawisko fizysorpcji, czyli adsorpcji molekuł wodoru na powierzchni lub też w dużych lukach struktury. Można tu wymienić węgiel w różnych odmianach alotropowych, zeolity, klatraty i struktury metalo-organiczne (MOF).

5.1. Wodorki

Wodorkami nazywamy związki wodoru z dowolnymi innymi pierwiastkami. W szczególności dotyczy to związków, w skład których wchodzi kationy metalu i aniony wodorkowe.



Ryc. 2. Klasyfikacja materiałów absorbujących wodór

Z tej grupy wodorkami będziemy nazywać związki wszystkich metali, ich stopów i związków międzymetalicznych z wodorem oraz wodorki związków kompleksowych. Wśród wodorków binarnych składających się tylko z metalu i wodoru mamy:

- wodorki jonowe, typu soli (litowce, berylowce od wapnia do baru, oraz niektóre lantanowce);
- wodorki metaliczne (metali przejściowych, itru i lantanowców);
- wodorki kowalencyjne.

Pozostałe wodorki uzyskujemy dla stopów i związków międzymetalicznych.

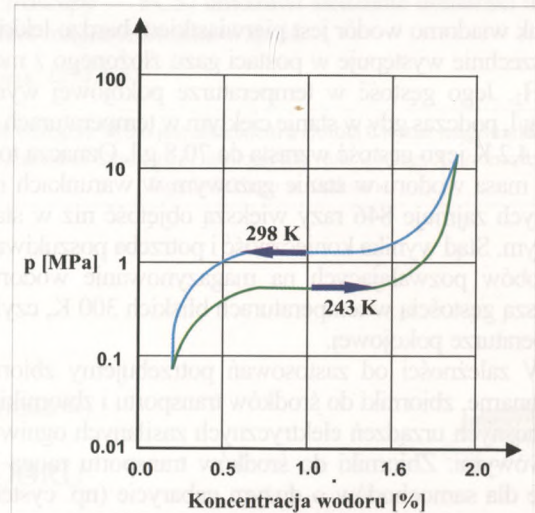
Aby wprowadzić wodór do niektórych metali konieczne jest przyłożenie bardzo dużych ciśnień. Natomiast najbardziej atrakcyjne z punktu widzenia magazynowania wodoru są te wodorki, które absorbują wodór przy stosunkowo niskich ciśnieniach, bliskich ciśnieniu atmosferycznemu. Z reguły stopy i związki międzymetaliczne zawierające pierwiastek łatwo pochłaniający wodór również są dobrymi absorbentami wodoru.

Molekuła wodoru zbliżająca się do powierzchni metalu oddziałuje z jego potencjałem powierzchniowym. Dla tych metali, które łatwo pochłaniają wodór potencjał ten jest na tyle silny, że powoduje dysocjację molekuły wodoru na dwa atomy, które wnikają do metalu dyfundując po granicach ziaren, dyslokacjach oraz pomiędzy miejscami międzywęzłowymi struktury krystalicznej. W metalach o prostych strukturach (A1, A2 i A3) luki międzywęzłowe są typu oktaedrow lub tetraedrow. To, czy wodór wejdzie do danej luki określa kryterium Westlake'a, mówiące, że rozmiar dostępnego miejsca musi być większy niż 0.37 Å. Drugie, to kryterium Switendick'a, mówiące, że odległość pomiędzy atomami wodoru znajdującymi się w sąsiednich lukach musi być większa niż 2.1 Å. Oznacza to, że w zależności od wymiarów komórki elementarnej i odległości międzyatomowych nie wszystkie luki występujące w danej strukturze mogą być obsadzone przez wodór.

Absorpcja wodoru w metalach jest odwracalna. Termodynamiczne aspekty tworzenia wodorków z wodoru gazowego są opisywane poprzez izotermę ciśnienia w funkcji koncentracji wodoru, co ilustruje ryc. 3. Przy małych ciśnieniach w metalu pojawia się niewielka ilość wodoru tworząc fazę α .

W miarę wzrostu ciśnienia wodoru gazowego przy pewnym charakterystycznym ciśnieniu zaczynają się tworzyć w metalu obszary w pełni nasycone wodorem w pozycjach międzywęzłowych, czyli wodorku (faza β). Rozrost fazy β

odbywa się przy stałym ciśnieniu, co jest widoczne jako „plateau” do momentu, aż w całej objętości metalu będziemy mieli wodorek. Ponieważ faza β jest praktycznie nasycona wodorem, dalsze zwiększanie ciśnienia wodoru gazowego powoduje tylko niewielki wzrost koncentracji wodoru w metalu. Koncentracja wodoru, przy której kończy się „plateau” określa nam maksymalną pojemność materiału w danej temperaturze. W miarę wzrostu temperatury „plateau” pojawia się przy wyższym ciśnieniu i większej koncentracji początkowej oraz staje się coraz krótsze. Powyżej charakterystycznej temperatury (T_c) „plateau” zanika. W niektórych materiałach występują dwie lub więcej faz wodorkowych, co jest widoczne poprzez pojawienie się „schodków”, czyli więcej niż jednego „plateau” przy różnych ciśnieniach. Proces desorpcji wodoru może zachodzić przy innym (większym) ciśnieniu dając charakterystyczną pętlę histerezy (ryc. 3). Im histereza jest węższa („plateau” absorpcji i desorpcji są blisko siebie) tym materiał lepiej się nadaje do magazynowania wodoru.



Ryc. 3. Przykładowe izotermę absorpcji i desorpcji wodoru dla stopu Ti-Cr-Mn

Kolejną cechą wodorków (faza β) jest wzrost objętości komórki elementarnej na skutek jej „rozpychania” przez atomy wodoru. Wzrost ten z reguły na tyle duży, że lite kawałki czystego metalu (stopu) po nawodorowaniu rozpadają się na drobne ziarna fazy β . Dlatego lite materiały do wodorowania są zawsze w postaci proszków. Dodatkowo powoduje to, że dla proszków mamy dużą całkowitą powierzchnię, co ułatwia i przyspiesza pochłanianie wodoru. Wodorowanie odpowiednio cienkich warstw nie powoduje ich rozpadu, gdyż wzrost objętości może następować tylko w kierunku prostopadłym do powierzchni.

Wśród metali czystych najbardziej znanymi absorbentami wodoru są: pallad, magnez oraz ziemie rzadkie. Bardzo dobrymi absorbentami wodoru są niektóre stopy i związki międzymetaliczne (ZrV_2 , $FeTi$, TiV_2) oraz związki międzymetaliczne ziem rzadkich i metali przejściowych.

Dla stopu $FeTi$ uzyskuje się wodorek o dużej pojemności $FeTiH_{1.7}$. Najbardziej znany i stosowany na skale laboratoryjną jest wodorek związku międzymetalicznego $LaNi_5H_6$. W tabeli 1 przedstawione są charakterystyczne właściwości tych materiałów i ich wodorków. Jednakże z uwagi na ich stosunkowo dużą masę, wodorki te nie nadają

się do zbiorników samochodowych. Dlatego prowadzone są intensywne badania materiałów absorbujących wodór, których głównym składnikiem są lekkie metale.

Tabela 1. Charakterystyczne właściwości wybranych materiałów i ich wodorków absorbujących wodór

Materiał	Wodorek	m(H ₂)/mc [%]	Temperatura [K]	Ciśnienie „plateau” [bar]
Pd	PdH _{0.6}	0.56	298	0.020
ZrV ₂	ZrV ₂ H _{5.5}	3.01	323	10-8
TiV ₂	TiV ₂ H ₄	2.6	313	10
FeTi	FeTiH ₂	1.89	303	5
LaNi ₅	LaNi ₅ H ₆	1,37	298	2
Mg ₂ Ni	Mg ₂ NiH ₄	3,59	555	1
Mg	MgH ₂	7.6	573	1

5.2. Wodorki lekkich metali i ich stopów

Zainteresowanie wodorkami lekkich metali i ich stopów jest związane z potrzebą opracowania lekkiego zbiornika na wodór do samochodu. Najbardziej interesujący jest magnez i jego stopy z: Ni, Co, Fe, Al, takie jak: MgH_x, MgNi₂H_x, Mg₂FeH_x, MgAlH_x, MgCoH_x. Jednakże ich wodorowanie i desorpcja wymagają wysokich temperatur i ciśnień. Wodorek MgH₂ zawiera aż 7,6% masowych wodoru, ale jego wodorowanie przebiega bardzo powoli (kilka godzin) przy temperaturze ok. 300°C. Szybszy proces wodorowania występuje dla Mg₂Ni₂H₂, ale w temperaturze równie wysokiej jak dla Mg. Aby obniżyć temperaturę i ciśnienie, przy których następuje absorpcja wodoru z reguły rozdrabnia się dany materiał do postaci nano-proszków i domieszkuje małymi ilościami metalicznych katalizatorów. Wodorki stopów na bazie magnezu i aluminium są obecnie bardzo intensywnie badane.

5.3. Wodorki kompleksowe

Wodorki kompleksowe powstają na bazie metali przejściowych lub metali lekkich (lit, bor, sód, aluminium) tworząc stabilne związki jonowe. Największe zainteresowanie wśród wodorków kompleksowych wzbudzą mieszane wodorki metali o ogólnym wzorze M(XH₄), gdzie M = Mg, Li, Na, oraz X = Al, B, Ni. Złożone są one z tetraedycznego anionu XH₄⁻ i kationu metalu M. Najintensywniej są badane alanyty (X = Al.) z uwagi na ich dużą pojemność (7,5% wagowych H w NaAlH₄, 9,3% w Mg(AlH₄)₂ i 10,6% w LiAlH₄) oraz borowodorki.

Szczególnie dużą pojemność i duże gęstości zmagazynowanego wodoru, uzyskuje się dla borowodorków, na przykład LiBH₄, gdzie osiąga się 18% masowych wodoru.

Jednakże problemem jest ich ładowanie oraz desorpcja, gdyż procesy te zachodzą w wysokich temperaturach i ciśnieniach, a ładowanie wodoru zachodzi stosunkowo powoli. Zastosowanie katalizatorów (np. tytanu) poprawia i przyspiesza dynamikę absorpcji i desorpcji wodoru. Szeroko prowadzone są też badania amidów litowych domieszkiwanych magnezem, gdzie uzyskuje się ok. 6,5% masowych wodoru, jednakże temperatury wodorowania są powyżej 200°C. Również badane są wodorki lekkich pierwiastków uzyskiwane na drodze chemicznej, takie jak borany amoniaku,

wodorki azotu i imidy. Mimo ich dużej pojemności są problemy z ich zastosowaniem, ponieważ ładowanie wodoru związane jest z reakcjami chemicznymi w wysokich temperaturach i ciśnieniach, a w procesy desorpcji nie zawsze są w pełni odwracalne i również wymagają podwyższonych temperatur, a przy desorpcji niektórych z nich wydzielają się amoniak. Podobny problem jest z dekalina (C₁₀H₁₈), która podgrzana oddając wodór i przechodzi w naftalen (C₁₀H₈), który następnie w cyklu przemysłowym należy znowu przetworzyć na dekalinę, co komplikuje użycie tych materiałów w zbiornikach samochodowych.

5.4. Materiały porowate

Materiały te, w odróżnieniu od wodorków, adsorbują cząsteczki H₂, które lokują się w lukach wewnątrz struktury i mikro-porach. Cząsteczki wodoru wiąże z powierzchnią stosunkowo słaba siła Van der Waalsa. Do tej klasy materiałów zaliczamy węgiel pod różnymi postaciami — nanorurki, fullereny, nanowłókna, węgiel aktywowany, zeolity, klatraty i struktury metalo-organiczne (MOF).

5.4.1. Magazynowanie wodoru w nanostrukturach węgla

W ostatnich latach opanowanie technologii wytwarzania fullerenów jak również nanostrukturalnych rurek węglowych spowodowało duże zainteresowanie i nadzieje, że są to materiały do magazynowania wodoru spełniające wszystkie oczekiwania — są lekkie i mają dużą pojemność. Jednakże dotychczasowe badania wykazały, że w temperaturze pokojowej nanomateriały węglowe nie nadają się do magazynowania wodoru. Głównym powodem jest to, że w temperaturze pokojowej energia drgań i ruchów cieplnych jest dużo większa od energii wiązania cząsteczek wodoru na powierzchni siłami Van der Waalsa. Jednakże po obniżeniu temperatury do 77 K (temperatura ciekłego azotu) i przy ciśnieniach ~30–40 atm, a więc gdy energia drgań termicznych jest dużo mniejsza, wiązanie cząsteczek wodoru na powierzchni tych nanostruktur węglowych jest bardziej efektywne i te materiały stają się atrakcyjnym materiałem do magazynowania wodoru. W temperaturze ciekłego azotu mamy około 6% atomowych wodoru w węglu aktywowanym, podczas gdy w temperaturze pokojowej jest to poniżej 1%.

5.4.2. Zeolity, klatraty i struktury metalo-organiczne

Zeolity zbudowane są z kompleksów tetraedrów [SiO₂] oraz [AlO₄]. W kompleksach tych występują duże wnęki, do których mogą wnikać cząsteczki wodoru.

Struktura krystaliczna klatratów jest tworzona przez cząsteczki wody powiązane wiązaniami wodorowymi i w tej strukturze występują obszerne luki, do których również mogą wnikać cząsteczki H₂. Podobne magazynowanie wodoru można uzyskać w kryształach lodu i związkach typu Van der Waalsa.

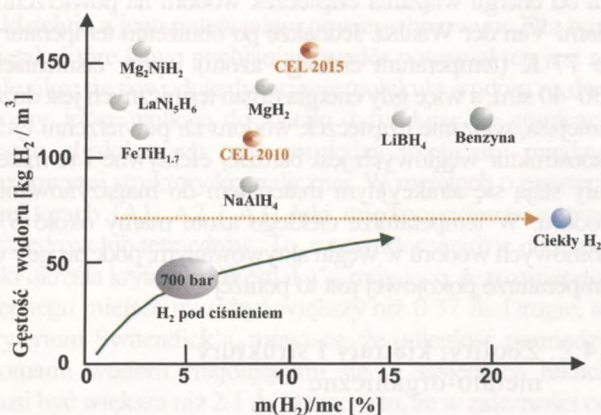
Struktury metalo-organiczne (MOF — *Metal-Organic Framework*) mają charakter konstrukcji kubicznych, w których naroża układów metal-tlen są powiązane wiązaniami organicznymi. W efekcie wewnątrz tak utworzonych sze-

ścianów występuje pusta przestrzeń, do której mogą wnikać molekuly wodoru. Taka pusta przestrzeń może stanowić do ~90 % całej objętości struktury, co daje duże możliwości magazynowania wodoru. W związku z tym w temperaturze ciekłego azotu (77 K) uzyskuje się około 4% masowej gęstości wodoru w tych strukturach.

We wszystkich tych materiałach magazynowanie jest więc możliwe, ale jak dotychczas tylko przy niskich temperaturach. Niemniej prowadzone są dalej intensywne badania tej klasy materiałów z nadzieją, że odpowiednie dodatki i katalizatory pozwolą na magazynowanie wodoru w tego typu materiałach również przy temperaturze pokojowej.

6. Charakterystyka materiałów absorbujących wodór

Z punktu widzenia zastosowań materiały nadające się do magazynowania wodoru charakteryzuje się przez podanie gęstości wodoru na jednostkę objętości i jednostkę masy. Ilustruje to ryc. 4. Widzimy, że znane wodorki metali mogą absorbować bardzo duże ilości wodoru na jednostkę objętości, ale są stosunkowo ciężkie i gęstość wodoru na jednostkę masy jest w nich mała. Wodorki magnezu i alanytry mają porównywalne gęstości objętościowe, ale istotnie większe gęstości masowe. Wodór adsorbowany na węglu daje duże gęstości masowe przy dobrej gęstości objętościowej, ale uzyskuje się to w ciekłym azocie. Widać, że zakres gęstości wodoru w benzynach jest jeszcze dalszy. Parabola przedstawia wzrost gęstości wodoru gazowego w miarę wzrostu ciśnienia i ograniczeniem jest tu gęstość objętościowa wodoru ciekłego. Dlatego poszukuje się materiałów do magazynowania wodoru na bazie lekkich metali takich jak magnez czy aluminium z gęstościami porównywalnymi z benzynami.



Ryc. 4. Relacja gęstości objętościowej i gęstości masowej wodoru w wodorkach

7. Zbiorniki na wodór dla samochodów.

Producenci samochodów osobowych, które mają być napędzane wodorem (silnik spalinowy lub ogniwa paliwowe) postawili ostre wymagania dotyczące zbiorników na wodór:

- możliwość zmagazynowania 5–7 kg wodoru pozwalająca przejechać 500–700 km;
- mała objętość zbiornika (maks. ~200 l);
- zbiorniki jak najlżejsze, tak by stosunek masy wodoru do masy absorbenta był większy niż 10%;

- niskie ciśnienie pracy (poniżej 25 atm);
- niska temperatura pracy maks. ~80°C;
- małe ciepło wydzielane przy napełnianiu/poborze wodoru;
- wytrzymałość mechaniczna;
- bezpieczeństwo;
- krótki czas ładowania ~ 5 min.

Problem doboru odpowiedniego zbiornika na wodór do samochodu ilustruje ryc 5. Przedstawione słupki przedstawiają objętości potrzebne do zmagazynowania tej samej ilości wodoru w różnych zbiornikach — z wodorkami, gazem pod ciśnieniem, ciekłego wodoru. Dlatego Ministerstwo Energetyki (*Department of Energy*) w USA w swej strategii związanej z energetyką wodorową i wprowadzeniem wodoru do napędu samochodów określił cele: do roku 2010 opracowanie systemu mogącego zmagazynować 6% masowych wodoru, a do roku 2015 — 9%. Dotyczy to całego systemu, a więc uwzględnia również masę zbiornika, co oznacza, że materiał magazynujący wodór musi wchłaniać co najmniej odpowiednio ~7 i ponad 10% masowych wodoru. Cele te zaznaczono też na ryc. 4.



Ryc. 5. Porównanie objętości różnych typów zbiorników na wodór

Obecnie są prowadzone prace doskonalące zbiorniki wszystkich trzech typów (ciśnieniowe, kriogeniczne, wodorkowe) w szczególności dla samochodów. Konstruowane są również zbiorniki hybrydowe, będące pewnym kompromisem pomiędzy zbiornikami ciśnieniowymi i zawierającymi wodorki. Zbiorniki takie zawierają wodorki i wodór pod stosunkowo niedużym ciśnieniem (około 100 atm).

Istotnym również problemem są aspekty termodynamiczne absorpcji i desorpcji. Przy absorpcji wodoru wydzielą się dosyć dużą ilość ciepła, które należy odprowadzić, a z kolei przy desorpcji musimy doprowadzić odpowiednią ilość ciepła, co dodatkowo komplikuje konstrukcję pojemnika zawierającego wodorki. Rzutuje to na sposób i czas napełniania zbiornika z wodorkami. Szybkie napełnianie zbiornika, czego oczekują użytkownicy, oznacza wydzielanie się dużej ilości ciepła w krótkim czasie, co może być niebezpieczne. Ciepło potrzebne do pracy zbiornika jest mniejszym problemem, bo można tu wykorzystywać ciepło wytwarzane np. w czasie pracy ogniwa paliwowego.

8. Bezpieczeństwo

Wbrew obiegowym opiniom wodór jest bezpieczniejszy niż benzyna. Uszkodzenie zbiornika z benzyną i jej zapalenie oznacza w praktyce spalanie całego samochodu, gdyż rozlaną benzynę trudno jest ugasić. Natomiast uszkodzenie zbiornika ciśnieniowego z wodorem powoduje, że wodór jako lekki gaz ucieka do góry i jeśli nastąpi jego

zapłon to powstaje wysoki, pionowy płomień nad miejscem wypływu wodoru z samochodu i ryzyko zapalenia całego samochodu jest dużo mniejsze.

Podobny efekt zachodzi dla zbiornika z ciekłym wodorem. Uszkodzony zbiornik z wodorkiem jest jeszcze bardziej bezpieczny, gdyż jego uszkodzenie nie powoduje ucieczki całego zmagazynowanego wodoru a na dodatek utlenienie powierzchni wodorków metali i ich stopów blokuje wypływ wodoru z materiału.

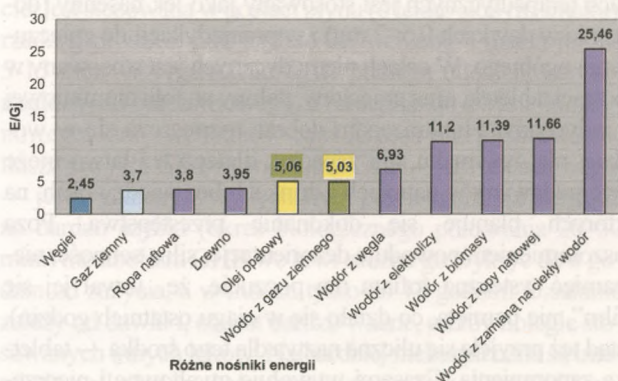
9. Zastosowania

W wielu krajach prowadzone są intensywne badania i testy samochodów napędzanych wodorem. W państwach europejskich jeździ już około 60. eksperymentalnych autobusów z napędem wodorowym. Na lotnisku w Monachium autobusy dowożące pasażerów również są napędzane wodorem. Wszystkie większe firmy produkujące samochody opracowały samochody wodorowe. Posiadają one albo klasyczne silniki tłokowe, w których wodór jest spalany w mieszance z powietrzem, albo wodór służy do zasilania ogniw paliwowych. W Niemczech można już takie samochody spotkać na ulicach. Mają one albo zbiorniki ciśnieniowe, albo na wodór ciekły. W związku z tym w Niemczech udostępniono wodór w sprzedaży detalicznej, np. w sieci stacji paliwowych firmy ARAL. Można tam kupić wodór zarówno w postaci ciekłej jak i gazowej. Cena jednego kilograma wodoru wynosi 8 euro (rok 2006). W samochodach zbiorniki na wodór gazowy mają pojemność około 3,1 kg, a zbiorniki na wodór ciekły około 4,6 kg. Taka ilość wodoru wystarcza do przejechania odpowiednio około 270 i 400 km, co oznacza po przeliczeniu, że koszt jest tu niewiele wyższy niż koszt benzyny potrzebnej na przejechanie takiego samego dystansu. Odpowiednio lekkie i pojemne zbiorniki z wodorkami nie zostały jeszcze wdrożone.

Należy więc oczekiwać, że w niedalekiej przyszłości napęd wodorowy samochodów stanie się w pełni realny i będzie atrakcyjną alternatywą w stosunku do dotychczas używanych paliw do samochodów.

10. Koszty pozyskania wodoru

Koszty różnych nośników energii fluktuują w czasie w zależności od rozwoju rynku i stosowanych technologii. Już



Ryc. 6. Porównanie kosztów różnych nośników energii

obecnie można porównać koszt produkcji wodoru z kosztami produkcji innych nośników energii. Jak widać z ryc. 6, najtaniej wodór można uzyskać z gazu ziemnego i z węgla. Koszty uzyskania wodoru zostały podane w euro na GJ energii (2006). Widoczne jest, że cena wodoru pozyskanego z gazu ziemnego jest porównywalna z ceną oleju opałowego. Przy wzroście cen ropy naftowej być może już wkrótce cena uzyskanego wodoru z gazu ziemnego i węgla będzie równa lub niższa od ceny energii z ropy naftowej. Będzie to prawdopodobnie istotny próg ekonomiczny, który spowoduje znaczne przyspieszenie zastosowań energetycznych wodoru. Z tego powodu powinna być rozwijana produkcja wodoru z tych nośników energii (gaz, węgiel) również w Polsce. Wraz z rozwojem technologii, będzie możliwe wytwarzanie wodoru z innych źródeł energii, np. odnawialnych, przy niższych kosztach. Będzie to zależało od programów rozwoju jak i od postępu technologicznego.

Rozsądnym rozwiązaniem wydaje się przekształcanie różnych form energii odnawialnej w jeden wspólny, uniwersalny nośnik rozprowadzany przy wykorzystaniu istniejących lub specjalnie utworzonych globalnych sieci dystrybucji paliw (ropy, gazu ziemnego). Takim nośnikiem może być wodór. Wybór takiego nośnika nie jest jeszcze przesądzony, ale coraz więcej państw i korporacji przemysłowych z powodów zarówno politycznych jak i gospodarczych na podstawie przedstawionych analiz opowiada się za wodorem. Dla pełnego wykorzystania potencjału energii odnawialnej i optymalnego powiązania jej zasobów z energią paliw kopalnych wodór jest idealnym nośnikiem, mimo potrzeby zbudowania kosztownego systemu jego gromadzenia i dystrybucji. W Polsce rozwój energetyki wodorowej można oprzeć na technologii zgazowania węgla lub na wykorzystaniu w przyszłości wysokotemperaturowych reaktorów jądrowych.

Zanim jednak zostanie uruchomiona na skale przemysłową produkcja wodoru dla celów energetycznych, a w szczególności dla samochodów, muszą zostać dopracowane metody jego bezpiecznego, taniego i efektywnego magazynowania.

Wpłynęło 12.04.2007

Prof. dr hab. Henryk Figiel pracuje na Wydziale Fizyki i Informatyki Stosowanej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

Zajmuje się badaniami właściwości fizycznych stopów i związków międzymetalicznych, a w szczególności wpływem wodoru na właściwości strukturalne i magnetyczne badanych materiałów z uwzględnieniem możliwości ich zastosowania do magazynowania wodoru. W roku 2004 byłem organizatorem międzynarodowej konferencji „Układy Metal-Wodór — Podstawy i Zastosowania”, która zgromadziła ponad 400 uczestników z całego świata.

e-mail: figiel@agh.edu.pl

Mgr inż. Antoni Żywczak jest doktorantem na Wydziale Fizyki i Informatyki Stosowanej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

W roku 2005 obronił pracę magisterską na temat „Perspektywy rozwoju energetyki wodorowej w Polsce” pod kierunkiem prof. Henryka Figla. Zajmuje się zagadnieniami z zakresu problematyki magazynowania wodoru w postaci wodorków metali w grupie badawczej prof. Henryka Figla.

e-mail: zywczak1@tlen.pl

Anna JANOCZA, Jolanta B. ZAWILSKA (Łódź)

FARMAKOLOGIA W SŁUŻBIE MACHO — „TABLETKI GWAŁTU I ROZBOJU”



Z pozoru wszystko wydaje się być niewinne — jesteś w klubie lub na dyskotecę, ktoś postawi Ci drinka, nic nie zauważysz, drink jak drink o normalnym smaku, kolorze i zapachu, wypijasz go, a potem... nagle urywa Ci się film, nic nie pamiętasz, czujesz się obolała i rozbita. Kiedy po pewnym czasie orientujesz się, że ten ktoś podał Ci środek odurzający, często jest już za późno na to, aby wykrzyć choćby jego ślady w Twoim organizmie, a Ty zdajesz sobie sprawę, że zrobiono Ci ogromną krzywdę. To nie scenariusz z filmu kryminalnego, ale sytuacja w której możesz się znaleźć także i w Polsce. Jak działają tabletki „gwałtu i rozboju”, co robić aby nie stać się kolejną ofiarą „zespołu” dziwnych zasnęć na imprezach — mamy nadzieję, że ten artykuł będzie Ci służył pomocą.

Różne oblicza leków dyskotekowych

Od lat 80. XX wieku obserwuje się stały wzrost zainteresowania tzw. lekami dyskotekowymi, w języku angielskim nazywanymi najczęściej *club-drugs*, *raves drugs* (od dużych imprez tanecznych, w których uczestniczą setki tysięcy osób), a nawet *recreational drugs*. Do najpopularniejszych związków dyskotekowych należą zarówno te, które działają silnie pobudzająco na ośrodkowy układ nerwowy — OUN (super-nakręcające, dopalacze) — amfetamina i jej pochodne, w tym szczególnie niebezpieczny ekstazy (MDMA), jak i hamujące funkcje OUN, żargonowo określane mianem dołowników — flunitrazepam, kwas γ -hydroksymasłowy (GHB) i jego prekursorzy, γ -butyrolakton (GBL) i 1,4-butanediol, oraz ketamina posiadająca dodatkowo działanie halucynogenne. Związki super-nakręcające zalewając mózg neurotransmiterami takimi jak dopamina, noradrenalina oraz serotonina, wywołują wzmożone samopoczucie aż do euforii, nadmierną pewność siebie, podwyższenie progu odczuwania zmęczenia i gwałtowny przypływ energii pozwalający na wielogodzinną zabawę non-stop. Jednak po wypłukaniu neuronów z neurotransmiterów czujemy się jak przysłowiowy balon, z którego uszło powietrze. Niskie dawki dołowników zmniejszają uczucie lęku i braku bezpieczeństwa, a odhamowując poprawiają nastrój, ułatwiają nawiązywanie kontaktów z nowymi osobami, podnoszą samoocenę, dają poczucie siły i wiary w to, że nie ma rzeczy niemożliwych do realizacji i zdobycia. Wzmacniają działanie alkoholu i marihuany. Po wyższych dawkach dołowników występuje oszołomienie i dezorientacja, niespójna mowa, senna, kilkugodzinna utrata świadomości z niepamięcią wsteczną. Przedawkowane wywołują depresję ośrodka oddechowego i mogą doprowadzić do zgonu. Część ze związków dyskotekowych produkuje się w prostych, wręcz prymitywnych warunkach, nawet w prywatnych mieszkaniach. Oprócz spodziewanej substancji czynnej zawierają one wiele zanieczyszczeń, często trudnych do zidentyfikowania, co pogłębia ryzyko zatrucia, w tym ze skutkiem śmiertelnym.

Dezorientacja, utrata kontroli nad własnym zachowaniem, bierność poddawanie się działaniom drugiej osoby i zaburzenia pamięci, które utrudniają lub wręcz uniemożliwiają identyfikację sprawców przestępstwa powodują, że dołowniki są także stosowane z zamiarem dokonania gwałtu lub kradzieży. W piśmiennictwie anglojęzycznym związki te nazywane są „date-rape drugs”, „acquaintance-rape drugs” — terminy trudne do przełożenia na język polski. W Polsce, w światku przestępczym związki te nazywane bywają pogardliwie „viagrą dla kobiet”. Wzrastające stosowanie GHB i flunitrazepamu w celach przestępczych doprowadziło do objęcia ich produkcji i sprzedaży obstrzeganiami prawnymi. W 1996 w Stanach Zjednoczonych bezwzględnie zakazano wypisywania recept, importu i sprzedaży flunitrazepamu, natomiast sprzedaż GHB jest ograniczona do bardzo ścisłych wskazań medycznych i objęta kontrolą. Zapis specjalnego aktu prawnego „Drug Induced Rape Prevention and Punishment Act of 1996” przestrzega, że podawanie komukolwiek bez jego zgody i wiedzy, świadomie i w celach przestępczych, środków pozostających pod kontrolą prawną jest zagrożone karą pozbawienia wolności do lat 20!

Jak działają tabletki gwałtu i rozboju?

Jako tabletki gwałtu i co raz częściej także rozboju stosuje się przede wszystkim dwa związki z grupy leków działających depresyjnie na OUN, tj. flunitrazepam i kwas γ -hydroksymasłowy (GHB).

Flunitrazepam (lek sprzedawany pod nazwą handlową Rohypnol[®]; na rynku przestępczym znany jako roofies) należy do grupy leków pochodnych benzodiazepiny. Lek ten wiążąc się ze specjalnym miejscem w kompleksie receptora GABA_A, nasilają działanie kwasu γ -aminomasłowego (GABA), endogennego neurotransmitera, który hamuje aktywność neuronów. Flunitrazepam wykazuje silne działanie uspokajające, nasenne, przeciwłękowe, przeciwdrgawkowe i zwiotczające mięśnie szkieletowe. W celach terapeutycznych jest stosowany jako lek nasenny (doustnie w dawkach 0,5–2 mg) i w premedykacji do znieczulenia ogólnego. W celach niemedycznych jest stosowany w postaci tabletek, oraz gnieciony, palony na folii aluminiowej i wdychany. Flunitrazepam dobrze rozpuszcza się w wodzie, nie ma smaku, ani zapachu, dlatego też łatwo może być podawany w napojach i drinkach bez wiedzy osób, na których planuje się dokonanie przestępstwa. Poza oszołomieniem powoduje dezorientację, silną senna, niepamięć wsteczną (ofiara ma poczucie, że „urwał jej się film”, nie pamięta, co działo się w ciągu ostatnich godzin), stąd też przyjęła się uliczna nazwa dla tego środka — tabletka zapomnienia. Czasami wywołuje gwałtowne i nieprzewidywalne agresywne zachowania. W kryminalistyce znane są przypadki napadów, kradzieży i rozbojów popełnione pod wpływem flunitrazepamu, których sprawcy nie pamiętali popełnionych czynów. Flunitrazepam po podaniu doust-

nym szybko się wchłania, a efekty jego działania pojawiają się po 20–30 minutach i utrzymują się nawet przez kilkanaście godzin. Może prowadzić do utraty świadomości i głębokiego snu trwającego kilka godzin. Depresyjne działanie flunitrazepamu na funkcje mózgu nasila alkohol. Lek jest szybko i intensywnie metabolizowany głównie do 7-aminoflunitrazepamu, około 90% metabolitów wydalana się z moczem. Krótki okres biologicznego półtrwania flunitrazepamu (15–30 godzin) i szybkość jego metabolizowania powodują, że wraz z upływem czasu coraz trudniej jest znaleźć lek i jego metabolity w próbach biologicznych. Metodami standardowymi flunitrazepam można wykryć we krwi do 24 godzin po podaniu, a w moczu zaledwie do 48 godzin. Na tym polu należy jednak odnotować duży postęp — metodą chromatografii gazowej z detekcją mas można wykryć nawet niewielkie, pikogramowe ilości flunitrazepamu i 7-aminoflunitrazepamu (np. we włosach) do 28 dni od czasu zażycia leku.

Drugim „lekiem dyskotekowym” wykorzystywanym dla celów przestępczych jest GHB, na rynku znany pod wieloma nazwami: G, liquid X (ciekły ekstazy), fantasy, blue verte, gorgia home boy, EZLay, bolidy harm. GHB jest krótkołańcuchowym kwasem tłuszczowym, który w niewielkich ilościach występuje naturalnie w naszym organizmie. Pełni rolę neuroprzekaźnika/neuromodulatora w mózgu, a swoje działania wywiera poprzez specyficzne receptory i dodatkowo receptory typu GABA. GHB próbowano stosować w leczeniu alkoholizmu, gdyż zmniejsza przymus poszukiwania i picia alkoholu oraz objawy abstynencji. Uzależnieni od amfetaminy i opioidów stosują go, aby przetrwać dzień. GHB ma działanie nasenne, a wywołany przez niego głęboki sen przypomina sen fizjologiczny i daje uczucie pełnego wypoczynku. Właściwości nasenne GHB (Xyrem®) są obecnie wykorzystywane, pod ścisłą kontrolą, w leczeniu narkolepsji. Nasilenie przez GHB uwalniania hormonu wzrostu z przysadki i zmniejszanie szybkości, z jaką organizm spala własne białka spowodowały, że do lat 90. był on stosowany jako środek zastępujący sterydy anaboliczne przez osoby chcące schudnąć bądź zwiększyć muskulaturę ciała. Jako dodatek do żywności był zatem powszechnie dostępny w sklepach z odżywkami dla kulturystów. Jednak prawdziwą „karierę” GHB zrobił jako lek dyskotekowy, chętnie łączony z alkoholem, marihuaną, ekstazą, amfetaminą lub ketaminą. Sól sodowa GHB najczęściej jest stosowana w postaci płynu (o lekko słonym smaku), rzadziej proszku. Lek szybko się wchłania i działa już po 5–15 min. W organizmie GBH podlega utlenieniu do semialdehydu bursztynowego, a następnie do kwasu bursztynowego, który wchodzi w cykl Krebsa przemian kwasów tłuszczowych. Główny metabolit GHB — dwutlenek węgla — jest wydalany z wydychanym powietrzem. Ze względu na bardzo szybki (okres biologicznego półtrwania 20–50 min.) metabolizm GHB we krwi można go wykryć do 8 godzin od zażycia, a w moczu tylko do 12 godzin! Działanie zależy od dawki i, co jest bardzo ważne, od równoległe stosowanych innych leków. Najbardziej niebezpieczne są interakcje z alkoholem, który zwalniając metabolizm GHB nasila jego działanie. Typowy roztwór „dyskotekowy” GHB zawiera 20% leku. W małych dawkach powoduje wyluzowanie i zmniejszenie lęku — czujemy się jak po jednym, dwóch drinkach, ale bez przymglenia umysłu typowego dla

alkoholu (a rano, jeżeli nie mieszałyśmy GHB z napojami alkoholowymi, nie mamy kaca), przestajemy być nieśmiali, łatwo nawiązujemy kontakty towarzyskie, lepiej odbieramy muzykę i wczuwamy się w jej rytm i nastrój, dobrze nam się tańczy (nawet wówczas, gdy poprzednio poruszaliśmy się z przysłowiowym wdziękiem słonia w składzie porcelany), roztaczamy wokół siebie aureę lwa/lwicy salonowej. W wyższych dawkach dochodzi jednak do zaburzeń koordynacji ruchowej, dezorientacji, mówimy bełkotliwie i chaotycznie, mamy uczucie splątania myśli, kręci nam się w głowie, widzimy dziwnie i przez mgłę, wreszcie zasypiamy na kilka godzin a po wybudzeniu się nie pamiętamy, co się z nami działo. GHB ma też opinię odurzającego afrodyzjaka, gdyż daje subiektywne odczucie zwiększenia libido. Będąc pod jego wpływem nieświadomie poddajemy się aktowi przemocy seksualnej. W wyniku toksycznego działania GHB mogą wystąpić drgawki, wymioty, zlewne poty, depresja ośrodka oddechowego. Opisywano zgony spowodowane zachłyśnięciami wymiotami. Najwięcej zatruc śmiertelnych to przypadki łącznego stosowania GHB i alkoholu. Dla GHB rozpiętość pomiędzy dawką dającą wyluzowanie a dawką stanowiącą poważne zagrożenie życia jest niewielka.

Zgony i nagłe przypadki medyczne spowodowane zażyciem tabletek gwałtu i rozboju są bardzo rzadko rozpoznawane i zgłaszane. Niemniej o skali tego zjawiska mogą chociażby świadczyć dane toksykologiczne z jednego ze szpitali w Wielkiej Brytanii, w którym w okresie od maja do grudnia 2005 roku odnotowano aż 5 zgonów z powodu przedawkowania tabletek gwałtu. W Polsce zaczynają się pojawiać doniesienia o gwałtach dokonanych z użyciem tych środków. Coraz częściej też słyszymy o przypadkach kradzieży na dyskotekach, gdzie ofiara została zniewolona przy pomocy leku. Poza tym należy pamiętać o tym że to, co modne w Stanach Zjednoczonych, czy Europie Zachodniej, bardzo szybko dociera do naszego kraju. O wzroście zainteresowania „tabletkami gwałtu i rozboju” świadczą chociażby upublicznione dane na temat przemytu. W 2001 roku policja udaremniła próbę przemytu dużych ilości flunitrazepamu, a w 2004 roku ogromne ilości tabletek zapomnienia ze wschodu.

W przeciwiństwie do USA, w Europie Zachodniej środki te nadal są bardzo łatwo dostępne, jednakże i tu podejmowane są kroki utrudniające ich przestępcze wykorzystanie. W krajach europejskich najczęściej jako tabletki gwałtu stosuje się flunitrazepam. Tabletki rohypnolu (lek, w którym substancją aktywną jest flunitrazepam), przed 1997 rokiem miały biały kolor, posiadały 1 lub 2 krzyżujące się wgłębienia po jednej stronie i logo koncernu ROCHE po drugiej stronie. Po kilku latach, aby ograniczyć skalę przestępczego wykorzystywania leku koncern Hoffman -la Roche postanowił wprowadzić różnego rodzaju utrudnienia, np. zmniejszając ilość substancji czynnej z 2 mg na 0,5 mg i dodając do tabletek barwnik, który po rozpuszczeniu tabletki w płynie (drinku, koktajlu) zabarwi go na kolor niebieski, oraz substancję powodującą po rozpuszczeniu zmętnienie roztworu.

Jak ustrzec się przed „lekami gwałtu i rozboju”?

Przede wszystkim musimy sobie zdawać z tego, że leki te pojawiają się nie tylko na ekranach w rękach pseudo-ma-

cho, ale również mogą podstępnie być wykorzystane przeciwko nam przez nowo poznanego (najczęściej), sympatycznego, nieśmiałego partnera zabawy. Pamiętajmy, że początkowo efekt ich działania nie różni się od „zwykłego” odurzenia alkoholowego. Dopiero potem, kiedy ofiara poczuje, że coś jest nie tak i ma zaburzenia świadomości częściej jest już za późno na jakąkolwiek reakcję. Nie jest w stanie logicznie myśleć, wołać o pomoc. Bezwolna i bezsilna, biernie poddaje się działaniu napastnika. Gdy dochodzi do siebie nie jest w stanie przypomnieć sobie, co się wydarzyło. Gdy oprzytomnieje i skojarzy nieliczne pozostałe w jej pamięci fragmenty wydarzeń poprzedniej nocy, może być już za późno na ustalenie przebiegu napadu, zebranie materiału dowodowego przez policję. Prawdopodobnie trudno nawet będzie ustalić, co ofierze podano, bo jak wiadomo flunitrazepam i GHB są szybko metabolizowane i szansa ich wykrycia w próbach biologicznych maleje z każdą godziną. Poza tym ofiara napadu często czuje się oszołomiona, zszokowana tym, co się stało, nie jest zdolna racjonalnie myśleć, a w przypadku gwałtu uczucie wstydu i poniżenia dodatkowo zniechęcają i powstrzymują ją przed zgłoszeniem się na policję.

Zabrzmie to banalnie, ale najważniejszą bronią w walce z przestępcami stosującymi farmakologiczne metody zniewolenia jest WIEDZA i OSTROŻNOŚĆ!

Idziesz na imprezę? Pamiętaj o bezwzględnych przestrzeganiu następujących zasad:

— Bierz udział w imprezach razem z osobą towarzyszącą lub w grupie znajomych, nigdy nie chodź na nie w pojedynkę.

— Miej swego anioła stróża — to ten z przyjaciół, który będzie trzeźwy, rzuci okiem na sytuację, a w razie potrzeby zainterweniuje.

— Gdy zobaczysz u kogoś mały pojemnik, taki jak hotelowe jednorazówki na szampon czy żel do kąpieli, bądź czujna — w takich opakowaniach często na imprezy przyoszony jest GHB.

— Nie przyjmuj drinków od obcych osób, uważaj też na kelnerów i barmanów.

— Unikaj wymieniania się szklankami, picia jednego napoju razem.

— Jeśli to możliwe pij tylko z butelki otwieranej własnoręcznie lub w twojej obecności — do niej trudniej coś dosypać czy dolać niż do kieliszka lub szklanki.

— Nie zostawiaj swojego niedopitego piwa, drinka, soku, wody mineralnej. Jeśli spuściłaś go z oczu, więcej go nie pij. Kiedy musisz wyjść, zabierz ze sobą.

— Nie dawaj nikomu swoich drinków do popilnowania.

— Nie pij niczego, co ma podejrzaną smak, zapach lub kolor.

— Kontroluj to, co się dzieje z tobą i wokół ciebie. Jeśli opuszczasz imprezę z kimś nowo poznany, daj znać przyjaciółom, zostaw namiary.

— Jeśli jednak nagle poczujesz się dziwnie natychmiast wyjdź z imprezy, ale w towarzystwie znanych ci osób. Nie przyjmuj pomocy od obcych osób, nawet wówczas, gdy sprawiają wrażenie bardzo życzliwych i przyjaznych.

— Jeśli jednak zdarzy się coś złego, jak najszybciej to zgłoś na policję. Szybka reakcja może pomóc w ujęciu przestępców, często działają oni grupami, w określonych miejscach.

To jest takie proste. Pamiętaj, czujność i ostrożność mogą pomóc ci w uniknięciu dramatu, który wryje się głęboko w twoją psychikę i pamięć.

Wpłynęło 28.03.2007

Mgr Anna Janocha, biochemik, pracuje w Centrum Biologii Medycznej PAN w Łodzi.

Prof. Jolanta B. Zawilska, farmakolog, pracuje w Centrum Biologii Medycznej PAN w Łodzi i w Zakładzie Farmakodynamiki Uniwersytetu Medycznego w Łodzi.
jzawilska@pharm.am.lodz.pl

Piotr KLIMEK, Grzegorz KOŁODZIEJAK (Kraków)

MOŻLIWOŚĆ WYKORZYSTANIA POTENCJAŁU GAZOWEGO SKŁADOWISK ODPADÓW KOMUNALNYCH



Streszczenie

Odpady komunalne zawierają substancje organiczne, które po zdeponowaniu na składowisku ulegają przede wszystkim rozkładowi beztlenowemu. Prowadzi to do powstawania dużych ilości niebezpiecznego dla środowiska gazu składowiskowego, którego głównymi składnikami są metan i dwutlenek węgla. Ponieważ biogaz posiada znaczny potencjał energetycznym istnieje, zatem możliwość jego wykorzystania jako alternatywne źródło energii. Jednocześnie pojawia się problem oszacowania ilości gazu, jaką możemy pozyskać. W artykule przedstawiono obliczenia produktywności gazowej składowiska odpadów komunalnych w oparciu o modele matematyczne. Obliczenia modelowe porównano z wynikami testów przeprowadzonych w

warunkach rzeczywistych, co pozwoliło na określenie proporcji pomiędzy teoretycznym strumieniem objętości gazu wytwarzanego przez złożę odpadów a rzeczywistą ilością gazu możliwą do odebrania przez instalację degazacyjną.

Wstęp

Powstawanie gazu składowiskowego jest procesem stosunkowo dobrze poznany pod względem mechanizmu. Na przebieg procesu powstawania gazu wpływa jednak tak dużo czynników, że w zmieniających się w dużym zakresie warunkach składowiska teoretyczne określenie szybkości procesu jest bardzo skomplikowane. Powstający na składowiskach odpadów komunalnych gaz stanowi z jednej strony zagrożenie dla jakości powietrza atmosferycznego, z dru-

giej zaś jest źródłem potencjalnych korzyści energetycznych. Zgodnie z Dyrektywą Unii Europejskiej z 1999 roku, a także przepisami obowiązującymi w Polsce od 2003 roku, składowiska odpadów komunalnych należy wyposażać w instalacje odgazowania, dzięki którym ujmowany gaz po oczyszczeniu należy wykorzystać do celów energetycznych lub w ostateczności poddać spalaniu w pochodni.

Zarówno dla oceny zagrożeń środowiskowych związanych z emisją gazu, jak i dla prawidłowego zaprojektowania instalacji odbioru i utylizacji biogazu niezbędna jest miarodajna prognoza ilości i czasowej zmienności produkowanego biogazu. Prognozy takie, ze względu na koszt badań oraz złożoność i długotrwałość procesów rozkładu odpadów, opracowywane są na podstawie modelowania matematycznego.

Modele emisji gazu składowiskowego jako narzędzie do prognozowania produktywności gazowej składowisk

W szacunkowych obliczeniach wykorzystywane są różne modele kinetyczne rozkładu substancji organicznych, a algorytmy, ze względu na trudności uzyskania odpowiednich informacji, zawierają zwykle znaczną ilość założeń upraszczających. Ponieważ aktualnie w wielu krajach UE wymagana jest ocena i składanie sprawozdań na temat niezorganizowanej emisji metanu ze składowisk opracowywane są tam własne modele, w oparciu, o które wyliczane są emisje. I tak np.:

- we Francji oficjalną metodą jest model ADEME;
- w Wielkiej Brytanii stosowana jest metoda oparta na oprogramowaniu GasSim;
- w USA obowiązuje metoda US EPA wykorzystująca oprogramowanie LandGEM;
- w Holandii stosowany jest wielofazowy model NV Afvalzorg;
- w wielu krajach stosowana jest międzynarodowa metoda opisana w wytycznych IPCC (Wytycznych Międzynarodowego Panelu na temat Zmian Klimatu).

W artykule w szczególności zwrócono uwagę na model, opracowany przez Instytut Górnictwa Naftowego i Gazownictwa w Krakowie¹ (model IGNIG), który stanowi znaczne rozwinięcie metody kinetycznej US EPA. Bazuje on na modelu kinetycznym I rzędu i uwzględnia odpady podzielone na cztery kategorie. Rozwinięcie polega na przypisaniu poszczególnym kategoriom odpadów organicznych zróżnicowanego czasu połowicznego rozpadu $t_{1/2}$.

Kategoria odpadów	Czas półrozpadu
A – papier, tekstylia	$\tau_A = 10$ lat
B – odpady ogrodnicze, parkowe i inne (poza żywnościowymi)	$\tau_B = 6$ lat
C – odpady żywności	$\tau_C = 3$ lata
D – odpady drzewne i paszowe (z wyłączeniem ligniny)	$\tau_D = 15$ lat

Prognoza produktywności gazowej składowiska poddanego badaniom testowym

Do przeprowadzenia obliczeń modelowych niezbędna jest baza danych o odpadach i składowisku. Przyjmowane do obliczeń założenia, różne w przypadku kolejnych mode-

li, wielokrotnie nieoddające rzeczywistych warunków panujących na składowisku powodują, że wyniki uzyskane przy pomocy różnych modeli znacznie odbiegają od siebie.

Opis obiektu wykorzystanego do badań testowych

Obiektem wybranym do przeprowadzania badań było składowisko odpadów komunalnych, na którym zdeponowano ponad 2 500 000 Mg odpadów. Powierzchnia składowiska wynosi około 36 hektarów i podzielona jest na trzy sektory. W każdym sektorze składowiska wykonano niezależnie działające instalacje odgazowania.

Tab. 1. Opis systemu odgazowania

Sektor	Powierzchnia	Sposób odgazowania	Stan
Sektor A	12 ha	41 studni	zamknięty od 1992 r.
Sektor B	13 ha	44 studnie, 8 rurociągów horyzontalnych	zamknięty od 2005 r.
Sektor C	11 ha	gaz nie jest odbierany	aktualnie eksploatowany

Gaz składowiskowy odbierany obecnie zasila 3 bloki energetyczne o łącznej mocy 875 kW_e.

Prognoza produktywności gazowej składowiska odpadów komunalnych określona przy wykorzystaniu modeli IPCC, EPA i IGNIG

Tab. 2. Założenia do obliczeń modelowych

Parametr	Podstawowy model IPCC	Model EPA	Model IGNIG
Sumaryczna ilość odpadów zdeponowanych na składowisku	2 635 357 Mg	2 635 357 Mg	2 635 357 Mg
Okres objęty prognozą	1992 - 2042	1992 - 2042	1992 - 2042
F - udział objętościowy metanu w gazie	0,5	0,5	0,5
MCF - współczynnik korekcyjny produktywności metanu	1	1	1
Składnik (A)	30 %	30 %	30 %
Składnik (B)	0 %	0 %	0 %
Składnik (C)	19 %	19 %	19 %
Składnik (D)	1%	1%	1%
conv (A)	0,4	-	0,4
conv (B)	0,17	-	0,17
conv (C)	0,15	-	0,15
conv (D)	0,3	-	0,3
τ_A (A)	-	-	10
τ_B (B)	-	-	6
τ_C (C)	-	-	3
τ_D (D)	-	-	15
DOCF - współczynnik rozkładu węgla organicznego.	0,77	-	0,77
LO - potencjał wytwarzania metanu z odpadów komunalnych	-	170 Nm ³ /Mg	-
k - stała szybkości tworzenia metanu	-	0,05	-

¹ Instytut Górnictwa Naftowego i Gazownictwa — od 1 lutego 2004 r. pod nazwą: Instytut Nafty i Gazu

Tab. 3. Wyniki symulacji

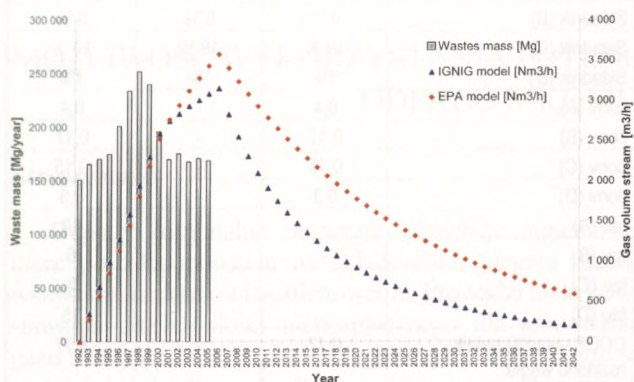
Rok	Model EPA [Nm ³ /h]	Model IGNIG [Nm ³ /h]
1992	0	0
1996	1 137	1 277
1998	1 813	1 943
2000	2 526	2 590
2004	3 279	3 007
2006	3154	3579
2010	2 930	2 098
2015	2 282	1 360
2020	1 777	924
2025	1 384	643
2030	1 078	452
2035	840	320
2040	654	227
2042	592	198

Weryfikacja prognoz produktywności gazowej

W celu weryfikacji obliczeń produktywności gazowej składowiska wykonanych za pomocą modeli, w 2006 roku przeprowadzono testy dynamicznego (podciśnieniowego) pomiaru ilości odbieranego gazu. Badania przeprowadzono na drugiej części składowiska (sektorze B). W celu określenia rzeczywistego strumienia objętości gazu możliwego do uzyskania wytypowano 8 punktów poboru gazu i dla każdego z osobna przeprowadzono testy dynamicznego odbioru gazu. Przykładowe wyniki pomiarów zestawiono w tabelicy 4.

Tab. 4. Wyniki testów dynamicznego odbioru gazu z jednej ze studni

Czas [godziny]	Ciśnienie odbioru [kPa]	Strumień objętości [Nm ³ /h]	CH ₄ [%]	CO ₂ [%]	O ₂ [%]
0	-	-	58.8	39.1	0.0
1	-9.0	34.8	58.7	40.1	0.0
2	-9.0	34.8	58.2	39.7	0.0
4	-9.0	32.8	57.4	40.0	0.0
5	-14.6	42.6	54.9	38.9	0.0
7	-14.5	42.6	55.0	39.1	0.3
10	-14.6	42.6	52.7	37.9	0.2
12	-20.2	49.8	50.8	39.6	1.0
14	-20.1	49.8	51.7	35.9	0.8



Ryc. 1. Wykres produktywności gazowej sektora B składowiska

Analizując uzyskane wyniki badań stwierdzono, że średni strumień objętości gazu uzyskiwany z poszczególnych punktów wynosił w przybliżeniu 34 Nm³/h.

W sektorze B składowiska zainstalowanych jest 52 punkty odbioru gazu.

Przy założeniu średniej wydajności z poszczególnych punktów poboru gazu (34 Nm³/h) strumień objętości gazu (o średniej zawartości metanu 60 %) możliwy do uzyskania w roku 2006 z drugiej części składowiska wynosi 1768 Nm³/h.

Tab. 5. Zestawienie wyników obliczeń oraz wyników otrzymanych na podstawie pomiarów

Rok	Rzeczywisty strumień objętości gazu o stęż. 60%CH ₄ [Nm ³ /h]	Rzeczywisty strumień objętości gazu o stęż. 50%CH ₄ [Nm ³ /h]	Strumień objętości wyliczony według modelu IGNIG (50%CH ₄) [Nm ³ /h]	Strumień objętości wyliczony według modelu EPA (50%CH ₄) [Nm ³ /h]
2006	1768	2121	3154	3579

Strumień objętości gazu uzyskany w trakcie testów podciśnieniowego odbioru gazu ze składowiska stanowi:

- 59 % strumienia objętości wyliczonego za pomocą modelu EPA;
- 67 % strumienia objętości wyliczonego za pomocą modelu IGNIG.

W określaniu produktywności gazowej składowiska oparcie się jedynie na wyliczeniach modelowych może prowadzić do niewłaściwych wniosków. Modele do obliczania produktywności gazowej składowiska wymagają dokładnych danych wejściowych opartych przede wszystkim na prowadzonej ewidencji deponowanych na składowisku odpadów. W przypadku braku danych o rzeczywistej ilości oraz składzie morfologicznym składowanych odpadów, do obliczeń powinno się stosować dane statystyczne. Osiągnięte w ten sposób wyniki mogą jedynie przybliżyć charakterystykę produktywności gazowej.

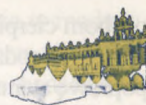
Weryfikacja danych otrzymanych z modelowania na drodze prowadzonego testu aktywnego odbioru pozwala uzyskać wartości dotyczące możliwości odzysku gazu — wykorzystania potencjału gazowego składowiska.

Zastosowanie dodatkowych zmiennych w modelu IGNIG umożliwia uzyskanie szacunków bardziej zbliżonych do rzeczywistości, co potwierdziły wyniki testów przeprowadzonych na wytypowanym składowisku.

Wpłynęło 20.04.2007

Piotr Klimek i Grzegorz Kołodziejak są pracownikami Zakładu Technologii Energii Odnawialnych w Instytucie Nafty i Gazu w Krakowie. Aktualnie zajmują się problematyką energetycznego wykorzystania biogazu, w tym gazu składowiskowego, poprzez aktywny udział w realizacji projektów CENCON (www.cencon.eu) i REDUBAR (www.redubar.eu) realizowanych w ramach europejskich programów INTERREG oraz INTELIGENTNA ENERGIA DLA EUROPY
e-mail: kolodziejak@inig.pl, klimek@inig.pl

Justyna ŁABUZ, Olga SZTATELMAN, Maciej SZURYN, Anna ZAJĄC Adrian ZARĘBSKI (Kraków)



CO NOWEGO W BIOTECHNOLOGII

Festiwal Nauki to wspaniała okazja do spotkań, rozmów i dyskusji między studentami, doktorantami i naukowcami a wszystkimi ciekawskimi, którzy w tych dniach zawitają na Krakowski Rynek. Co pokażemy w tym roku? Program będzie bardzo różnorodny — i mamy nadzieję, że każdy znajdzie tu coś ciekawego dla siebie. Zaprezentujemy szereg biochemicznych doświadczeń związanych z żywieniem, na przykład takich, które pozwolą odpowiedzieć na pytania gdzie znaleźć witaminę C i jak się z nią obchodzić, aby pozostała antyoksydantem. Dlaczego nadmiar nawozów jest szkodliwy dla zdrowia? Jak rozpoznać prawdziwy miód? Jak działają enzymy zawarte w ślinie — udowodnimy, że warto przeżuwać!

Pokażemy jak biotechnologia wychodzi na przeciw medycynie — jak ratunkiem dla oparzonego pacjenta może być hodowla komórek jego własnej skóry. Przedstawimy zadziwiające reakcje oscylacyjne, które być może zapoczątkowały ewolucję prebiotyczną. Każdy będzie mógł naprawdę zobaczyć gołym okiem nić DNA, a także dowiedzieć się jak obecnie ustala się ojcostwo ze stuprocentową pewnością.

Opowiemy także o tych zagadnieniach, które niepokoją wielu ludzi np. o zagrożeniu atakami bioterrorystycznymi i o tym czy i w jaki sposób potrafimy się chronić i zabezpieczyć przed bronią biologiczną.

Co to jest sepsa

Niestety śmiertelne drobnoustroje potrafią atakować nawet bez pomocy bioterrorystów — stąd ostatnio głośno o sepsie (posocznicy). To także temat, który będziemy prezentować na Festiwalu. **Sepsa, to bardzo silna reakcja zapalna organizmu** na rozwijające się zakażenie, manifestujące się często obecnością drobnoustroju chorobotwórczego w krwi pacjenta. Przyczyną sepsy, zwanej również posocznicą, mogą być zarówno bakterie jak i wirusy, pasożyty czy grzyby. Do rozwoju sepsy dochodzi często, gdy organizm ma obniżoną odporność. Drobnoustroje, które zwykle powodują miejscowe zapalenie, na przykład zapalenie gardła, zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych, zapalenie płuc, czy też nawet te bakterie, z którymi na co dzień współżyjemy (jesteśmy ich nosicielami) i które normalnie nie wywołują żadnych objawów chorobowych mogą wówczas przełamywać bariery układu odpornościowego (ryc. 1), trafiać do krwi i wywoływać uogólnione zakażenie. Warto pamiętać, że **sepsa nie jest osobną chorobą** — nie można zarazić się sepsą a tylko drobnoustrojami, które powodując chorobę zakaźną mogą wywołać sepsę. Podobnie jest ze szczepionkami — istnieją szczepionki przeciw konkretnym bakteriom i wirusom, natomiast **nie można zaszczyć się na sepsę**.

W wyniku sepsy może dojść do uszkodzeń wielu narządów. Dysfunkcja jednego układu w organizmie człowieka prowadzi do zaburzeń działania innych systemów, co sprawia, że przy zaawansowanej sepsie dochodzi

do tak zwanej niewydolności wielonarządowej, która może prowadzić do śmierci pacjenta.

Wśród bakterii, które mogą być przyczyną posocznicy, a których efekty działania na komórki człowieka będziemy prezentować podczas Festiwalu Nauki, znajduje się gronkowiec złocisty *Staphylococcus aureus*. Ten gatunek bakterii jest „wszędobylski” — występuje w powietrzu, wodzie, ściekach, ale także w organizmie zwierząt i ludzi, głównie na skórze i w jamie nosowo-gardłowej. Około 50% ludzi jest jego nosicielami. Gronkowiec jest przyczyną większości ropnych zmian występujących u człowieka. Uogólnione zakażenie gronkowcem, następujące najczęściej w wyniku obniżonej odporności organizmu, może prowadzić do rozwoju sepsy.

Innymi drobnoustrojami, często powodującymi sepsę, są meningokoki *Neisseria meningitidis*, czyli bakterie zapalenia opon mózgowo-rdzeniowych. Nosicielami tej bakterii, żyjącej w jamie nosowo-gardłowej jest około 10–20% zdrowych ludzi. Gdy jednak dochodzi do sepsy i meningokoki przedostają się do krwi, szybko się rozprzestrzeniają prowadząc do osłabienia serca oraz do rozległych krwawień podskórnych i krwotoków do narządów wewnętrznych, co w czasie zaledwie kilku godzin może doprowadzić do śmierci pacjenta.

Jak rozpoznać sepsę? Niestety nie jest to proste zadanie, ponieważ objawy są ogólne: zwykle (choć nie zawsze!) wysoka gorączka, której towarzyszy szybkie bicie serca i przyspieszenie oddechu, ogólne osłabienie organizmu oraz specyficzne objawy zakażenia drobnoustrojami, które wywołały sepsę.

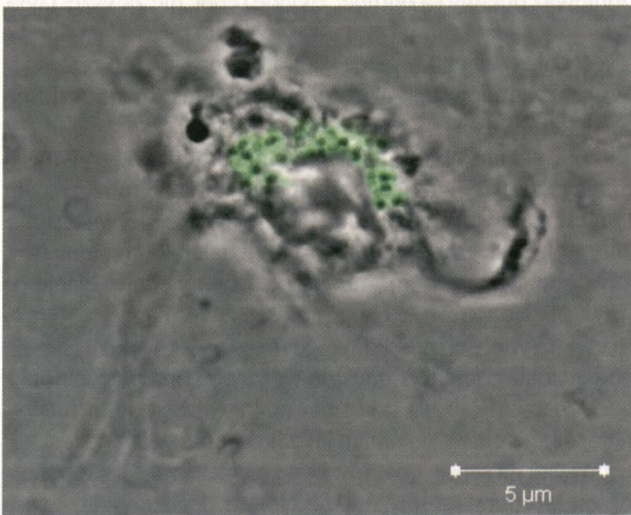
W leczeniu sepsy podstawowe znaczenie odgrywa eliminacja zakażenia z jednoczesnym objawowym leczeniem innych zaburzeń. Pacjentom podaje się przede wszystkim antybiotyki, często o bardzo silnym działaniu oraz inne leki, które pozwalają m.in. utrzymać odpowiednie ciśnienie krwi. Niejednokrotnie chorzy na sepsę wymagają podtrzymania czynności narządów co często sprowadza się do podłączenia pacjenta do respiratora z powodu problemów z oddychaniem lub do sztucznej nerki w przypadku niewydolności nerek. W ostatnich latach obserwuje się wzrost zachorowań na sepsę, co może być związane z rosnącą odpornością drobnoustrojów na antybiotyki. I choć wciąż sepsa jest śmiertelna dla blisko 50% chorych, u których ją zdiagnozowano, to jednak lekarze i naukowcy nie poddają się — wciąż szukają nowych sposobów terapii i nowych leków pozwalających skutecznie z nią walczyć.

Terapia genowa

Hasło „terapia genowa” jest modne od kilku lat i wszystkim kojarzy się z nowoczesną medycyną. Niewiele jednak osób potrafi odpowiedzieć na pytanie czym tak naprawdę będzie terapia genowa, na ile jest realną metodą i do leczenia jakich chorób można będzie potencjalnie ją wykorzystywać. Termin „terapia genowa” jest chyba najlepiej znany

osobom cierpiącym z powodu chorób o podłożu genetycznym i ich rodzinom — ludziom, którzy jedyną nadzieję na poprawę stanu zdrowia, a często na przeżycie, pokładają w szybkim rozwoju tej dziedziny medycyny.

DNA — zawarty w jądrach komórek łańcuch zbudowany z powtarzających się cegiełek — nukleotydów, decyduje zarówno o naszym wyglądzie, jak również o funkcjonowaniu naszego organizmu. Odcinki DNA — geny — w złożonym procesie przepisane są na białka. To właśnie białka budują nasz organizm oraz regulują wszystkie zachodzące w nim procesy. Czasami w obrębie DNA dochodzi do zmian zwanych mutacjami. Zmiany te mogą mieć formę mutacji punktowych — zmian pojedynczych nukleotydów na inne, delecji — wypadnięcia czy insercji — wstawienia krótkich fragmentów do regionów kodujących białko. W wyniku mutacji powstają zmienione, niefunkcjonalne białka, co z kolei prowadzi do zaburzeń w podstawowych funkcjach komórek i wystąpienia objawów chorobowych. **Choroby spowodowane mutacjami zwane są chorobami genetycznymi.** Są one dziedziczone od rodziców — nosicieli mutacji, lub pojawiają się spontanicznie. Najczęstszą chorobą genetyczną występującą średnio 1 na 2500 urodzeń jest mukowiscydoza — choroba charakteryzująca się gromadzeniem wydzieliny śluzowej w płucach, a spowodowana defektem w funkcjonowaniu kanału chlorkowego. Często występuje też fenyloketonuria — choroba metaboliczna polegająca na niemożności rozkładu aminokwasu fenyloalaniny. Z kolei talasemie czy anemia sierpowata to choroby krwi, polegające na defektach w strukturze hemoglobiny i w konsekwencji prowadzące do powstania niefunkcjonalnych erytrocytów.



Ryc. 1. Pierwsza linia obrony przed zakażeniem. Komórka układu odpornościowego, makrofag, pochłonięła bakterie *Staphylococcus aureus* wybarwione zielonym znacznikiem fluorescencyjnym. Gdy ta linia obrony zawodzi, może dojść do sepsy (dzięki uprzejmości Małgorzaty Kubicy, doktorantki w Zakładzie Mikrobiologii WBBB).

Inną grupą mutacji prowadzących do wystąpienia chorób genetycznych są tzw. mutacje dynamiczne, czyli wielokrotnienia w obrębie genów trinukleotydomotywów powtórzonych. Takie sekwencje składające się z ułożonych jeden za drugim, wielokrotnie powtórzonych motywów trinukleotydomotywów, np. CAG, są powszechne w DNA. U zdrowych osób może ich być ok. 30. Z nieznanych jednak przyczyn, u niektórych osób liczba powtórzeń tych zwią-

sza się do 35 i więcej, prowadząc do poważnych schorzeń. Przykładami takich chorób są atakująca ośrodkowy układ nerwowy płasawica Huntingtona, objawiająca się niekontrolowanymi ruchami i upośledzeniem umysłowym, bądź też dystrofia miotoniczna prowadząca do zaniku mięśni.

Odrębną grupą mutacji są aberracje chromosomowe — defekty w liczbie lub strukturze chromosomów. Chromosomy to uorganizowane struktury składające się z długich cząsteczek DNA i białek strukturalnych. Najczęstszą chorobą tej grupy jest trisomia chromosomu 21, czyli zespół Downa.

Należy również wspomnieć, że choroby nowotworowe, plaga XXI wieku, to również choroby o podłożu genetycznym. Są one najczęściej spowodowane mutacjami genów regulujących procesy podziałów i różnicowania komórek. W przypadku nowotworów dochodzi zwykle do całego szeregu zmian i najczęściej trudno jest wskazać pojedynczy gen, którego mutacja odpowiedzialna jest za wystąpienie choroby.

Choroby genetyczne diagnozuje się z wykorzystaniem całego szeregu metod opartych na amplifikacji określonych genów i identyfikacji występujących w nich zmian. Coraz większą popularnością cieszą się też testy diagnostyczne umożliwiające oszacowanie rodzinnych predyspozycji do wystąpienia określonych chorób genetycznych. Na Festiwalu Nauki zaprezentujemy Państwu niektóre metody stosowane w laboratoriach diagnostycznych do rozpoznania schorzeń o podłożu genetycznym.

Obecnie nie ma możliwości leczenia chorób genetycznych, a wszelka terapia opiera się na zapobieganiu skutkom mutacji, a nie skorygowaniu zmutowanego genu. Na przykład w fenyloketonurii, odpowiednio wcześniej zastosowana niskofenyloalaninowa dieta znacznie poprawia jakość życia pacjentów, ale przyczyna choroby, mutacja w genie odpowiedzialnym za przekształcanie fenyloalaniny do tyrozyny, pozostaje niezmienną.

Wielką nadzieją w leczeniu chorób genetycznych wydaje się być **terapia genowa.** W swym założeniu polega ona na zahamowaniu ekspresji genu zmutowanego, bądź też zastąpieniu genu z mutacją, genem prawidłowym. Efektem będzie więc bezpośrednia naprawa podłoża choroby. Jak dostarczyć terapeutyczny gen (czyli gen prawidłowy) do komórek organizmu? Tu z pomocą przychodzą nam wirusy. Dzięki ich naturalnym zdolnościom do infekowania komórek i łatwości wyprodukowania ich w dużych ilościach, można wykorzystywać je jako nośniki genów terapeutycznych czyli tzw. wektory. Wirusy odpowiednio modyfikuje się zastępując wirusowe geny wywołujące cechy chorobotwórcze i pozwalające namnażać się w ludzkich komórkach, ludzkimi genami terapeutycznymi.

Prosta w swych założeniach terapia genowa jest na razie w fazie prób, pierwszych sukcesów, ale też porażek. Ostatnie doniesienia o jej zastosowaniach są jednak bardzo obiecujące. Najbliższa przyszłość pokaże, czy przy pomocy genetyki molekularnej i nowoczesnej biotechnologii uda nam się wygrać z nieuleczalnymi do dziś chorobami.

Rośliny transgeniczne

Innym zagadnieniem, które od wielu już lat wzbudza kontrowersje a czasem gorące dyskusje są organizmy genetycznie modyfikowane, a szczególnie rośliny genetycznie modyfikowane, które teoretycznie mogą pewnego dnia za-

witać na nasze stoły. Czy powinniśmy się bać roślin transgenicznych?

Terminem „rośliny modyfikowane genetycznie” (GMO) określa się rośliny stworzone przy użyciu technik inżynierii genetycznej. Gdyby jednak termin ten rozszerzyć na wszystkie rośliny o genotypie innym od naturalnie występujących okazałoby się, że praktycznie wszystkie rośliny uprawne są organizmami „genetycznie modyfikowanymi”, gdyż znacznie różnią się od swoich dzikich przodków. Od początków rolnictwa człowiek dokonywał „genetycznych modyfikacji” gatunków uprawnych drogą krzyżowania i selekcji, a od XX wieku metodami mutagenety. Efektem tego jest powstanie odmian o cechach znacznie odbiegających od wyjściowych organizmów i często znacząco różniących się między sobą. Skrajnym przykładem jest tu gatunek *Brassica oleracea* czyli kapusta warzywna, którego różne odmiany to: kapusta głowiasta (biała i czerwona), jarmuż, kalarepa, brukselka, kalafior i brokuł (ryc. 2).



Ryc. 2. Różne odmiany kapusty warzywniej *Brassica oleracea* wyselekcjonowane tradycyjnymi metodami wykazują zadziwiającą różnorodność form

Stosowanie inżynierii genetycznej do wprowadzania genów innych gatunków (transgenów) do komórek roślinnych jest efektywną metodą modyfikacji i ulepszania roślin. W wielu laboratoriach na świecie prowadzi się obecnie badania nad różnorodnymi możliwościami wykorzystania tej techniki. Ważnym zastosowaniem komercyjnym jest poprawa produktywności roślin uprawnych poprzez zwiększenie tolerancji na stres, skrócenie czasu dojrzewania owoców, uzyskanie oporności na choroby, szkodniki lub herbicydy. Inżynieria genetyczna jest także stosowana do tworzenia roślin produkujących określone substancje chemiczne, wśród których można wymienić witaminy, biodegrado-

walne plastiki czy białka mające zastosowania w medycynie (np. przeciwciała monoklonalne). Zwłaszcza ten ostatni punkt cieszy się sporym zainteresowaniem badaczy, ze względu na wiele zalet leków produkowanych w roślinach. Należą do nich między innymi: niska cena produkcji, brak możliwości zakażenia odzwierzęcymi patogenami oraz łatwości uzyskania w pełni funkcjonalnych białek. GMO to również cenne narzędzia w pracy badawczej. Dzięki możliwości modyfikacji lub inaktywacji wybranych genów, rośliny transgeniczne znajdują szerokie zastosowanie w badaniu funkcji genów i kodowanych przez nie białek.

W dyskusjach dotyczących roślin transgenicznych pojawiają się pewne kontrowersyjne opinie i obawy. Głównymi argumentami przeciwników GMO są: możliwość rozprzestrzeniania się transgenów wśród dzikich roślin, potencjalna alergenicność czy przedostanie się do środowiska genów oporności na antybiotyki stosowanych jako czynnik selekcyjny. Rozwój biotechnologii roślin doprowadził do opracowania metod eliminujących lub minimalizujących ewentualne zagrożenia. Jednym ze sposobów redukcji rozprzestrzeniania się transgenów jest wprowadzanie do upraw roślin nie produkujących pyłku. Ryzyko wystąpienia alergii jest niewielkie, gdyż rośliny transgeniczne są bardzo dokładnie badane pod tym kątem zanim trafią na rynek. Obecnie dopuszczone do obrotu w UE rośliny transgeniczne nie posiadają genów oporności na antybiotyki, co eliminuje trzeci z omawianych problemów.

Wbrew obiegowym opiniom nie można wszystkich roślin transgenicznych „wrzucić do jednego worka”. Każdą modyfikację, jej ewentualne konsekwencje i bezpieczeństwo należy rozpatrywać indywidualnie.

Podczas Festiwalu Nauki postaramy się przedstawić naszym gościom powyższe zagadnienia i dostarczyć impulsu do zastanowienia się czy należy się bać roślin transgenicznych?

Serdecznie zapraszamy na ciekawe pokazy i dyskusje.

Wpłynęło 14.04.2007

Mgr Justyna Łabuz, mgr Olga Sztatelman i mgr Maciej Szuryn są doktorantami Zakładu Fizjologii i Biochemii Roślin; Anna Zajac jest magistrantką Zakładu Immunologii, a dr Adrian Zarębski pracuje w Zakładzie Biochemii Komórki na Wydziale Biochemii, Biofizyki i Biotechnologii Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie
Wkład wszystkich autorów jest równocenny

Barbara MAŁECKA (Kraków)



NANOTECHNOLOGIE I NANOPRODUKTY

Pojęcie nanotechnologii weszło już na stałe do języka technicznego. Mianem tym określa się, w najszerszym znaczeniu, obszar nauk stosowanych zajmujących się wytwarzaniem materiałów o nowych, atrakcyjnych właściwościach dzięki kontrolowaniu ich struktury na poziomie nanoskali (wymiary poniżej 100 nanometrów). Naukownicy przewidują, że rozwój nanotechnologii będzie miał znaczący wpływ na przemysł, ochronę zdrowia, rozwój ekonomiczny i społeczny a także na środowisko. Już dzisiaj pokłada się wielkie nadzieje w wykorzystaniu nanotechnologii do obniżenia zużycia energii, zapewnienia czystej wody dla całego świata, poprawy zdrowia i jakości życia ludzi, ochrony środowiska i upowszechnienia dostępu do informacji.

Sumaryczne światowe nakłady na badania w obrębie nanonauk w 2005 roku osiągnęły kwotę blisko 10 miliardów dolarów, a wartość produkcji wyrobów wykorzystujących nanotechnologie wyniosła około 15 miliardów dolarów. Przewiduje się, że do 2015 roku wartość światowej produkcji wzrośnie do około 1 biliona dolarów.

W produktach nanotechnologii wykorzystuje się trzy czynniki determinujące ich szczególne właściwości: zjawiska zachodzące na powierzchniach międzyfazowych, efekty kwantowo-mechaniczne oraz złożoność struktury. Materiały nanostrukturalne posiadają ekstremalnie duże powierzchnie międzyfazowe i wykazują bardzo wysoki stosunek powierzchni właściwej do objętości. Właściwości, które zwykle wynikają ze struktury molekularnej wnętrza materiału, w przypadku nanomateriałów są zdominowane przez wysoce zdefektowaną strukturę powierzchni. W rezultacie wzrasta aktywność chemiczna takich materiałów. Szereg właściwości i zjawisk występujących w materiałach wykazuje silną zależność od rozmiaru składających się nań elementów. Chodzi tutaj o właściwości transportowe, dotyczące zarówno masy jak i energii, które zmieniają się w związku z przejściem od stanu zbioru ciągłego, jakim jest obiekt makroskopowy, do zbioru dyskretnego, jakim jest materiał nanostrukturalny. Podobnie właściwości optyczne, elektryczne, magnetyczne i chemiczne w obrębie nanoskali podlegają opisowi kwantowo-mechanicznemu a nie klasycznemu. Wartość dodana produktów nanotechnologii wynika także z faktu wysokiego stopnia ich scalenia z elementami o nanometrycznych rozmiarach. Ma to szczególne znaczenie dla dalszego rozwoju informatyki i elektroniki.

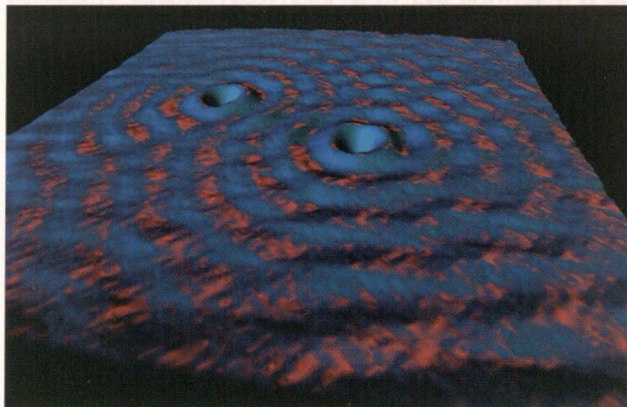
Za inicjatora badań w obszarze nanoskali uważa się Richarda Feynmana, który swoim wykładem pt. „There's plenty of room at the bottom” (w wolnym tłumaczeniu: „Tam na dole jest mnóstwo miejsca”) wygłoszonym w 1959 r. na posiedzeniu Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego dał asumpt do prac nad manipulacjami obiektami o wymiarach atomowych. Powiedział m.in.: „There is nothing that I can see in the physical laws that says the com-

puter elements cannot be made enormously smaller than they are now ... the wires should be 10 or 100 atoms in diameter, and the circuits should be a few thousand angstroms across”¹.

Terminu nanotechnologia po raz pierwszy użył w 1974 roku Norio Taniguchi, naukowiec z Uniwersytetu w Tokio, określając tym mianem możliwość precyzyjnego wytwarzania materiałów w skali nanometrów.

Narzędzia nanoskali

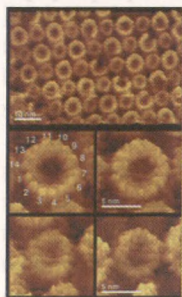
Odkrywanie nanoświata stało się możliwe dzięki opracowaniu pod koniec XX wieku nowych urządzeń. Skonstruowanie skaningowego mikroskopu tunelowego (STM) w 1981 roku przez Bininga i Rohrera, które przyniosło im Nagrodę Nobla z fizyki 1986 roku, dało początek nowej rodzinie skaningowych mikroskopów próbnikowych (SPM), do której obecnie zalicza się kilkanaście różnych typów urządzeń. Skaningowy mikroskop tunelowy umożliwia obserwację powierzchni próbki z rozdzielczością rzędu kilku nanometrów, czyli w skali atomowej. Zasada pracy STM opiera się na wykorzystaniu zjawiska tunelowania elektronów oraz efektu piezoelektrycznego. Napięcie elektryczne, przyłożone między próbką i próbnikiem mikroskopu, którego końcówka skanuje powierzchnię próbki przesuwając się nad nią w odległości 1–2 nanometrów, wywołuje powstanie prądu tunelowego. Rejestracja prądu tunelowego oraz wykorzystanie efektu piezoelektrycznego do określenia położenia próbnika, umożliwia obrazowanie powierzchni próbki. W rzeczywistości obraz z mikroskopu STM to komputerowo stworzony obraz gęstości powierzchniowych stanów elektronowych, wykonany na podstawie informacji o prądzie tunelowym (ryc. 1)



Ryc. 1. Obraz z mikroskopu STM powierzchni Cu (111) z dwoma defektami punktowymi, które rozpraszają fale powierzchniowe elektronów dając w efekcie fale stojące o kształcie okręgu (za zgodą: M.F. Crommie, C.P. Lutz, D.M. Eigler, University of California, Physics Department, Berkeley, USA)

¹ „Nie widzę niczego w prawach fizyki, co mówiłoby, że komputer nie może być wykonany z elementów znacznie mniejszych niż używane obecnie ... druty powinny mieć średnicę 10 lub 100 atomów, a obwody powinny mieć rozmiary kilku tysięcy angströmów” (tłumaczenie Autorki)

Ograniczenia skaningowego mikroskopu tunelowego, związane z obrazowaniem tylko przewodzących próbek, wyeliminowało opracowanie w 1985 roku przez Binniga, Quate'a i Gerbera mikroskopu sił atomowych (AFM). W mikroskopie sił atomowych rejestruje się oddziaływania występujące między atomami powierzchni próbki a próbnikiem mikroskopu (siły Van der Waalsa, kapilarne, magnetyczne). Ze względu na to, że siły międzyatomowe obejmują obszar kilku atomów próbki oraz kilku atomów próbnika, rozdzielczość mikroskopu AFM jest nieco gorsza niż mikroskopu STM, gdzie zjawisko tunelowania zachodzi między indywidualnymi atomami (ryc. 2). Obecnie mikroskopy typu SPM służą nie tylko do obserwacji nanocząstek, lecz także do tzw. nanomanipulacji, oraz do budowania układów z nanometrycznych elementów.



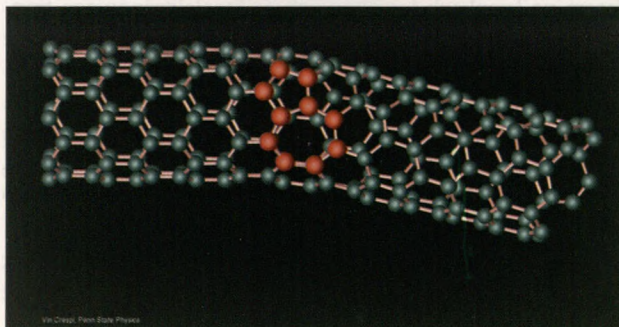
Ryc. 2. Obraz z mikroskopu AFM matrycy białkowej utworzonej przez samoorganizację oligomerów syntazy ATP chloroplastu (za zgodą: N.A. Dencher, Technische Universität Darmstadt, Niemcy)

Nanostruktury

Fulereny i nanorurki. Fuleren to odmiana alotropowa węgla odkryta przez Harolda Kroto, Roberta Curla i Richarda Smalleya w 1985 roku. Częsteczka fulerenu składa się z kilkudziesięciu atomów węgla ułożonych w kształt sfery, elipsoidy lub rurki. Najbardziej znana jest cząsteczka fulerenu C_{60} , składająca się z 60 atomów, która ma wygląd piłki futbolowej. Wewnątrz cząsteczki fulereny można umieścić atomy metalu lub inne cząsteczki lub przyłączyć do ich powierzchni grupy funkcyjne. Tak zmodyfikowane fulereny mogą służyć jako nośniki aktywnych substancji, docierające w konkretne miejsce w organizmie dzięki receptorom biologicznym. W 2004 roku firma MERCK we współpracy z firmą C Sixty Inc., producentem fulerenów, podjęła badania nad zastosowaniem modyfikowanych powierzchniowo fulerenów w leczeniu choroby Parkinsona, Alzheimer'a i udaru mózgu.

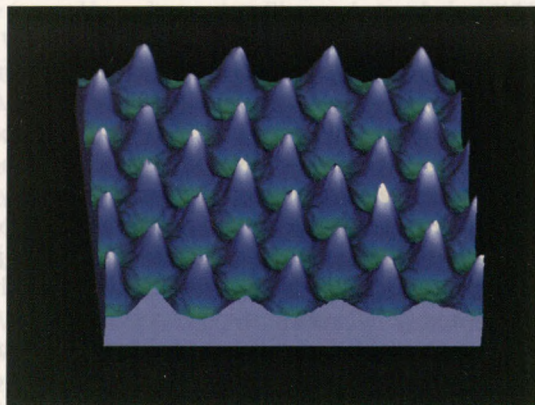
Nanorurki węglowe (ang. *carbon nanotubes*, CNT) po raz pierwszy zaobserwował Sumio Iijima w 1991 roku. Są to rurki utworzone przez zwinięcie arkusza grafenu (jednej płaszczyzny grafitu) (ryc. 3). Powstają w wyniku kondensacji par węgla wytworzonych w łuku elektrycznym pomiędzy elektrodami grafitowymi w atmosferze gazu obojętnego, lub przez termiczny rozkład węglowodorów. Istnieją dwa rodzaje nanorurek węglowych: o pojedynczych ściankach lub wielościenne. Średnica nanorurek węglowych wynosi zwykle kilka nanometrów, a długość od kilku mikrometrów nawet do kilku centymetrów. Nanorurki węglowe posiadają niezwykle korzystne właściwości: bardzo wysoką wytrzymałość mechaniczną (moduł Younga 1 TPa, wytrzymałość na rozciąganie 300 GPa), przewodnictwo typu metalicznego lub półprzewodnikowego, zależnie od rodzaju nanorurek, niski opór elektryczny oraz doskonałe przewodnictwo cieplne, wielokrotnie lepsze od miedzi. NASA prze-

znaczyła 11 mln dolarów na skonstruowanie kabla elektrycznego zbudowanego z nanorurek węglowych. Za tę kwotę Uniwersytet Rice w Houston ma wyprodukować do 2010 roku metrowy odcinek przewodu, z którym agencja kosmiczna wiąże wielkie nadzieje — ma on być lekki jak piórko, cienki jak pajęczyna, mocny jak stal, a ponadto będzie lepiej przewodził prąd niż miedź.



Ryc. 3. Dwie nanorurki węglowe tworzące łącze metal/półprzewodnik (za zgodą: Vincent H. Crespi, Pennsylvania State Materials Research Science and Engineering Center)

Doskonałe mechaniczne właściwości nanorurek węglowych wykorzystane zostały w opracowanym w 2005 roku materiale, nazwanym sztuczną stopą gekona. Sztuczna stopa gekona to polimer pokryty prostopadle ułożonymi nanorurkami, których siły adhezji są 200 razy większe niż dla włosów gekona (gekon to mała jaszczurka, która potrafi biegać po pionowych, gładkich ścianach). Potencjalnych zastosowań nanorurek węglowych jest wiele, m.in. w kompozytach, nanoelektronice, ekranach telewizyjnych czy skaningowej mikroskopii próbnikowej.

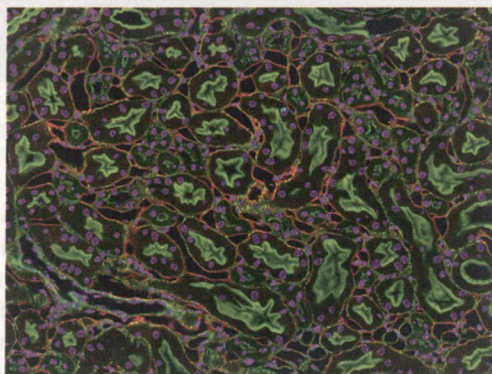


Ryc. 4. Obraz AFM matrycy nanokryształów chromu na powierzchni krzemu (odległości między kropkami wynoszą 200 nanometrów) (za zgodą: United States National Science Foundation)

Nanokryształy. Nanokryształy lub inaczej kropki kwantowe (ang. *quantum dots*) to półprzewodnikowe kryształy zawierające od kilkunastu do kilkuset atomów (ryc. 4). Ich rozmiary są zbliżone do promienia ekscytynu Bohra stąd poziomy energetyczne elektronów w takim nanokryształe nie tworzą pasm, lecz są odseparowane i muszą być traktowane jak poziomy dyskretne. Taki stan nazywa się ograniczeniem kwantowym. Przerwa wzbroniona w kropce kwantowej zależy od rozmiarów kropki oraz od składu chemicznego, a więc może być regulowana stosownie do potrzeb. Badania układów o obniżonej wymiarowości zostały docenione przez przyznanie Nagród Nobla dla Klausa von

Klitzinga w 1986 roku za odkrycie całkowitego kwantowego efektu Halla w kwazidwuwymiarowym gazie elektronowym w strukturach metal-tlenek-półprzewodnik oraz dla Horsta Störmera, Daniela Tsui i Roberta Laughlina w 1998 roku za odkrycie i wytlumaczenie teoretyczne ułamkowego kwantowego efektu Halla.

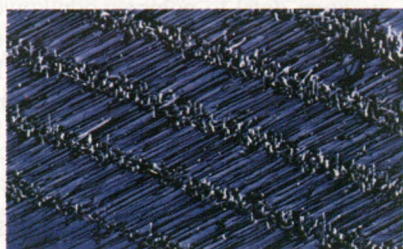
Nanokryształy mogą znaleźć zastosowanie do budowy lasera na kropkach kwantowych, jednoelektronowego tranzystora czy spinowej kwantowej bramki logicznej. W efekcie doprowadzi to skonstruowania szybkich komputerów kwantowych oraz bardziej wydajnych i stabilnych źródeł światła. Już obecnie wykorzystuje się nanokryształy jako znaczniki fluorescencyjne w diagnostyce medycznej (ryc. 5). Kropki kwantowe mogą być również idealnym wypełnieniem do farb, które nigdy nie będą zmieniały koloru.



Ryc. 5. Obraz fluorescencyjny fragmentu wątroby myszy (zielone kropki kwantowe przyłączone do białka — aktyny i czerwone kropki kwantowe przyłączone do glikoproteiny — lamininy, dzięki odpowiednim receptorom biologicznym (za zgodą: Tom Deerinck, National Center for Microscopy & Imaging Research, University of California, USA)

Nanodrut. Nanodrut (ang. *nanowires*) to druty o średnicy rzędu nanometrów, zarówno metaliczne (Pt, Au), półprzewodnikowe (InP, Si, GaN, ZnO) jak i nieprzewodzące (SiO₂, TiO₂) (ryc. 6). Nanodrut wykazują zadziwiające optyczne, elektryczne i magnetyczne charakterystyki, mogą więc znaleźć zastosowanie w urządzeniach do zapisu danych o dużej gęstości, w optoelektronice czy jako metaliczne interkonektory w urządzeniach kwantowych.

Nanowarstwy. Nanowarstwy wytwarza się na podłożach na przykład metodą epitaksjalnego wzrostu z wiązki molekularnej (ang. *molecular beam epitaxy*) lub osadzania z fazy gazowej (ang. *chemical vapour deposition* CVD). Nanowarstwy z arsenku galu, GaAs i arsenku galu indu, InGaAs, wykorzystuje się w, stosowanym obecnie powszechnie w najnowocześniejszej optyce i elektronice, półprzewodnikowym laserze z emisją powierzchniową



Rys. 6. Nanodrut ZnO o średnicy 3 nm wyhodowane na podłożu szafiru przy udziale nanocząstek złota jako katalizatora (za zgodą: S. Stranick, National Institute of Standards and Technology, USA)

(ang. *vertical cavity surface emitting laser* VCSEL). Olbrzymi postęp w dziedzinie zwiększenia pojemności nośników magnetycznych zawdzięczamy wykorzystaniu nanowarstwowych materiałów magnetycznych.

Nanomateriały w ogniwach paliwowych

Obecnie prowadzi się intensywne badania nad wykorzystaniem nanostrukturalnych materiałów do wytwarzania niemal wszystkich elementów ogniw paliwowych, gdyż kluczowym parametrem w tych zastosowaniach są właściwości powierzchniowe. Dostępne są już w handlu nanometale jako katalizatory redukcji tlenu i mieszane nanotlenki jako materiały anodowe (producent: NanoDynamics). Ostatnio doniesiono o wytworzeniu stopu platyny i niklu, na którego powierzchni następuje nanosegregacja platyny, o unikalnych właściwościach elektrokatalitycznych i otwierającego nowe kierunki w rozwoju katalizatorów katodowych. Z kolei nanorurki węglowe zostały użyte do budowy elektrody zespolonej z membraną, zapewniającej niski opór omowy i jednorodną gęstość prądu. Przewiduje się zastosowanie nanorurek węglowych dekorowanych metalami aktywnymi katalitycznie, np. Ti, do wytwarzania magazynów wodoru (ryc. 7). Teoretyczne obliczenia wskazują, że magazyny takie mogłyby zmieścić do 8% wag. H₂.

Innowacyjne produkty dostępne na rynku

Przymiotnik „nano”, jaki coraz częściej dodaje się do nazw wyrobów, stanowi słowo-klucz, mający zwiększyć sprzedaż, choć zwykle nie ma z nanotechnologią wiele wspólnego. Jednak szereg dostępnych handlowo produktów wykorzystuje nowe właściwości, jakie niosą ze sobą nanomateriały i nanocząstki.

Należą do nich na przykład kosmetyki pielęgnacyjne. Jednymi z pierwszych były kremy z liposomami wprowadzone na rynek w 1986 roku. Liposomy to cząsteczki fosfolipidów mniejsze od 100 nm, mogące służyć jako nanopojemniki dla cząsteczek wody czy leków dzięki pustej przestrzeni wewnątrz. Najpowszechniej stosowanymi kosmetykami wykorzystującymi nanotechnologię są substancje do ochrony przed promieniowaniem UV. Zawierają one nanocząsteczki ZnO lub TiO₂, które pochłaniają promieniowanie, a dzięki rozmiarom nie rozpraszają światła i nie tworzą widocznej powłoki na skórze. W paście do zębów zastosowano nanokryształy hydroksyapatytu, które biorą udział w krystalizacji ze śliny fosforanu wapnia, związku stanowiącego główny składnik zęba. Dzięki temu wytworzona zostaje powłoka ochronna na szyjce zęba, co eliminuje wrażliwość zębów.

Powszechnie dziś używane odtwarzacze mp3 zawierają tzw. pamięci „flash”, które wytwarzane są w technologii 60 nanometrów, co oznacza, że podstawowe składniki mają rozmiary do 60 nm. Działanie pamięci typu „flash” polega na przechowywaniu ładunku na izolowanej bramce tranzystorowej, nazywanej bramką „pływającą”. Może ona być ładowana bądź rozładowywana, reprezentując stany binarne. Jednakże zapis i odczyt jest realizowany przez kwantowo-mechaniczny proces tunelowania. W tym sensie wszystkie urządzenia wykorzystujące pamięci typu „flash”

są rzeczywistymi produktami nanotechnologii. Innym niezwykłym wytworem nanotechnologii są diody LED (ang. *Light Emitting Diode*), szeroko stosowane w latarkach, urządzeniach elektronicznych czy lampach samochodowych. W diodach LED światło generowane jest w tzw. studniach kwantowych, obszarach o rozmiarach ok. 10 nm.

Wśród produktów dla domu również można znaleźć kilka wykorzystujących nanotechnologie. Przykładem mogą być samoczyszczące się szyby (Pilkington Active™) pokryte nanocząsteczkami TiO_2 . Powłoka TiO_2 staje się aktywna pod wpływem promieniowania UV ze światła słonecznego i powoduje rozkład substancji organicznych. Potrzebny jest jeszcze deszcz, aby spłukać rozłożone cząstki brudu. Z kolei nanoporowate materiały oferujące doskonałą izolację termiczną, aerożele krzemionkowe, wykonane w formie paneli lub tkanin, choć kosztowne, stosowane są w budownictwie. Nanokryształy srebra, posiadające właściwości antibakteryjne, zostały zastosowane w powłokach pokrywających wnętrza zmywarek do naczyń czy lodówek.

Wymienione przykłady produktów nanotechnologii to na razie tylko wstęp do spodziewanego wysypu nowych rozwiązań w następnych latach. W 2005 roku tylko w Stanach Zjednoczonych zarejestrowano około 2500 patentów na wyroby nanotechnologii.

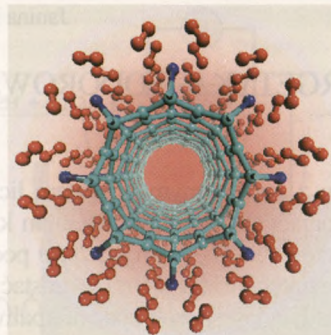
Tabela 1. Właściwości materiałów, które można precyzyjnie zaplanować dzięki zastosowaniu nanocząsteczek (na podstawie danych ze strony internetowej: www.nanosafe.org)

Właściwości	Przykłady
Chemiczne	Większy stosunek powierzchni do objętości powoduje, że cząstki są bardziej reaktywne, co zwiększa ich wydajność jako katalizatorów
Elektryczne	Zwiększone przewodnictwo elektryczne nanokompozytów ceramicznych i magnetycznych, zwiększony opór elektryczny metali.
Mechaniczne	Poprawiona twardość i wytrzymałość metali oraz plastyczność i superplastyczność ceramiki
Optyczne	Zwiększona wydajność konwersji światła na prąd elektryczny w urządzeniach fotowoltaicznych
Steryjne	Poprawiona selektywność reakcji chemicznych dzięki kontroli nad przestrzennym rozmieszczeniem atomów w substancji
Biologiczne	Zwiększona przepuszczalność przez bariery biologiczne, poprawiona biokompatybilność

Nanotechnologie a środowisko

Z rozwojem nanotechnologii wiąże się duże nadzieje co do poprawy warunków życia, jakości wody i pożywienia, nowych leków i procedur medycznych, ochrony środowiska i obniżenia zużycia energii. Nanomateriały mogą zastąpić materiały konwencjonalne, które wymagają większych ilości surowców i energii do ich wytworzenia.

Urządzenia do detekcji zanieczyszczeń bazujące na nanomateriałach są tysiące, a nawet miliony, razy bardziej czułe niż stosowane dotychczas. Na przykład nowe białkowe nanosensory wykrywają rtęć przy stężeniach 10^{-15} ppm, a nanocząsteczki tlenku europu zastosowano w superczułej metodzie wykrywania pestycydu atrazyny, częstego zanieczyszczenia wody. Nanoporowate membrany filtrujące patogeny są już dostępne w handlu. Naukowcy pracują nad wykorzystaniem do oczyszczania wody nanokryształów żelaza. Może ono działać jak reduktor w stosunku do zanieczyszczeń lub jako adsorbent niebezpiecznych



Ryc. 7. Model nanorurki węglowej „dekorowanej” atomami Ti (niebieskie kulki) jako magazynu wodoru (czerwone kulki) (za zgodą: T. Yildirim, National Institute of Standards and Technology, USA)

związków, który można łatwo usunąć dzięki właściwościom ferromagnetycznym.

Jednak podnoszone są coraz częściej obawy dotyczące toksyczności nanocząstek oraz ich nieznanego wpływu na środowisko i organizmy żywe. Jak dotąd człowiek był narażony na działanie niewielu rodzajów nanocząstek wytwarzanych podczas spalania oleju napędowego lub pochodzenia naturalnego. Rozwój nanotechnologii i systematyczne wprowadzanie na rynek jej produktów powoduje, że problem ewentualnej toksyczności nanocząstek nabiera coraz większego znaczenia. Istotnym zagadnieniem jest opracowanie metod oceny zagrożeń od strony nanotechnologii, norm określających standardy pracy z nanomateriałami oraz procedur zapobiegających możliwym negatywnym skutkom. W Unii Europejskiej stworzono obecnie fora, których zadaniem jest monitorowanie zagrożeń ze strony nanotechnologii: *The European Technology Platform for Nanomedicine* (oraz: *Nanoelectronics*, *Photovoltaics*, *Industrial Safety*). W Stanach Zjednoczonych powołano instytucje o charakterze ogólnokrajowym, których działalność jest koordynowana przez rząd, jak np. *The National Nanotechnology Coordination Office* i *Environmental Protection Agency*. Celem tych instytucji jest informowanie społeczeństwa o potencjalnych zagrożeniach, wynikających ze stosowania nanotechnologii, jak również koordynowanie prac instytucji naukowo-badawczych i działań sektora przemysłowego w tym zakresie.

W 444 numerze *Nature* z 2006 roku ukazał się artykuł pt. *Safe Handling of Nanotechnology* (tłum.: „Bezpieczne korzystanie z nanotechnologii”), podpisany przez kilkunastu uczonych zajmujących się badaniami w tej dziedzinie, w którym apelują do rządów, przemysłu i instytucji naukowych, aby podjąć intensywne działania w celu bezpiecznego stosowania nowych osiągnięć nanotechnologicznych. Bez tych działań dalszy rozwój nanotechnologii będzie niemożliwy.

Wpłynęło 13.04.2007

Dr hab. inż. Barbara Małecka pracuje w Katedrze Chemii Nieorganicznej Wydziału Inżynierii Materiałowej i Ceramiki Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Zajmuje się badaniami reakcji heterogenicznych w układzie gaz – ciało stałe, mechanizmami rozkładu termicznego ciał stałych, wytwarzaniem ceramicznych i metalicznych nanoproszków i ich zastosowaniem w katalizie.
e-mail: bmalecka@agh.edu.pl

Janina MOLENDĄ (Kraków)



ENERGETYKA WODOROWA — TECHNOLOGIE I PERSPEKTYWY

W związku z gwałtownym wzrostem liczby ludności świata i postępującym uprzemysłowieniem krajów rozwijających się przewidywane do roku 2050 podwojenie potrzeb energetycznych świata nie może zostać zaspokojone w oparciu o tradycyjny sposób spalania paliw kopalnych, gdyż wkrótce ich zabraknie. Środowisko naturalne nie może już przyjąć więcej CO₂ i innych gazów cieplarnianych, które zagrażają stabilności ziemskiego klimatu. Z drugiej strony rozmieszczenie geograficzne światowych rezerw ropy i gazu jest bardzo nierównomierne, podczas gdy zapotrzebowanie na energię rośnie niemal wszędzie, dlatego coraz trudniej będzie zapewnić stabilność i bezpieczeństwo energetyczne świata.

Alternatywą dla niskoefektywnych technologii uzyskiwania energii ze spalania paliw kopalnych są zaawansowane technologie wytwarzania energii z wodoru pozyskiwanego zarówno ze źródeł odnawialnych jak i konwersji paliw kopalnych. Wodór reagując z tlenem uwalnia znaczną ilość energii (143,1 MJ/kg) a jedynym produktem reakcji jest woda, co oznacza, iż nie uwalniane są żadne zanieczyszczenia do środowiska. Jednak główną zaletą wodoru, która może zadecydować o sukcesie energetyki wodorowej jest możliwość niemal bezpośredniego przetwarzania energii reakcji wodoru z tlenem na energię elektryczną w ogniwach paliwowych. Rozwój technologii ogniw paliwowych obserwowany od połowy XX wieku, związany z lotami kosmicznymi, przyczynił się do wzrostu zainteresowania energetyką wodorową. Analiza rynku energetycznego na przestrzeni ostatnich 200 lat wyraźnie wskazuje, iż nowe źródła energii i nośniki energii szybko się upowszechniały, gdy wprowadzane były na rynek razem z dedykowanymi im przetwornikami energii. W przypadku wodoru to właśnie ogniwa paliwowe różnych typów pełnią rolę wysoko efektywnego przetwornika energii chemicznej w wygodną do przesyłania i transformacji energię elektryczną.

Wodór praktycznie nie występuje w przyrodzie w postaci wolnej. Jest go jednak bardzo dużo w różnych związkach chemicznych jak np. w wodzie czy w węglowodorach. Wykorzystanie go do stworzenia gospodarki energetycznej opartej na wodorze i elektryczności wymaga w zasadzie opracowania odpowiednich technologii. Energetyka wodorowa obejmuje trzy zasadnicze obszary technologiczne:

- technologie otrzymywania wodoru;
- technologie magazynowania wodoru i jego przesyłania;
- technologie konwersji energii chemicznej wodoru w energię użyteczną.

Technologie te są już dziś bardzo zaawansowane, ale wciąż nie są konkurencyjne wobec technologii wytwarzania energii z paliw kopalnych pod względem kosztów i niezawodności.

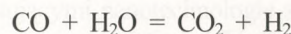
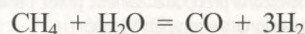
Wciąż istnieje przepaść między obecnymi możliwościami technologicznymi produkcji, przechowywania i wykorzystania wodoru a prawdziwie konkurencyjną energetyką wodorową. Konieczny jest jakościowy przełom w bada-

niach podstawowych, zrozumieniu zjawisk i mechanizmów oddziaływania wodoru z materią, które doprowadzą do opracowania nowych funkcjonalnych materiałów dla technologii wodorowych, które zwiększą wydajność i obniżą koszty.

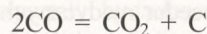
Ważnym zagadnieniem, które może zdecydować o powodzeniu gospodarki wodorowej jest akceptacja społeczna na powszechne użytkowanie wodoru. Łatwopalność wodoru, wysoka lotność i przenikalność przez materiały to cechy bardzo niekorzystne, niesprzyjające bezpiecznemu użytkowaniu. Jest to jednak problem, z którym, jak się wydaje, nauka potrafi sobie poradzić. Prowadzone są szeroko zakrojone badania nad hydrodynamiką mieszanin wodorowo-powietrze, spalaniem w obecności innych gazów, kruchością materiałów po uwodornieniu, itp. Niezbędne jest także opracowanie standardów zabezpieczeń oraz zasad użytkowania wodoru na co dzień. Niezmiernie ważnym zadaniem jest edukacja społeczeństwa w zakresie celowości wprowadzania i zalet technologii wodorowych.

Technologie otrzymywania wodoru

Na skalę przemysłową wodór otrzymywany jest głównie poprzez *konwersję z parą wodną paliw węglowodorowych oraz na drodze ich częściowego utleniania*. Najczęściej stosowanym surowcem do produkcji wodoru metodą reformingu parowego jest gaz ziemny, którego głównym składnikiem jest metan CH₄ (70–98%). Obecne w gazie ziemnym zanieczyszczenia (H₂S, CO₂, N₂) muszą być usunięte przed właściwym procesem technologicznym z uwagi na zatrucie katalizatorów stosowanych w procesie reformingu parowego. W procesie reformingu prowadzonym w wysokich temperaturach 750–900°C zachodzą następujące reakcje z udziałem katalizatorów niklowych:



Niepożądaną reakcją jest tzw. reakcja Boudouarda, prowadząca do wydzielania się węgla na katalizatorze niklowym:



Stosowany w praktyce nadmiar pary wodnej zapobiega temu procesowi. Proces reformingu parowego węglowodorów jest procesem silnie endotermicznym, wymaga zatem doprowadzenia ciepła z zewnątrz. Obecnie do tego celu spala się gaz ziemny. Ekologicznym rozwiązaniem byłoby np. wykorzystanie ciepła wysokotemperaturowych reaktorów jądrowych.

Aktualnie największym wyzwaniem jest opracowanie *metod otrzymywania wodoru z naturalnych zasobów, nie będących paliwami kopalnymi* a przy tym spełniających kryteria ekonomiczne. Pozyskiwanie wodoru z wody wydaje się być najbardziej obiecującą metodą. Niezbędna do tego celu energia powinna pochodzić z innych źródeł niż spala-

nie paliw kopalnych. Może to być energia elektryczna wytwarzana w elektrowniach wodnych czy wiatrowych, ciepło wytwarzane w reaktorze jądrowym czy kolektorze słonecznym, a także energia pary elektron-dziura wzbudzonej promieniowaniem słonecznym w materiale półprzewodnikowym (fotoliza wody).

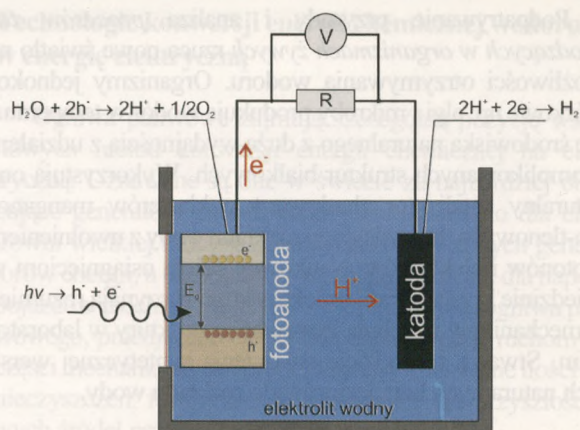
Podczas *elektrolizy wody* na katodzie wydzielą się wodór a na anodzie tlen. Proces ten wymaga dostarczenia energii z zewnątrz. Niezbędna ilość energii dla tego procesu może być obliczona na drodze termodynamicznej. Praca elektryczna jest związana z entalpią swobodną tworzenia wody $\Delta G^0_{H_2O}$ następującą zależnością:

$$E = -\frac{\Delta G^0_{H_2O}}{2F}$$

Najmniejsze napięcie, przy którym można prowadzić elektrolizę wody w temperaturze pokojowej, zwane napięciem odwracalnym E wynosi 1,23V. W praktyce proces elektrolizy zachodzi efektywnie po przyłożeniu napięcia 1,75–2,3V ze względu na występujące straty napięcia w ogniwie związane z aktywacją procesów elektrodowych oraz oporem wewnętrznym ogniwa. Teoretyczne zużycie energii na wytworzenie $1m^3$ wodoru wynosi 2,96 kWh. Praktyczne zapotrzebowanie energii przy stosowanych napięciach 1,75–2,3V wynosi 4,3–5,7 kWh/ m^3 wodoru.

Postęp w zakresie technologii elektrolitycznego otrzymywania wodoru i podwyższenie sprawności energetycznej tego procesu może być osiągnięty poprzez opracowanie efektywniejszych elektrod i membran, podwyższenie temperatury i ciśnienia prowadzenia procesu elektrolizy oraz gęstości prądu (w temperaturze $1000^\circ C$ zużycie energii elektrycznej spada do 2,83 kWh/ m^3 wodoru). Rozwinięcie na większą skalę produkcji wodoru metodą elektrolityczną nie jest obecnie możliwe ze względu na wysokie koszty. Koszt wodoru „elektrolitycznego” jest około trzykrotnie większy od kosztu wodoru wytwarzanego metodą konwersji gazu ziemnego i około dwa razy większy od kosztu wodoru wytwarzanego metodą zgazowania węgla kamiennego. Istniejące na świecie wytwórnie wodoru poprzez elektrolizę wody (np. w Kanadzie, Norwegii) zasilane są tanią energią elektryczną pochodzącą z elektrowni wodnych. Elektroliza wody może być znacząco wykorzystywana w przyszłości do produkcji wodoru w okresach zmniejszonego zapotrzebowania na energię elektryczną oraz w oparciu o energię jądrową i odnawialne źródła energii, w tym energię słoneczną. Elektroliza wody jest często stosowaną metodą do wytwarzania wodoru na niewielką skalę, zwłaszcza gdy ważna jest wysoka czystość wodoru.

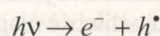
Rozkład wody na wodór i tlen może się dokonać przy wykorzystaniu energii słonecznej. Ryc. 1 przedstawia zasadę działania ogniwa fotoelektrochemicznego, w którym absorpcja fotonu w materiale anodowym prowadzi do utworzenia pary elektron-dziura, która inicjuje dysocjację cząsteczki wody. Sprawność tego procesu fotochemicznego osiągnęła 8–12% i dalsze możliwości jej zwiększenia tkwią w rozwoju technologii stosowanych materiałów w kierunku dostosowania struktury elektronowej materiału elektrodowego do widma słonecznego. Należy stworzyć nowe materiały, które umożliwią bardziej wydajne użycie energii słonecznej do rozkładu wody.



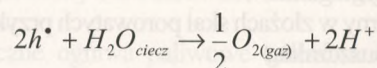
Ryc. 1. Zasada działania ogniwa fotoelektrochemicznego

W rozważanym procesie fotolizy wody można wyróżnić następujące procesy elementarne:

— absorpcja fotonu o energii $h\nu$ w półprzewodnikowej anodzie kreuje parę: dziura (h) — elektron (e^-)

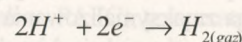


— dziury elektronowe utleniają wodę na anodzie

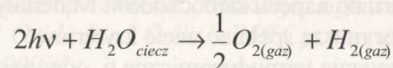


— jony H^+ przepływają od anody do katody przez elektrolit, równocześnie w obwodzie zewnętrznym przepływają elektrony od anody do katody

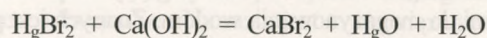
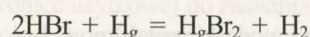
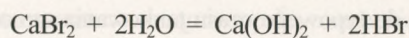
— jony H^+ ulegają redukcji na katodzie



Sumaryczna reakcja zachodząca w ogniwie fotoelektrochemicznym:



Wodę można również rozkładać za pomocą *cyklicznych procesów termochemicznych* prowadzonych w wysokich temperaturach dla przyspieszenia kinetyki reakcji. Możliwymi źródłami ciepła mogłyby być kolektory słoneczne pracujące w temperaturach do $3000^\circ C$ lub reaktory jądrowe zaprojektowane do pracy w zakresie temperatur $500-900^\circ C$. Przykładowa reakcja cyklu typu metal-brom zachodząca w $730^\circ C$:



Znanych jest około 200 typów cyklicznych reakcji termochemicznych prowadzących do rozkładu wody. Zazwyczaj zachodzą one w wysokich temperaturach. Wzrost temperatury przyspiesza reakcję, ale prowadzi do korozji chemicznej reaktora. Ważnym problemem są także membrany do rozdzielania gazów np. membrany przepuszczające tylko wodór albo tylko tlen. Fundamentalny postęp w dziedzinie katalizy, nanokatalizy może doprowadzić do znacznego obniżenia temperatury reakcji cyklicznych.

Podpatrywanie przyrody i analiza procesów zachodzących w organizmach żywych rzuca nowe światło na możliwości otrzymywania wodoru. Organizmy jednokomórkowe np. algi i mikroby produkują wodór w temperaturze środowiska naturalnego z dużą wydajnością z udziałem skomplikowanych struktur białkowych. Wykorzystują one naturalny katalizator zbudowany z klastrów manganowo-tlenowych do wydajnego rozkładu wody z uwolnieniem protonów i elektronów. Naukowcy dzięki osiągnięciom w dziedzinie krystalografii i spektroskopii zaczynają rozumieć te mechanizmy i próbują imitować te struktury w laboratorium. Stwarza to nadzieje stworzenia syntetycznej wersji tych naturalnych katalizatorów do rozkładu wody.

Magazynowanie wodoru

Obecnie stosowane metody magazynowania wodoru to:

- zbiorniki ciśnieniowe;
- zbiorniki kriogeniczne (wodór ciekły).

Intensywnie prowadzone są badania nad magazynowaniem wodoru w strukturach krystalicznych ciał stałych. Rozważa się również możliwość magazynowania wodoru w podziemnych tworach geologicznych spełniających określone wymagania:

- kawerny w złożach skał porowatych przykryte warstwą nieprzepuszczalną;
- nie eksploatowane szyby naftowe;
- komory w pokładach solnych;
- sztuczne zbiorniki.

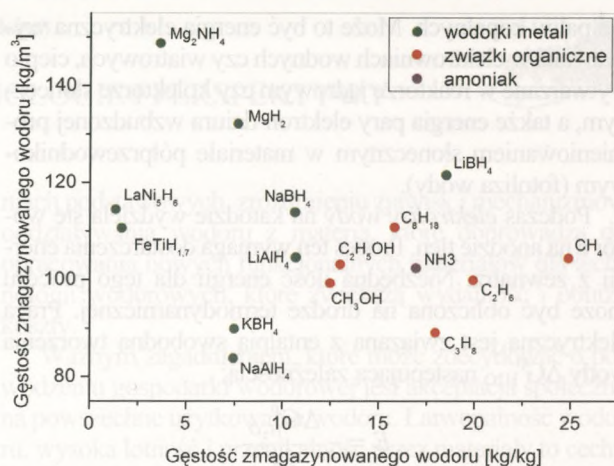
Magazynowanie wodoru dla zastosowań w transporcie samochodowym, w przeciwieństwie do jego stacjonarnych zastosowań wymaga zmaksymalizowania gęstości wodoru zarówno na jednostkę masy jak i objętości. Opracowanie materiałów efektywnie magazynujących wodór jest czynnikiem, który zdecyduje o sukcesie ekonomicznym zastosowania wodoru do napędu samochodów. Materiały magazynujące wodór muszą spełniać wiele kryteriów:

- wymagania termodynamiczne tj. odpowiednie wartości entalpii (ΔH) absorpcji i desorpcji wodoru;
- duża szybkość procesów absorpcji i desorpcji wodoru;
- wysoka pojemność grawimetryczna i wolumetryczna magazynowanego wodoru;
- duża liczba cykli absorpcja/desorpcja wodoru;
- bezpieczeństwo.

Zastosowanie znajdują jedynie te materiały, które mają zdolność magazynowania i uwalniania wodoru w zakresie temperatur od 0–100°C i ciśnień od 1–10 atm. w czasie zbliżonym do typowego czasu tankowania samochodu, tj. około 5 minut.

Uważa się, iż wodorki metali mogą być odpowiednimi układami do magazynowania wodoru. Znanych jest ponad 2000 układów z grupy metali, związków międzymetalicznych i stopów tworzących z wodorem wodorki (ryc. 2). Materiały te magazynują wodór w ilości od 1,4 do 3,6% at. wodoru (TiFe, ZrMn₂, LaNi₅, Mg₂Ni). Ich zdolność magazynowania wodoru jest ciągle trzy razy za niska w stosunku do opłacalności technicznej.

Spośród różnych metali tworzących wodorki np. PdH_{0,6}, ReH₂, ReH₃ (Re — metale ziem rzadkich) oraz MgH₂ żaden nie spełnia warunków zastosowania w transporcie (1–10 atm., 0–100°C, ΔH pomiędzy 15–24 kJ/mol).



Ryc. 2. Gęstość magazynowanego wodoru w różnych materiałach. Wg H. Seelert, A. Poetsch, N.A. Dencher, A. Engel, H. Stahlberg, D. J. Müller, Nature, 405 (2000), 418

Obiecujące właściwości wykazują związki międzymetaliczne np. LaNi₅. Wykazuje on szybką i odwracalną absorpcję wodoru z małą histerezą, w temperaturze pokojowej ciśnieniowe plateau występuje przy kilku atmosferach, ponadto wykazuje długą żywotność cykli absorpcji/desorpcji i magazynowanie jest bezpieczne. Jednakże lantan i nikiel to ciężkie metale i udział wodoru w LaNi₅H_{6,5} stanowi około 2% masy. Jest to wystarczająca pojemność dla odwracalnych baterii wodorkowych typu AB₅ o pojemności 330 mAhg⁻¹, jednak ciągle za mało dla zastosowań wodoru w transporcie samochodowym, gdzie wymagana jest pojemność rzędu 4–5% wag. (wymagania US Department of Energy to pojemność 6,5% wag. wodoru oraz 62 kg H₂ m⁻³). Zbyt mała pojemność grawimetryczna to zasadnicza wada wszystkich wodorków metalicznych pracujących w pobliżu temperatury pokojowej. Znane są międzymetaliczne związki i stopy tworzące wodorki do zawartości wodoru aż 9% np. Li₃Be₂H₇, BaReH₉, jednak proces magazynowania wodoru w wymaganym zakresie temperatur i ciśnień nie jest odwracalny.

Badania wskazują, iż szybkość procesu absorpcji/desorpcji wodoru jest zasadniczym parametrem ograniczającym zastosowanie wodorków. Stosuje się różne zabiegi technologiczne mające na celu podniesienie szybkości reakcji magazynowania i uwalniania wodoru jak np. mielenie, które redukuje rozmiar ziaren, skraca drogę dyfuzji wodoru i zwiększa koncentrację defektów, co podnosi reaktywność. Stosuje się różne metody uaktywniania powierzchni poprzez wprowadzanie aktywnych centrów katalitycznych. Rozważa się również tworzenie kompozytów dwóch materiałów magazynujących wodór, z których jeden wykazuje szybką kinetykę reakcji, drugi zaś wysoką pojemność, co poprawia właściwości aplikacyjne materiałów.

Lekkie pierwiastki, takie jak lit, bor, sód, glin tworzą stabilne jonowe związki z wodorem. Zawartość wodoru np. w LiBH₄ osiąga aż 18% wag., jednakże desorpcja wodoru w tej grupie związków zachodzi w wysokich temperaturach, między 80 a 600°C, również odwracalność reakcji nie jest do końca zbadana. Ostatnie osiągnięcia wskazują, iż kataliza może odegrać kluczową rolę w poprawie kinetyki proce-

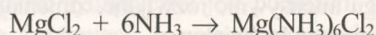
su absorpcji/desorpcji wodoru jak również w obniżeniu energii aktywacji rozkładu termicznego wodoroków.

Wodór może również ulegać adsorpcji fizycznej na powierzchni ciał stałych zarówno w formie cząsteczek jak i w postaci atomów. Szczególną uwagę zwracają nanomateriały ($1 < d < 100\text{nm}$), w tym nanomateriały węglowe takie jak nanostrukturalny grafit, nanorurki i fullereny, które są lekkie i niedrogie. Nanometryczne rozmiary ziaren zwiększają szybkość dyfuzji wodoru i skracają drogę dyfuzji. W systemach „nano” zmienia się silnie termodynamika i kinetyka adsorpcji i desorpcji wodoru. Uzyskiwane bardzo zróżnicowane wyniki pojemności nanorurek (10–60%) wynikają z problemów związanych ze standaryzacją warunków wytwarzania nanorurek, co jest ważnym zadaniem do rozwiązania.

Rozkład katalityczny amoniaku jako metoda pozyskiwania wodoru

Amoniak NH_3 , po metanie, jest najbogatszy w wodór (17,6% at.) spośród potencjalnych surowców do pozyskiwania wodoru i pomimo jego niekorzystnych cech takich jak toksyczność i ostry zapach rozważa się jego wykorzystanie do otrzymywania wodoru do specjalnych zastosowań. Jego rozkład katalityczny jest rozważany jako metoda pozyskiwania bardzo czystego wodoru do zasilania ogniw paliwowych, zwłaszcza niskotemperaturowych PEMFC (*Polimer Electrolyte Membrane Fuel Cell*), gdzie wymagana jest wysoka jego czystość z uwagi na zatrucie katalizatorów. Rozkład amoniaku do wodoru i azotu zachodzi w temperaturach powyżej 675°C i wymaga stosowania metalicznych katalizatorów takich jak: Ni, Ru, Ir, czy Pt na nośniku Al_2O_3 . Energia aktywacji tego procesu jest rzędu 17–22 kcal/mol i zależy od zastosowanego katalizatora. Badania wykazują, iż nikiel jest znacznie efektywniejszym katalizatorem niż pozostałe metale, wykazuje 100% konwersję amoniaku, posiada znacznie więcej centrów aktywnych na jednostkę masy niż platyna (choć szybkość reakcji na platynie jest wyższa), jest znacznie tańszy i lżejszy od niej, co ma znaczenie dla przenośnych zastosowań ogniw paliwowych i w transporcie. Niezbędne są dalsze badania zwłaszcza nad trwałością katalizatorów na bazie niklu.

Równoległym problemem jest odwracalne magazynowanie amoniaku w stałych materiałach i jego uwalnianie w bezpieczny sposób. W roku 2005 C.H. Christensen z Duńskiego Uniwersytetu Technicznego zaproponował magazynowanie amoniaku w stałym MgCl_2 , zgodnie z reakcją:



W kompleksie $\text{Mg}(\text{NH}_3)_6\text{Cl}_2$ można zmagazynować 9,1% wagowych wodoru w postaci amoniaku. Rozkład termiczny tego związku rozpoczyna się w temperaturze 80°C , przy czym amoniak uwalniany jest stopniowo. Całkowita deaminacja następuje w temperaturze ok. 350°C . Stwierdzono bardzo dobrą odwracalność procesu absorpcji i desorpcji na poziomie 99–100%. Biorąc pod uwagę łatwość operowania substancją stałą oraz wysoki poziom bezpieczeństwa opisywany sposób magazynowania wodoru w postaci stałego aminokompleksu jest interesujący dla technologii ogniw paliwowych.

Technologie konwersji energii chemicznej wodoru w energię elektryczną

Ogniwa paliwowe zajmują szczególną pozycję wśród nowych metod konwersji energii chemicznej na elektryczną. Uznawane są one w świecie za najbardziej obiecujące generatory energii elektrycznej zarówno dla elektrowni wielkiej mocy jak i małych, rozproszonych generatorów energii, a także jako źródła elektryczności dla napędu pojazdów mechanicznych. Wysoka sprawność ogniwa paliwowego, pracującego cicho, bo pozbawionego ruchomych części mechanicznych i produkującego minimalne ilości zanieczyszczeń, faworyzuje tę technologię dla przyszłościowych źródeł prądu.

W ogniwach paliwowych zachodzi ukierunkowane spalanie paliwa z bezpośrednią zamianą jego energii chemicznej w energię elektryczną. Z jednostki masy paliwa można w ogniwie paliwowym potencjalnie uzyskać przeszło dwukrotnie więcej użytecznej energii niż ma to miejsce w silniku cieplnym. Przebieg procesów elektrodowych i sprawność ogniwa silnie zależy od właściwości transportowych i katalitycznych materiałów elektrodowych i elektrolitu. Rodzaj zastosowanego elektrolitu określa typ ogniwa paliwowego. Najbardziej zaawansowane technologie ogniw paliwowych to:

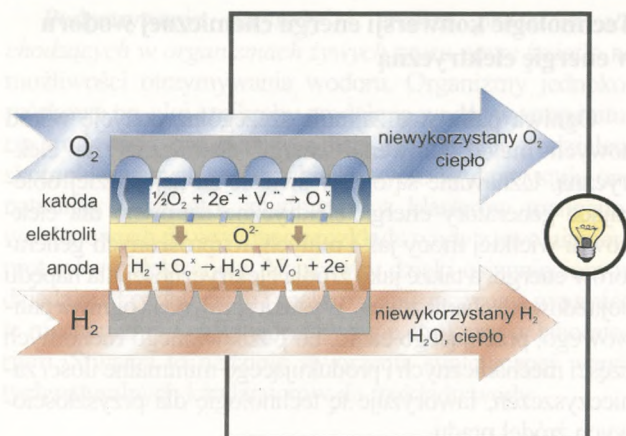
1. Alkaliczne ogniwa paliwowe (*Alkaline Fuel Cell — AFC*), temperatura pracy $< 100^\circ\text{C}$.
2. Ogniwa paliwowe z membraną polimerową (*Polimer Electrolyte Membrane Fuel Cell — PEMFC*), temperatura pracy $< 200^\circ\text{C}$.
3. Ogniwa paliwowe z kwasem fosforowym (*Phosphoric Acid Fuel Cell — PAFC*), temperatura pracy $\sim 200^\circ\text{C}$.
4. Wysokotemperaturowe węglanowe ogniwa paliwowe (*Molten Carbonate Fuel Cell — MCFC*), temperatura pracy 600–700°C.
5. Wysokotemperaturowe tlenkowe ogniwa paliwowe (*Solid Oxide Fuel Cell — SOFC*), temperatura pracy 800–1000°C.

Spośród wymienionych typów ogniw paliwowych największe nadzieje aplikacyjne wiąże się z:

- wysokotemperaturowymi tlenkowymi ogniwami paliwowymi — SOFC;
- niskotemperaturowymi ogniwami paliwowymi z membraną polimerową — PEMFC.

Są one najszerzej badane w świecie i technologicznie najbardziej rozwinięte a także znalazły już zastosowanie praktyczne.

Niskotemperaturowe ogniwa paliwowe znajdują zastosowanie w elektronice użytkowej do zasilania laptopów, telefonów komórkowych, cyfrowych aparatów fotograficznych i kamer, odtwarzaczy. Na razie jest to rozwiązanie drogie, ale wkrótce może się obniżyć do poziomu akceptowalnego. Bardzo obiecującym obszarem dla technologii niskotemperaturowych ogniw paliwowych są środki transportu. Ogniwa paliwowe można stosować w samochodach osobowych, ciężarowych, autobusach, lokomotywach a także mogą zasilac elektryczne okręty. W Europie w kilku miastach funkcjonuje pokazowa flota kilkudziesięciu autobusów zasilanych ogniwami paliwowymi. W Japonii przygotowuje się komercyjną ofertę samochodów osobowych z ogniwami paliwowymi.



Ryc. 3. Schemat działania wysokotemperaturowego tlenkowego ogniwa paliwowego SOFC.

W wysokotemperaturowych ogniwach paliwowych bilans energetyczny użytkowania paliw kopalnych lub produktów ich konwersji jest najkorzystniejszy, gdyż konwersja surowców paliwowych do wodoru i CO jest procesem energochłonnym, a wysoka temperatura pracy pozwala na wykorzystanie ich ciepła zrzutowego wprost do ich konwersji. Ciepło odpadowe ogniw wysokotemperaturowych może być wykorzystane do ogrzewania bądź do współgenerowania energii elektrycznej np. przy użyciu wysokosprawnych mikroturbin, prowadząc do wykorzystania energii paliwa aż w 75%.

Wysokotemperaturowe tlenkowe ogniwo paliwowe (SOFC) (ryc. 3) zbudowane jest z elektrolitu stałego, który jest przewodnikiem jonów tlenu o wymaganym przewodnictwie rzędu 10^{-2} Scm^{-1} w temperaturze pracy ogniwa oraz z dwóch elektrod (katody i anody), będących mieszanymi przewodnikami jonowo-elektronowymi. Katoda, na której zachodzi redukcja tlenu pracuje w atmosferze tlenowej, a anoda (utlenianie paliwa) w redukującej atmosferze paliwa. Taka konstrukcja ogniwa pozwala na transport przez elektrolit stały jonów tlenowych, które po dojściu do anody, wchodzi w reakcję chemiczną z wodorem. Produktem tej reakcji jest woda i elektrony, które płynąc w obwodzie zewnętrznym dają użytkowy prąd elektryczny.

W celu uzyskania wyższych napięć i mocy pojedyncze cele ogniw łączy się w stos za pomocą interkonektorów pozwalających na kontakt elektryczny sąsiadujących ze sobą ogniw i zapobiegającym mieszaniu się gazów, znajdujących się w przestrzeniach elektrodowych ogniwa.

Szerokiemu rozpowszechnieniu tej technologii przeszkadza jednak szereg czynników związanych z właściwościami stosowanych materiałów elektrodowych i elektrolitu a także warunkami prowadzenia reakcji w wysokiej temperaturze. Obecnie stosowany elektrolit YSZ (ditylenek cyrkonu stabilizowany itrem) ma niskie przewodnictwo jonów tlenu i efektywnie pracuje dopiero w temperaturze $\sim 1000^\circ\text{C}$. To prowadzi do krótkiego czasu życia ogniwa, związanego z termiczną degradacją materiałów i ich korozją, rodzi problemy z miniaturyzacją i bezpieczeństwem oraz podnosi koszt. Obniżenie temperatury pracy ogniwa do $600\text{--}800^\circ\text{C}$, uważane za strategiczny cel rozwoju technolo-

gii tlenkowych ogniw paliwowych, niesie ze sobą istotne korzyści związane z możliwością użycia znacznie tańszych i mniej uciążliwych dla środowiska materiałów, w szczególności wykorzystanie stali nierdzewnej jako interkonektorów oraz w innych elementach konstrukcyjnych. W niższych temperaturach procesy degradacji termicznej zachodzą wolniej, możliwe jest również skrócenie czasu rozruchu i wyłączenia generatora. Aby ogniwo SOFC mogło efektywnie pracować w niższych temperaturach tj. $600\text{--}800^\circ\text{C}$ konieczne jest zastosowanie stałego elektrolitu posiadającego w tych temperaturach odpowiednio wysokie przewodnictwo jonowe (rzędu 10^{-2} Scm^{-1}) oraz materiałów elektrodowych o odpowiednich właściwościach transportowych i katalitycznych. Równie istotna jest stabilność chemiczna materiałów elektrodowych w stosunku do elektrolitu oraz właściwości termomechaniczne (wzajemne dopasowanie współczynników rozszerzalności temperaturowej, adhezja materiał elektrodowy — elektrolit) jak również mikrostrukturalne. Stosowany w wysokotemperaturowych ogniwach SOFC stabilizowany ditylenek cyrkonu jako elektrolit oraz $(\text{La,Sr})\text{MnO}_3$ jako katoda nie nadają się do pracy w niższych temperaturach, głównie ze względu na zbyt niskie przewodnictwo jonowe elektrolitu oraz przewodnictwo jonowo — elektronowe materiału katodowego $(\text{La,Sr})\text{MnO}_3$. Trwają ciągle poszukiwania nowych materiałów, dzięki którym możliwe będzie obniżenie temperatury pracy ogniw SOFC do zakresu $600\text{--}800^\circ\text{C}$. Można wskazać obszary badawcze, których rozwój jest niezbędny dla osiągnięcia postępu w dziedzinie ogniw paliwowych SOFC:

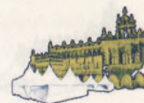
- procesy katalityczne redukcji tlenu oraz utleniania wodoru i węglowodorów;
- zjawiska transportu jonowo-elektronowego w tworzywach ceramicznych;
- zjawiska na granicach faz elektrolit/materiał elektrodowy oraz interkonektor/materiał elektrodowy;
- nanomateriały oraz nanotechnologie;
- niskotemperaturowe metody otrzymywania tworzyw ceramicznych dla ogniw paliwowych;
- jednokomorowe ogniwo paliwowe.

Z przedstawionych rozważań wynika, iż postęp w dziedzinie ogniw paliwowych może się dokonać tylko w oparciu o kompleksowe, interdyscyplinarne prace badawcze, ukierunkowane na poznanie i sterowanie mechanizmami fizykochemicznymi, zachodzącymi w ogniwach. Analiza dotychczasowych osiągnięć w świecie w dziedzinie technologii ogniw paliwowych wskazuje, iż te technologie będą w dalszym ciągu intensywnie rozwijane, zmieniając zasadniczo oblicze energetyki światowej.

Wpłynęło 11.04.2007

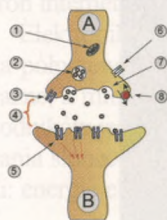
Prof. dr hab. inż. Janina Molenda jest profesorem zwyczajnym w Katedrze Fizykochemii Ciała Stałego, Wydziału Inżynierii Materiałowej i Ceramiki Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Zajmuje się technologicznie zaawansowanymi materiałami dla nowoczesnych urządzeń gromadzenia i przetwarzania energii. Pełni także funkcję prezesa Polskiego Stowarzyszenia Wodoru i Ogniw Paliwowych

Anna NAMROŻY, Ewelina NIAŃKO, Elżbieta PYZA (Kraków)



PLASTYCZNOŚĆ KOMÓREK NERWOWYCH W KORZE SOMATOSENSORYCZNEJ MÓZGU MYSZY I UKŁADZIE WZROKOWYM MUSZKI *DROSOPHILA MELANOGASTER*

Układ nerwowy zbudowany jest z neuronów, które tworzą sieć dzięki wzajemnym połączeniom zwanym synapsami. Synapsa to miejsce komunikacji błony komórkowej długiej wypustki — aksonu (błona presynaptyczna) jednej komórki nerwowej z błoną komórkową krótkich wypustek — dendrytów drugiej komórki nerwowej (błona postsynaptyczna) (ryc. 1). Dzięki połączeniom synaptycznym przekazywane są w układzie nerwowym informacje, zakodowane w postaci impulsów nerwowych, które powodują zmiany potencjału elektrycznego błony komórkowej, w kolejnych neuronach. Impuls zostaje przeniesiony z jednej komórki na drugą przy udziale substancji chemicznych — neuroprzebieżników. Synapsa jest strukturą plastyczną, gdyż ciągle modyfikuje swoje właściwości, zmieniając wydajność przewodzenia impulsów nerwowych zależnie od poprzedzających ten przekaz zdarzeń. Ta niezwykła zdolność nazywa się plastycznością synaptyczną.



Ryc. 1 Połączenie synaptyczne:
1 — mitochondrium, 2 — pęcherzyki presynaptyczne z neuroprzebieżnikami,
3 — receptor, 4 — szczelina synaptyczna,
5 — receptor, 6 — kanał wapniowy,
7 — pęcherzyk uwalniający neuroprzebieżnik,
8 — receptor zwrotnego wychwyty

Krótkotrwałe zmiany w sile połączenia synaptycznego związane są z zależnym od pobudzenia, zwiększeniem lub zmniejszeniem ilości uwalnianego neuroprzebieżnika z zakończenia presynaptycznego. Aktywowanie niektórych dróg nerwowych krótkimi seriami bodźców o wysokiej częstotliwości powoduje wytworzenie zmian plastycznych zwanych długotrwałym wzmocnieniem synaptycznym (LTP) (LTP — nazwa wywodzi się od skrótów angielskiej nazwy *Long Term Potentiation*), natomiast w wyniku długotrwałego pobudzenia komórki niską częstotliwością pojawia się długotrwałe osłabienie synaptyczne (LTD) (LTD — *Long Term Depression*). Wzmocnienie siły sprzężenia synaptycznego w LTD utrzymuje się długo po ustąpieniu bodźca, nawet przez wiele dni.

Plastyczność synaptyczna jest podłożem mechanizmu uczenia się i pamięci, i polega na przebudowywaniu połączeń nerwowych. Zmiany nabyte (pamięć) w wyniku doświadczenia, są przechowywane w układzie nerwowym jako ślady pamięciowe.

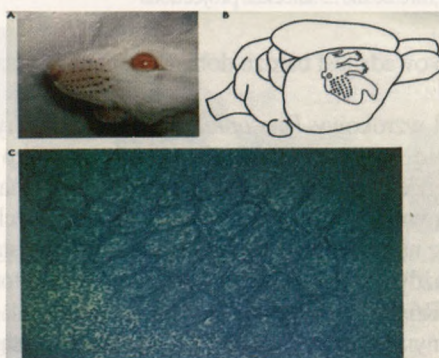
Oprócz synaps również neurony w mózgu mogą ulegać modyfikacjom, dzięki czemu uszkodzony mózg może przynajmniej częściowo odzyskać utracone funkcje.

Plastyczność w układzie nerwowym występuje zarówno u kręgowców, jak i u bezkręgowców, dlatego jej znaczenie i mechanizmy mogą być badane zarówno na gryzoniach: myszach i szczurach, jak również u muszki owocowej *Drosophila melanogaster*. W Zakładzie Cytologii i Hi-

stologii UJ do badań plastyczności w układzie nerwowym wykorzystuje się określone szczepy myszy oraz linie transgeniczne i mutanty *Drosophila melanogaster*.

Plastyczność komórek nerwowych w korze somatosensorycznej mózgu myszy

U ssaków, obszar mózgu w którym zaobserwowano zmiany plastyczne, to kora somatosensoryczna (barylkowa), która składa się z sześciu warstw różniących się między sobą typem i wielkością neuronów. W IV warstwie kory mózgowej somatosensorycznej, znajduje się grupa neuronalnych struktur zwanych barylkami, w których neurony otrzymują informacje zmysłowe z długich włókien występujących na pyszczku zwanych wibryсами (ryc. 2). Neuroplastyczność kory barylkowej jest najsilniejsza u nowonarodzonych i młodych zwierząt w krytycznym okresie po urodzeniu, ale występuje również u zwierząt dorosłych. U młodej muszki usunięcie wibrysa skutkuje zanikiem odpowiadającej mu barylki w korze mózgowej, natomiast u dorosłej muszki taki zabieg powoduje funkcjonalne i strukturalne zmiany w już istniejącej barylce. Zmiany takie można obserwować wykonując preparaty mózgu i oglądając je w transmisyjnym mikroskopie elektronowym, a metoda ta pozwala na oszacowanie liczby synaps. Ich liczba zmienia się w zależności od rodzaju stymulacji, jakim poddaje się wibrysy, w wyniku działania innych bodźców i w procesie uczenia się przez zwierzęta zapamiętywania tych bodźców, dlatego też kora somatosensoryczna jest świetnym modelem do badania plastyczności, czyli zmian liczby synaps oraz zmian strukturalnych elementów budujących synapsy.



Ryc. 2. Wibrysy na pyszczku myszy (a), ich reprezentacja w mózgu (b) oraz w korze barylkowej (c), wg http://anackley.myweb.uga.edu/thesis2_files/image001.jpg

Plastyczność w układzie nerwowym *Drosophila melanogaster*

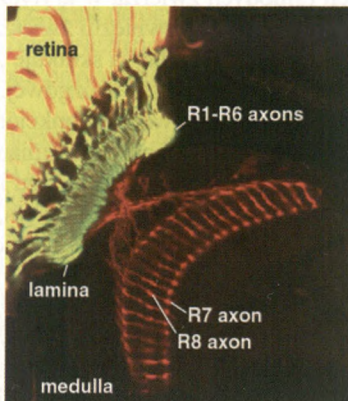
Muszka owocowa *Drosophila melanogaster* (ryc. 3) jest częstym modelem doświadczalnym, zwłaszcza w badaniach genetycznych i neurobiologicznych. Anatomia i fizjo-



Ryc. 3. *Drosophila melanogaster* samiec (po lewej) & samica (po prawej), wg www.gen.cam.ac.uk/dept/ashburner.html



Ryc. 4. Głowa z oczami złożonymi *Drosophila melanogaster*, wg web.unbc.ca/.../doubting_natural_selection.html



Ryc. 5. Układ wzrokowy muszki *Drosophila*, wg www.nimr.mrc.ac.uk/.../salecker/projections

logia tego owada jest bardzo dobrze poznana i opisana w literaturze.

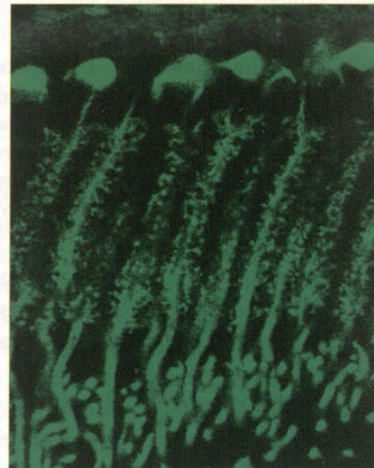
Układ wzrokowy *Drosophila melanogaster* (ryc. 4, 5) cechuje się regularną budową anatomiczną. Oko muszki owocowej jest niesłychanie skomplikowanym narządem, zbudowanym z 700 ommatidiów — pojedynczych jednostek, które na powierzchni oka widoczne są w postaci fasetek. W każdym ommatidium występuje osiem fotoreceptorów (R1-R6, R7, R8) (ryc. 5).

Głównymi elementami układu wzrokowego są: siatkóweczka (retina) oraz płaty wzrokowe zbudowane z trzech płytek (warstw komórek): zewnętrznej (lamina), środkowej (medulla) i wewnętrznej (lobula). Funkcją układu wzrokowego jest rejestrowanie bodźców świetlnych i wzrokowych, a następnie ich przetwarzanie na impulsy nerwowe i przesyłanie do neuronów w środkowej części mózgu, analizujących te informacje.

W układzie wzrokowym muszki owocowej liczba połączeń synaptycznych pomiędzy neuronami, jak i kształt

komórek nerwowych — zwłaszcza ich krótkich wypustek dendrytycznych, zmienia się cyklicznie w ciągu doby przystosowując układ nerwowy do większej aktywności w ciągu dnia, związanej z większą aktywnością motoryczną zwierzęcia o tej porze doby. Z badań prowadzonych w Zakładzie Cytologii i Histologii wiadomo już, że plastyczność ta kontrolowana jest przez zegar biologiczny. Zegar biologiczny u *Drosophila melanogaster* stanowi grupa specjalnych neuronów, charakteryzujących się spontaniczną, okołodobową aktywnością, które zlokalizowano w płatach wzrokowych (w medulla) oraz w środkowej części mózgu. Ostatnio prowadzone są intensywne badania nad mechanizmem zegara biologicznego oraz całego systemu zegarowego odpowiedzialnego za generowanie rytmów, synchronizację rytmów z dobowymi zmianami światła oraz przekazywaniem endogennych sygnałów zegara biologicznego do narządów efektorowych, których aktywność znajduje się pod jego kontrolą.

Zegar ten daje też sygnał, kiedy odpowiednie neurony, np. w układzie wzrokowym, mają zwiększyć średnicę swoich aksonów, wydłużyć i powiększyć dendryty, aby przygotować je na zwiększony przepływ informacji (świetlnych i wzrokowych w przypadku układu wzrokowego) odbieranych ze środowiska



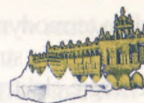
Ryc. 6. Neurony w układzie wzrokowym *Drosophila melanogaster*, w których wykryto strukturalne zmiany plastyczne. Zdjęcie z mikroskopu konfokalnego. Fot. Jolanta Górską-Andrzejak

Wykryte u muszki owocowej dobowe zmiany w morfologii neuronów, sterowane przez zegar biologiczny, występują prawdopodobnie również u kręgowców, z ssakami włącznie, o czym świadczą pierwsze badania neuronów w siatkówce ryb i ssaków. Prawdopodobnie dlatego łatwiej się nam uczyć, biegać, czy wykonywać inne czynności o określonej porze doby, gdy neurony związane z daną czynnością aktywowane są przez zegar biologiczny.

Wpłynęło 23.04.2007

Prof. dr hab. Elżbieta Pyza jest kierownikiem Zakładu Cytologii i Histologii Instytutu Zoologii Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie a Anna Namroży i Ewelina Nianko są magistrantkami w tym Zakładzie. e-mail: pyza@zukunft.iz.uj.edu.pl

Paweł NOWAK (Kraków)



PÓŁPRZEWODNIKI W OCHRONIE ŚRODOWISKA

Wstęp, czyli co mamy z półprzewodników?

Półprzewodniki kojarzą się przede wszystkim z elektroniką. Istotnie, wszystkie nowoczesne urządzenia techniczne, zarówno przemysłowe, jak i powszechnego użytku, począwszy od sterowanej procesorem obrabiarki, a na telefonie komórkowym skończywszy naszpikowane są półprzewodnikami. Bez półprzewodników nie można sobie wyobrazić rozwoju technologii cyfrowych. Wystarczy przypomnieć, że pierwsze komputery, które zbudowano jeszcze zanim rozpoczęto produkcję elementów półprzewodnikowych na skalę przemysłową miały wielkość kilku słoni i zużywały tyle energii elektrycznej ile potrzeba do oświetlenia niewielkiego miasteczka. Dzisiaj komputer przenośny, który mieści się w teczce i zasilany jest z baterii o wielkości kostki mydła ma moc obliczeniową tysiące razy większą, daje możliwość oglądania zdjęć i filmów oraz słuchania muzyki z płyt CD, a połączony z siecią obsługuje pocztę elektroniczną, umożliwia słuchanie radia i oglądanie telewizji a także rozmawianie przez telefon i przeglądanie stron internetowych.

Elektronika nie jest jednak jedynym polem zastosowania półprzewodników. Znajdują one również inne, bardzo ważne, a mniej znane zastosowania. Jedną z cech półprzewodników jest zdolność do pochłaniania energii promieniowania słonecznego i przetwarzania jej na inne formy energii: energię elektryczną czy energię chemiczną.

Dlaczego energia ze słońca?

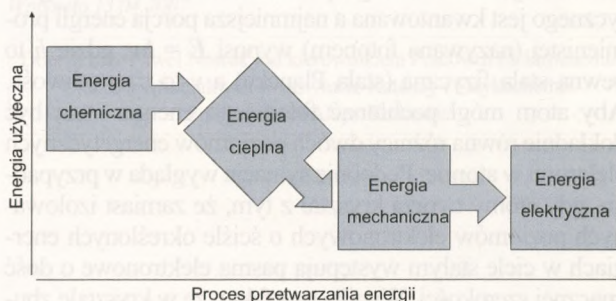
Obecnie przytłaczająca większość energii zużywanej przez społeczeństwo pochodzi ze spalania paliw kopalnych (torf, węgiel, ropa naftowa, gaz ziemny). Fakt, że paliwa te ulegną w niedalekiej przyszłości wyczerpaniu nie ulega wątpliwości, nic więc dziwnego, że naukowcy prowadzą intensywne badania nad pozyskiwaniem energii ze źródeł innych niż paliwa kopalne. Nadzieję na radykalne rozwiązanie problemów energetycznych świata stwarza reakcja syntezy termojądrowej. Niestety, jak się wydaje, jeszcze przez co najmniej kilkadziesiąt lat problem prowadzenia w kontrolowany i opłacalny ekonomicznie sposób reakcji syntezy termojądrowej pozostanie nierozwiązany. Rozwój energetyki jądrowej opartej na reakcji rozszczepienia jąder ciężkich (uran, pluton) napotyka ogromny opór społeczny, a poza tym zasoby materiałów rozszczepialnych również ulegają wyczerpaniu. Inne źródła energii takie jak energia wiatru, przyptyków morskich czy wód spływających rzekami również są ograniczone a ich wykorzystanie wymaga poważnej ingerencji w środowisko. Trudno sobie wyobrazić, że pokryjemy kilkadziesiąt procent powierzchni kraju wiatrakami zmieniając zupełnie krajobraz, a na rzekach zbudujemy co kilkadziesiąt kilometrów zapory zalewając znaczny obszar kraju.

Niewyczerpanym źródłem energii jest słońce. Należy tu zauważyć, że spalając paliwa kopalne wykorzystujemy w gruncie rzeczy energię promieniowania słonecznego, która

została w nich zmagazynowana w ciągu milionów lat, w wyniku zachodzenia procesu fotosyntezy. Proces fotosyntezy dostarcza nam również energii w sposób ciągły, bo przecież na początku łańcucha pokarmowego, na końcu którego figuruje kotlet schabowy dostarczający naszemu organizmowi energii do życia, znajdują się rośliny pobierające energię z promieniowania słonecznego. Nawet energia pozyskiwana z hydroelektrowni pochodzi w gruncie rzeczy z promieniowania słonecznego, gdyż to właśnie promieniowanie słoneczne ogrzewa wody oceanów, powodując ich parowanie, co z kolei powoduje powstawanie deszczy zasilających rzeki.

Energia energii nierówna, czyli jak uzyskać energię elektryczną z innych form energii?

Pozyskiwanie energii z promieniowania słonecznego można zintensyfikować poprzez zwiększenie produkcji biomasy (biomasa to ogólna masa materii organicznej znajdującej się w środowisku). Jest to bardzo obiecujący kierunek, taki sposób pozyskiwania energii z promieniowania słonecznego ma jednak poważne minusy. Otóż najbardziej użyteczną formą energii jest energia elektryczna. Energię elektryczną można przetworzyć, praktycznie rzecz biorąc bez strat, na każdy inny rodzaj energii i przesyłać na dalekie odległości, a przytłaczająca większość urządzeń współczesnej techniki zasilana jest energią właśnie w postaci energii elektrycznej. Zarówno paliwa kopalne jak i biomasę przetwarzają się w energię elektryczną spalając je i zamieniając pozyskaną w ten sposób energię cieplną w energię elektryczną. Niestety przy przetwarzaniu energii cieplnej w energię elektryczną występują zawsze straty, co zobrazowano na rycinie 1.



Ryc. 1. Ogólny schemat procesu przetwarzania energii zawartej w paliwie w energię elektryczną

Energia słoneczna zmagazynowana jest w paliwie w postaci energii reakcji chemicznych. Energię tę przetwarzamy najpierw na energię cieplną. Ta z kolei przetwarzana jest (przy pomocy turbiny) na energię mechaniczną a dopiero energia mechaniczna przetwarzana jest na energię elektryczną. Otóż przetwarzanie energii cieplnej na jakikolwiek inny rodzaj energii wiąże się zawsze ze stratami i nie są to straty wynikające z niedoskonałego działania urządzenia przetwarzającego energię. Wystąpienie takich strat przewi-

duje termodynamika i nie można ich uniknąć. Problem występowania strat w procesie zamiany energii chemicznej na energię elektryczną można ominąć zamieniając bezpośrednio energię chemiczną na energię elektryczną bez pośrednictwa energii cieplnej. Zamianę taką umożliwiają ogniwa paliwowe. Jednakże paliwa uzyskane w procesie fotosyntezy, w tym biomasa, niezbyt dobrze nadają się do zasilania ogniw paliwowych. Poszukuje się więc metod pozwalających zamieniać bezpośrednio energię słoneczną na energię elektryczną, czy na inne formy energii. Jedną z takich metod jest fotoelektrokataliza.

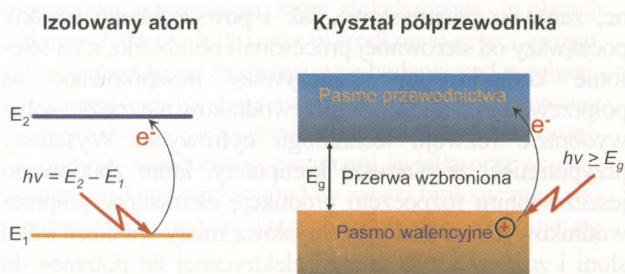
Nieco teorii, czyli jak to robią półprzewodniki?

Prawa fizyki klasycznej nie stosują się do opisu układów o wymiarach atomowych. Zachowaniem takich układów rządzi mechanika kwantowa. Zgodnie z zasadami mechaniki kwantowej energia każdego układu jest kwantowana, to znaczy nie może przybierać dowolnych wartości, lecz wybrane dyskretne (nieciągłe) wartości. Atom składa się z dodatniego jądra i poruszających się wokół niego elektronów. Ujemnie naładowane elektrony przyciągane są przez dodatnie jądro i nie spadają na jądro tylko dlatego, że znajdują się w ciągłym ruchu. W przypadku atomu zasady mechaniki kwantowej mówią, że energia potencjalna elektronu (która wynika z przyciągania elektronu przez dodatnie jądro) musi przybierać ściśle określone wartości. Wartości energii, które mogą być przyjmowane przez układ jądro — elektron nazywają się poziomami energetycznymi elektronu. Jeśli atom pochłania energię to elektron może przejść z niższego poziomu energetycznego na wyższy, przy czym różnica energii tych dwóch poziomów musi się równać się ilości pochłoniętej energii.

Atom może pochłaniać energię w postaci promieniowania elektromagnetycznego. Jedną z form promieniowania elektromagnetycznego jest światło. Pochłonięta energia może być zamieniona w inne formy energii, na przykład w energię reakcji chemicznej. Zgodnie z zasadami mechaniki kwantowej również energia promieniowania elektromagnetycznego jest kwantowana a najmniejsza porcja energii promienistej (nazywana fotonem) wynosi $E = h\nu$, gdzie h to pewna stała fizyczna (stała Plancka) a ν to częstotliwość. Aby atom mógł pochłonąć foton jego energia musi być dokładnie równa różnicy dwóch poziomów energetycznych elektronu w atomie. Podobnie sytuacja wygląda w przypadku, gdy atomy tworzą kryształ z tym, że zamiast izolowanych poziomów elektronowych o ściśle określonych energiach w ciele stałym występują pasma elektronowe o dość znacznej szerokości. Wynika to z faktu, że w kryształach zbudowanym z olbrzymiej liczby atomów każdy z atomów wnosi do kryształu swój własny poziom elektronowy. Poziomy te różnią się minimalnie od siebie energiami a ponieważ jest ich tak wiele tworzą ciągłe pasma energetyczne. Przedstawiono to schematycznie na ryc. 2.

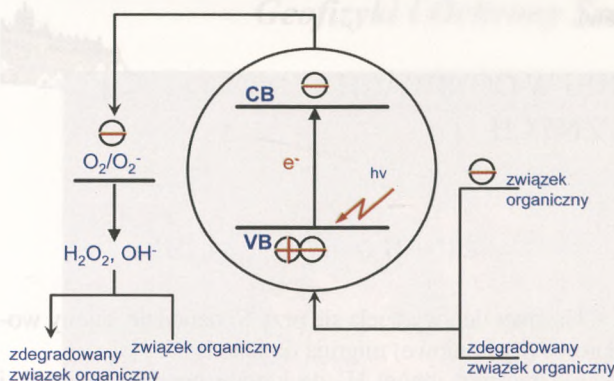
W izolowanym atomie (lub w izolowanej molekuły związku chemicznego) wypełniony poziom elektronowy o najniższej energii nazywamy poziomem walencyjnym. W procesie absorpcji fotonu elektron przenoszony jest najczęściej z poziomu walencyjnego na najniższy niezapełniony poziom elektronowy. Podobnie jest w przypadku kryształu. Elektron w procesie absorpcji przenoszony jest z pasma wa-

lencyjnego do niezapełnionego pasma przewodnictwa pozostawiając w paśmie walencyjnym puste miejsce, tak zwaną dziurę elektronową. Istotna różnica pomiędzy absorpcją fotonu przez atom i przez kryształ polega na tym, że w przypadku izolowanego atomu energia fotonu musi być dokładnie równa różnicy energii poziomów, pomiędzy którymi przenoszony jest elektron, podczas gdy w przypadku kryształu absorpcji ulegają wszystkie kwanty o energii większej niż szerokość przerwy wzbronionej.



Ryc. 2. Uproszczony schemat ilustrujący proces absorpcji fotonu w izolowanym atomie i w kryształach półprzewodnika

Nie wszystkie krystaliczne ciała stałe mają taką strukturę pasmową, jak przedstawiona na ryc. 2. Półprzewodnikami są tylko te ciała stałe, które mają całkowicie zapełnione pasmo walencyjne i całkowicie puste pasmo przewodnictwa, a pasma te przedzielone są przerwą wzbronioną o umiarkowanej szerokości. Jeśli przerwa ta jest zbyt duża to przewodnictwo elektryczne kryształu staje się bardzo małe, a energia fotonów światła słonecznego jest zbyt niska, aby spowodować przeniesienie elektronów między pasmami. W przypadku przerwy wzbronionej o bardzo małej szerokości kryształ przybiera właściwości metalu i staje się zupełnie nieprzezroczysty dla promieniowania. Wytworzenie pary: elektron w paśmie przewodnictwa — dziura w paśmie walencyjnym nie gwarantuje jeszcze tego, że kryształ półprzewodnika stanie się źródłem energii elektrycznej. Elektron przeniesiony do pasma przewodnictwa może z powrotem powrócić na swoje poprzednie miejsce (energia jest przy tym wydzielana w postaci ciepła). Proces taki nazywamy rekombinacją a najlepszą metodą, aby mu zapobiec, jest wytworzenie gradientu potencjału elektrycznego w miejscu, gdzie powstaje para: elektron — dziura elektronowa. Nośniki ładunku (dziura i elektron) przemieszczają się wówczas w przeciwnych kierunkach a w obwodzie płynie prąd elektryczny. Najlepsze warunki dla rozdzielania ładunków panują w miejscu gdzie stykają się ze sobą dwa obszary tego samego półprzewodnika, jeden o przewodnictwie typu „n”, drugi o przewodnictwie typu „p”. Półprzewodnik typu „n” to półprzewodnik, który w wyniku wprowadzenia do niego domieszki obcego pierwiastka ma pewną (niewielką) ilość swobodnych elektronów w paśmie przewodnictwa, półprzewodnik typu „p” to półprzewodnik, który w wyniku wprowadzenia do niego domieszki obcego pierwiastka ma pewien (niewielki) niedomiar elektronów w paśmie walencyjnym. Jeśli zetkniemy dwa kawałki tego samego półprzewodnika, różniące się typem przewodnictwa (takie połączenie nosi nazwę złącza p-n) to elektrony z półprzewodnika typu „n” przepłyną do półprzewodnika typu „p” zapelniając istniejące tam dziury elektronowe. Tworzy się różnica potencjałów konieczna do rozdzielania nośników ładunku



Ryc. 3. Uproszczony schemat fotodegradacji substancji organicznych zaadsorbowanych na powierzchni ziarna półprzewodnika (CB pasmo przewodnictwa, VB — pasmo walencyjne)

powstałych w wyniku absorpcji światła. Taki układ jest podstawą konstrukcji tak zwanych „suchych” ogniw fotowoltaicznych. Ogniwa te wytwarza się z krzemu i odznaczają się one doskonałymi parametrami (stosowane są na przykład do zasilania obiektów w przestrzeni kosmicznej). Niestety, cena ich jest bardzo wysoka, ze względu na wysoką cenę krzemu.

Znacznie tańszym materiałem, który może również służyć do konstrukcji ogniw fotowoltaicznych jest ditlenek tytanu (TiO_2). W oparciu o ten materiał buduje się tak zwane „mokre” ogniwa fotowoltaiczne. W tych ogniwach niezbędny gradient potencjału elektrycznego powstaje na granicy faz: półprzewodnik — roztwór wodny. Ogniwa te są niestety bardziej złożone niż „suche” ogniwa fotowoltaiczne i wykazują mniejszą sprawność w przetwarzaniu energii słonecznej na elektryczną, jednak to właśnie te ogniwa stwarzają w chwili obecnej największe szanse na wykorzystanie energii promieniowania słonecznego do produkcji energii elektrycznej w skali przemysłowej.

Energia elektryczna: to jeszcze nie wszystko

Energię promieniowania słonecznego można również przetwarzać przy pomocy półprzewodników na energię reakcji chemicznej. Obrazuje to schemat przedstawiony na ryc. 3. Jeśli do roztworu wodnego, zawierającego rozpuszczone tlen oraz rozpuszczone substancje organiczne zanur-

zymy ziarno półprzewodnika, to tlen i obecne w roztworze substancje organiczne zostaną zaadsorbowane na jego powierzchni. Jeśli teraz oświetlimy taki układ światłem o energii kwantów większej niż szerokość przerwy wzbronionej to wytworzymy pary: elektron — dziura elektronowa. Elektron w paśmie przewodnictwa może zostać przeniesiony do molekuly tlenu zaadsorbowanej na powierzchni, powodując jej redukcję, natomiast dziura elektronowa może „wyrwać” elektron z molekuly związku organicznego, powodując jego utlenienie. Produktem redukcji tlenu są związki chemiczne (między innymi woda utleniona) znacznie bardziej reaktywne niż sam tlen, które mogą powodować utlenienie związków organicznych obecnych na powierzchni oraz w otaczającym roztworze. Silne utlenienie związku organicznego powoduje zazwyczaj jego rozkład (degradację). W taki właśnie sposób działają popularne wybielacze do tkanin. W efekcie prowadzi to do oczyszczenia roztworu, w którym zanurzony był półprzewodnik, z rozpuszczonych substancji organicznych. Zjawisko to można wykorzystać do oczyszczania wody i ścieków z substancji organicznych stanowiących zanieczyszczenia. Na tej samej zasadzie działają farby do malowania powierzchni ścian, które pod wpływem promieniowania ulegają samooczyszczeniu a także szyby, których nie trzeba myć gdyż pod wpływem promieniowania słonecznego brud ulega usunięciu z ich powierzchni samoczynnie. Jedynym, praktycznie rzecz biorąc, półprzewodnikiem, który znalazł praktyczne zastosowanie w tego typu procesach jest ditlenek tytanu. Związek ten ma odpowiednią strukturę elektronową, a poza tym jest nieszkodliwy dla organizmów żywych i dla środowiska.

Energię promieniowania słonecznego można wykorzystać nie tylko do przeprowadzenia reakcji rozkładu (degradacji) związków chemicznych. Można również pokierować przebiegiem reakcji chemicznych w taki sposób, aby z substancji obecnych w roztworze powstały cenne produkty. Tego typu procesy nie znalazły jednak jak dotychczas praktycznego zastosowania.

Wpłynęło 13.04.2007

Doc. dr hab. Paweł Nowak jest kierownikiem Pracowni Elektrochemii Układów Mineralnych w Instytucie Katalizy i Fizykochemii Powierzchni PAN w Krakowie

Marta RADECKA (Kraków)

KONWERSJA ENERGII SŁONECZNEJ W OGNIWACH FOTOELEKTROCHEMICZNYCH

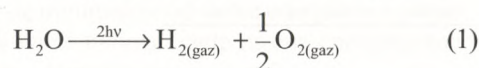


Zastąpienie tradycyjnych źródeł energii opartych na spalaniu paliw stałych, ciekłych i gazowych odnawialnymi i przyjaznymi środowisku źródłami energii stanowi obecnie jedno z najważniejszych wyzwań dla nauki. Związane jest to z jednej strony postępującym efektem cieplarnianym, z drugiej strony wyczerpywaniem się źródłem tych paliw (zwłaszcza ropy naftowej) jak i skomplikowaną sytuacją polityczną w większości państw, w których te źródła się znajdują.

Najnowsze osiągnięcia fizykochemii ciała stałego, a w szczególności w foto-elektrochemii materiałów półprzewodnikowych roszą nadzieję na opracowanie metod otrzymywania wodoru, który może być użyty jako paliwo w konwencjonalnych silnikach spalinowych bądź też w znacznie bardziej wydajnych ogniwach paliwowych. Ogniwa paliwowe mogą stanowić zarówno źródło energii elektrycznej, pozbawione wad związanych z wahaniami nasłonecznienia, jak i do napędu pojazdów w miejsce stosowanych powszechnie silników spalinowych. Metody te oparte są na odkrytym już w 1839 efekcie Becquerela polegającym na absorpcji energii słonecznej przez półprzewodniki. W wyniku absorpcji fotonów następuje kreacja nadmiarowych par elektron-dziura w nasświetlanym półprzewodniku. Utworzone w ten sposób foto-nośniki prądu elektrycznego są zdolne do rozkładu wody na tlen i wodór w specjalnie skonstruowanych foto-elektrochemicznych ogniwach (*photoelectrochemical cells* — PEC).

Energia konieczna do rozkładu wody na gazowy tlen i wodór wynosi 2,46 eV. Obecność samorzutnie powstających w wyniku dysocjacji jonów H^+ i OH^- ułatwia przeprowadzenie procesu elektrolizy wody. Energia wymagana do rozerwania wiązania w rodniku O-H wynosi 1,23 eV co odpowiada energii fotonu o długości fali 1000 nm. Pozwala to więc na wykorzystanie światła widzialnego do fotorozkładu wody. Bezpośrednie wykorzystanie energii słonecznej do rozkładu wody nie jest możliwe, ponieważ woda nie absorbuje fotonów o takiej energii. Zjawisko absorpcji światła w zakresie widzialnego występuje jednak w półprzewodnikach o odpowiednio dobranej przerwie energetycznej E_g .

Ogniwo fotoelektrochemiczne zbudowane jest z anody półprzewodnikowej, elektrolitu zawierającego pary redokso- H_2O/O_2 i H^+/H_2 oraz katody metalicznej (ryc. 1.) Reakcja zachodząca w ogniwie fotoelektrochemicznym

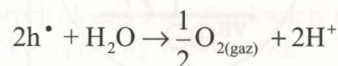


jest wynikiem następujących procesów:

— generacja par elektron-dziura w obszarze fotoanody półprzewodnikowej wskutek absorpcji fotonu o energii $h\nu \rightarrow e^+ + h^*$

h — stała Plancka, ν — częstotliwość zaabsorbowanego światła, e^- — elektron, h^* — dziura elektronowa;

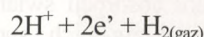
— utleniania wody przy powierzchni fotoanody:



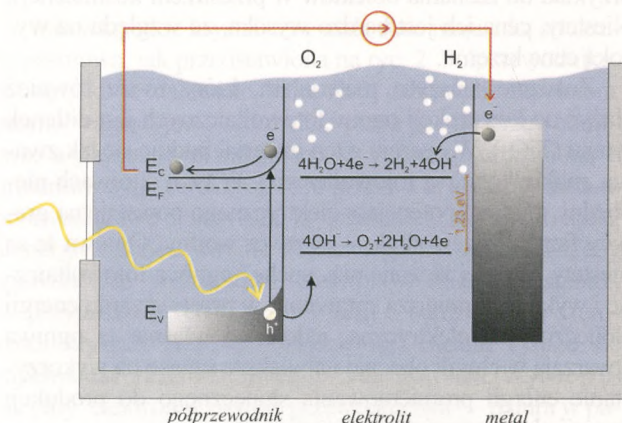
Gazowy tlen wydziela się przy fotoanodzie, a jony wodorowe (hydroniowe) migrują do katody.

— transport jonów H^+ do katody poprzez elektrolit i transport elektronów do katody poprzez elektryczny obwód zewnętrzny;

— redukcję jonów wodorowych do gazowego wodoru przy katodzie zgodnie z reakcją:



Na katodzie ogniwa fotoelektrochemicznego wydziela się gazowy wodór.



Ryc. 1. Schemat komórki elektrochemicznej do fotorozkładu wody

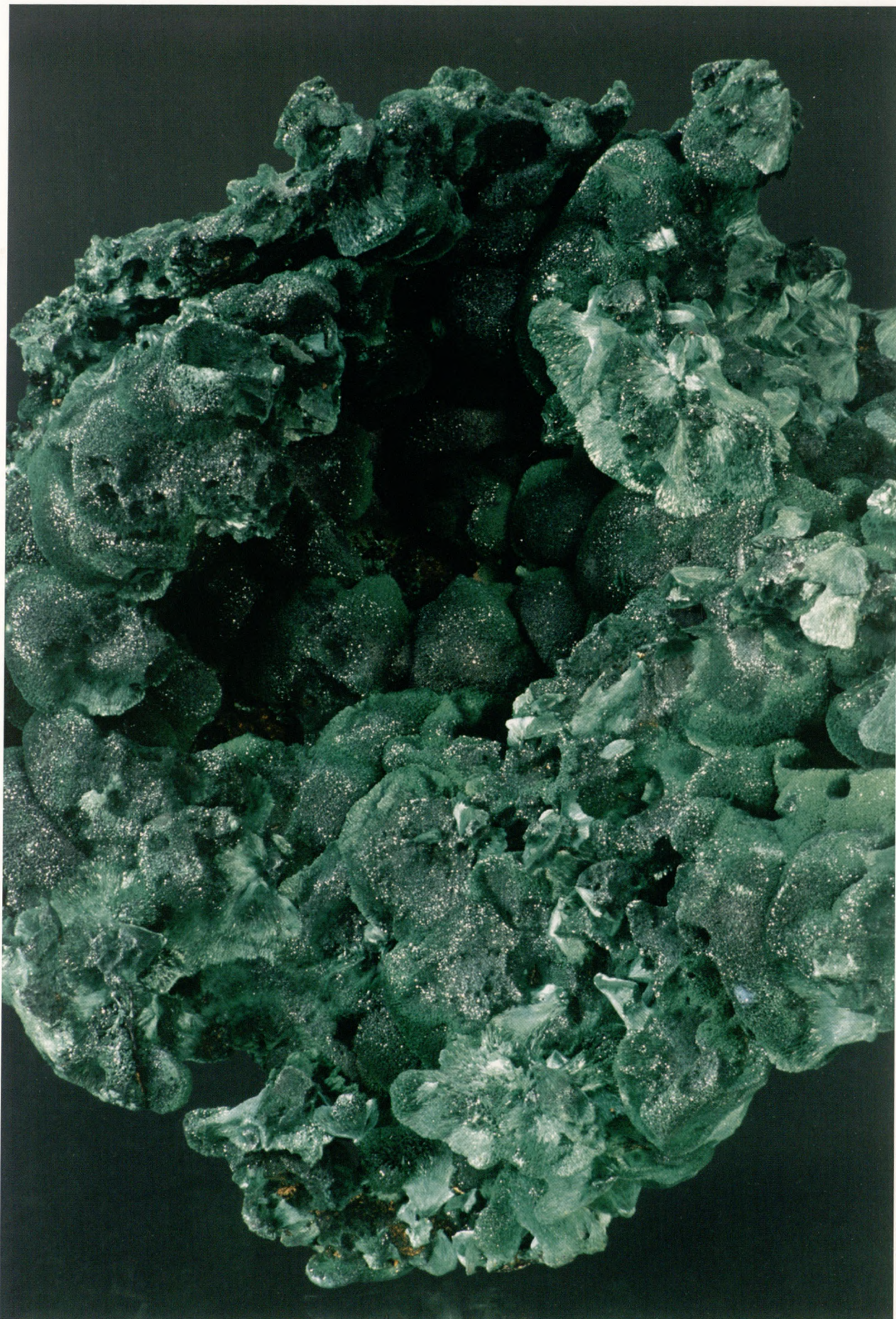
Po raz pierwszy fotorozkład wody został zademonstrowany w 1972 roku przez Fujishimę i Hondę dla ogniwa PEC z fotoanodą z monokrystalicznego TiO_2 . Odkrycie to zapoczątkowało rozwój badań nad fotoogniwami wykorzystującymi złącze półprzewodnik-elektrolit. Zastosowanie fotoanod z monokrystalicznego TiO_2 jest przedsięwzięciem drogim z racji braku taniej metody hodowli kryształów TiO_2 w formie cienkich płytek o dużej powierzchni, a ponadto uzyskana przez wspomnianych autorów efektywność konwersji energii słonecznej w chemiczną energię spalania wodoru była niska (poniżej 2%). Dlatego też celem prac badawczych prowadzonych obecnie na świecie jest znalezienie odpowiedniego materiału na fotoanodę w ogniwie fotoelektrochemicznym PEC, która zapewniłaby wysoką efektywność konwersji energii słonecznej. Materiał fotoanody powinien spełniać następujące kryteria:

1. wartość energetycznej przerwy wzbronionej E_g powinna być rzędu 1,5–2 eV, co odpowiada maksymalnej absorpcji w zakresie widzialnym promieniowania słonecznego;
2. krawędź pasma przewodnictwa musi leżeć wyżej niż potencjał elektrochemiczny redukcji jonów wodorowych, a krawędź pasma walencyjnego odpowiednio niżej niż potencjał elektrochemiczny utleniania wody, o

*Ciekawe okazy z Muzeum Geologicznego na Wydziale Geologii,
Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH w Krakowie*



Masywna miedź rodzima. Wymiary: 300x180x140 mm. Caledonia Mine, Ontonagon County,
Michigan, USA. Fot. R. Słaboński



Igielkowato wykształcone kryształy malachitu tworzące duże, groniaste i snopkowate naskorupienie.
Wymiary: 280x230x160 mm. Kopalnia Kasompi, Shaba (Katanga), Dem. Rep. Konga.
Fot. R. Słaboński



Drobno laminowane nacieki malachitowe o kształcie groniasto-nerkowatych naskorupień; przekrój polerowany. Wymiary: 135x90x7 mm. Shaba (Katanga), Dem. Rep. Kongo. Fot. R. Molenda



Oktaedryczne kryształy galeny średnicy około 2 cm na krystalicznym sfalerycie. Kopalnia „Trzebionka”, w trakcie likwidacji do 2009 r. Fot. R. Słaboński

czym decyduje wartość tzw. potencjału płaskich pasm (flat band potential, V_{FB});

3. wymagany jest szybki transport ładunku do elektrolitu w celu zmniejszenia prawdopodobieństwa rekombinacji, co można uzyskać modyfikując wysokość i szerokość bariery potencjału;
4. powierzchnia fotoanody powinna wykazywać maksymalną odporność na korozję i fotokorozję oraz stabilne zachowanie podczas pracy w PEC;
5. ważne są również względy ekonomiczne, głównie niskie ceny materiałów wyjściowych oraz wytwarzania fotoelektronów.

Półprzewodniki walencyjne (CdS, GaAs, GaP), które wykazują wartość energetycznej przerwy wzbronionej umożliwiającej osiągnięcie wysokiej wydajności pracy ogniwa PEC, charakteryzują się niestabilnymi właściwościami w roztworach elektrolitów, ulegając korozji i fotokorozji. Obiecującym materiałem elektrodowym jest dwutlenek tytanu TiO_2 , gdyż spełnia większość powyższych wymagań. Podstawową zaletą, która stawia go ponad innymi proponowanymi półprzewodnikami jest jego wysoka stabilność i odporność na korozję przy równocześnie dużych możliwościach kształtowania właściwości półprzewodnikowych.

Niestety szeroka przerwa TiO_2 (3–3,4 eV) stanowi istotną barierę w osiągnięciu wysokiej efektywności procesu, wymagana więc jest modyfikacja właściwości fotoelektrochemicznych, która obejmuje:

- domieszkowanie, z którym jest związane powstawanie w przerwie energetycznej dodatkowych poziomów lokalnych lub pasm donorowych/akceptorowych warunkujących dodatkową absorpcję światła w obszarze widzialnym. W tym przypadku fotonosniki mogą być generowane poprzez jonizację tych poziomów lokalnych (tzw. *sub-band ionization*), lub też poprzez elektronowe przejścia pomiędzy utworzonymi pasmami;

- tworzenie roztworów stałych tlenków o tej samej walencyjności, czego skutkiem jest autoregulacja przerwy wzbronionej (kontrola E_g poprzez skład roztworu);

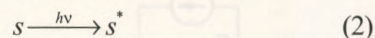
- pokrycie powierzchni związkami organicznymi (barwnikami) w wyniku czego zachodzi absorpcja światła przez barwnik zmieniająca jego strukturę elektronową z równoczesnym tworzeniem fotoelektronów;

- wprowadzenie metali szlachetnych Pt, Pd, Au, Ag w postaci domieszek atomów/jonów lub w postaci wtrąceń rozproszonych w matrycy dielektrycznej, co prowadzi do pojawienia się pasm absorpcyjnych związanych z występowaniem tzw. plazmowego rezonansu powierzchniowego;

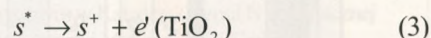
- tworzenie heteroukładów złożonych z dwóch półprzewodników znacznie różniących się wartościami energetycznej przerwy wzbronionej w celu rozszerzenia zakresu długości fali, dla którego zachodzi absorpcja światła oraz zwiększenia czasu rekombinacji.

Ogniwo PEC może być również źródłem energii elektrycznej, jeżeli w elektrolicie występuje jeden rodzaj jonów, biorących udział w reakcjach redox. W takim przypadku proces utleniania (na anodzie) jest procesem odwrotnym do redukcji (na katodzie) a ogniwo jest ogniwem odwracalnym. Największą wydajność konwersji energii słonecznej na elektryczną w ogniwach tego rodzaju uzyskano stosując nanoporowate elektrody TiO_2 o dużym rozwinięciu po-

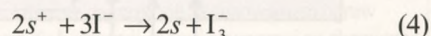
wierzchni właściwej, pokryte warstwą barwnika organicznego, np. kompleksów rutenu. Schemat takiego ogniwa (tzw. *Dye-sensitized cell*) wraz z układem pasm energetycznych przedstawiono na ryc. 2. W wyniku absorpcji kwantu promieniowania cząsteczki barwnika (s) przechodzą w stan wzbudzony (s^*):



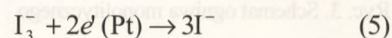
Elektron ze wzbudzonej cząsteczki barwnika jest przekazywany do pasma przewodnictwa w półprzewodniku



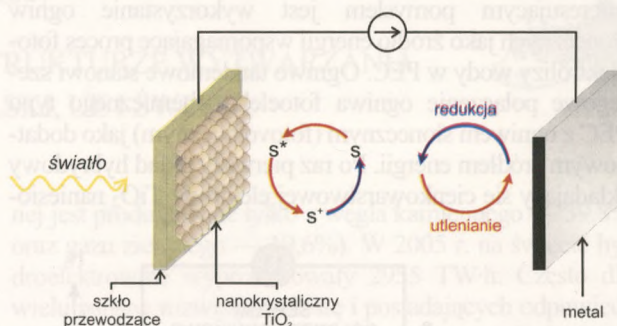
Następnie cząsteczka przechodzi do stanu podstawowego w wyniku reakcji z jonami elektrolitu (utlenianie jonów elektrolitu):



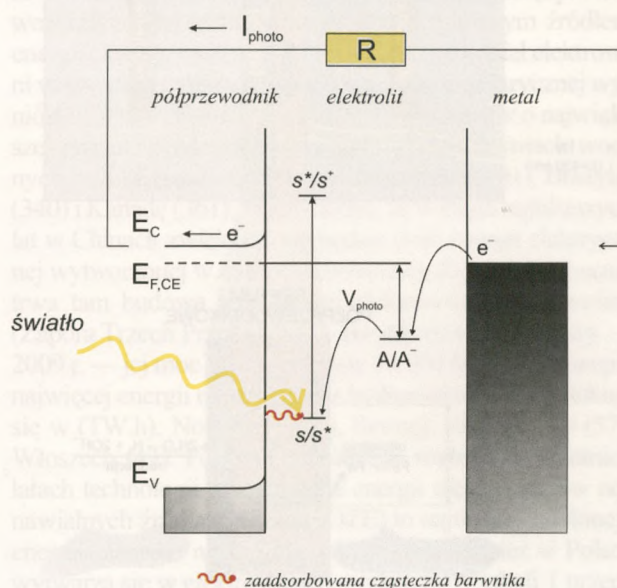
Elektrony z półprzewodnika przechodzą obwodem zewnętrznym do przeciwelektrody, gdzie są przekazywane jonom w elektrolicie (redukcja jonów):



Ogniwa fotowoltaiczne mogą być źródłem prądu elektrycznego tylko w warunkach oświetlenia. Ogniwa PEC służące do fotoelektrolizy wody mają tę przewagę, że cho-

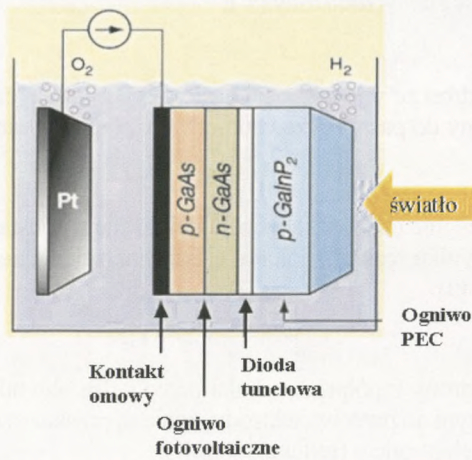


Ryc. 2a. Schemat ogniwa PEC z fotosensybilizowaną, nanoporowatą elektrodą



Ryc. 2b. Schemat działania ogniwa słonecznego z elektrodą półprzewodnikową, pokrytą barwnikiem

ciaż ich wydajność jest mniejsza, to umożliwiają uzyskiwanie wodoru, który można łatwo magazynować, a następnie w miarę potrzeb wykorzystywać w procesie spalania (np. w silnikach samochodowych) lub w ogniwach paliwowych w dowolnym momencie.



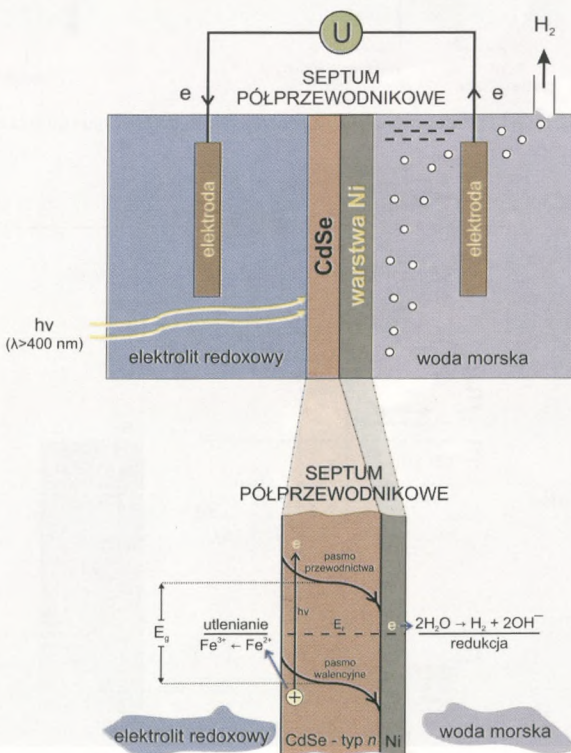
Ryc. 3. Schemat ogniw monolitycznego

Zwiększenie współczynnika efektywności konwersji energii słonecznej na energię chemiczną może być osiągnięte poprzez zmianę konfiguracji (ogniwa tandemowe), w której pracuje ogniwo fotoelektrochemiczne PEC. Interesującym pomysłem jest wykorzystanie ogniw słonecznych jako źródła energii wspomagające proces fotoelektrolizy wody w PEC. Ogniwo tandemowe stanowi szeregowo połączenie ogniw fotoelektrochemicznego typu PEC z ogniwem słonecznym (fotowoltaicznym) jako dodatkowym źródłem energii. Po raz pierwszy układ hybrydowy składający się z cienkowarstwowej elektrody TiO₂ naniesio-

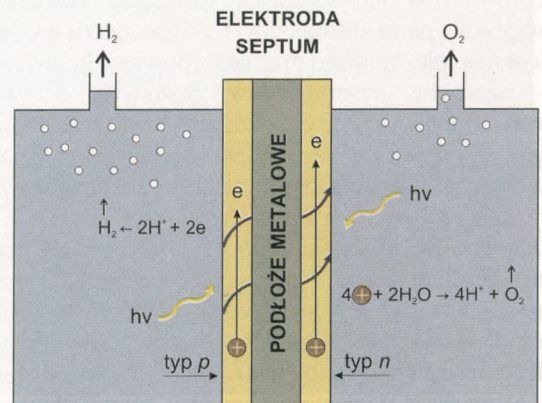
nej na krzemowe ogniwo słoneczne ze złączem n-p opisał w 1976 Morisaki. Fotony światła o energii równej lub większej od 3 eV są pochłaniane przez warstwę dwutlenku tytanu, natomiast fotony o energii z zakresu 3–1,2 eV są przepuszczane przez elektrodę, a następnie są absorbowane w ogniwie krzemowym. W takim układzie obserwuje się zamianę energii słonecznej na energię reakcji chemicznej (ogniwo PEC) oraz na energię elektryczną (ogniwo słoneczne).

Rozwiązanie, polegające na tworzeniu zintegrowanego, monolitycznego układu ogniwo fotowoltaiczne-ogniwo PEC ilustruje ryc. 3. Fotokatodą w ogniwie PEC jest GaInP₂ o energetycznej przerwie wzbronionej 1,83 eV. Efekt fotowoltaiczny zachodzi w ogniwie na bazie arsenku galu na złączu n/p. Wartość energetycznej przerwy wzbronionej GaAs wynosi 1,42 eV. Półprzewodnik ten absorbuje światło w zakresie spektralnych fal dłuższych w porównaniu z absorpcją zachodzącą w ogniwie fotoelektrochemicznym z katodą GaInP₂. Pozwala to na bardziej efektywne wykorzystanie energii słonecznej do procesu elektrolizy. Współczynnik efektywności omawianego ogniw tandemowego wynosi 12% i jest znacznie wyższy od wartości uzyskiwanych w ogniwach PEC (3%). Wysokie koszty otrzymywania warstw epitaksjalnych stanowią przeszkodę w ich stosowaniu na szeroką skalę. Wspomaganie procesu fotoelektrolizy realizowane może być również przy wykorzystaniu ogniw PEC z barwnikami. Grätzel zaproponował budowę ogniw tandemowego składającego się PEC z anodą na bazie WO₃ (lub Fe₂O₃) oddzielnego od ogniw słonecznego nanoporowatym TiO₂ pokrytym barwnikiem. Efektywność konwersji całego układu wynosi 7% a koszty wytworzenia są znacznie niższe niż tandemowych ogniw monolitycznych.

Nową konfigurację ogniw fotoelektrochemicznego z tzw. przegrodą półprzewodnikową (Sc-septum) przedstawili w latach 90. XX w naukowcy amerykańscy. Układ ten wykorzystuje tzw. wspomaganie chemiczne procesu fotoelektrolizy wody. Zasadę działania ogniw PEC z Sc-septum ilustruje ryc. 4. Półprzewodnikowa przegroda CdSe na metalicznym niklu (lub TiO₂/Ti) łączy dwie komory z różnymi elektrolitami (elektrolit z parą redokсовą np. Fe³⁺/Fe²⁺ oraz woda morska). W wyniku oświetlenia powierzchni CdS generowana jest para: elektron dziura, która bierze udział reakcji utleniania jonów Fe²⁺ do Fe³⁺ (komora 1) oraz redukcji wody do gazowego wodoru (komora 2). Różnica po-



Ryc. 4. Schemat ogniw typu Sc-septum z przegrodą CdSe/Ni



Ryc. 5 Schemat ogniw typu Sc-septum z przegrodą n-SC/Me/p-SC

tencjałów elektrolitów występująca w poprzek półprzewodnika stanowi siłę napędową procesu separacji fotonosników, co jest efektem pożądanym z punktu widzenia efektywności procesów fotoelektrolizy wody. Modyfikacja tego ogniwa polegająca na zastosowaniu elektrody n-SC/Me/p-SC wykorzystuje analogiczne zjawiska do występujących w procesach fotosyntezy (ryc. 5). W układzie tym oświetlane są obie powierzchnie półprzewodnika (SC typ n i p). Złącze n-p umożliwia transport fotoelektronów z półprzewodnika typu n do półprzewodnika typu p. W reakcji redukcji wodoru biorą udział elektrony powstałe w wyniku absorpcji światła w obu półprzewodnikach. Istniejąca w elektrodzie różnica potencjałów ułatwia rozdzielenie fotonosników. Analogiczne dziury przechodzą do półprzewodnika typu n, biorąc udział w reakcji utleniania wody.

Podsumowanie

Zastosowanie ogniwa fotoelektrochemicznego PEC do otrzymywania nośnika energii, jakim jest wodór wymaga

zwiększenia współczynnika efektywności konwersji energii słonecznej. Koncepcja tylko nowych układów nie rozwiąże problemu poprawy efektywności, ponieważ wymagana jest również modyfikacja własności półprzewodników tlenkowych stosowanych jako elektrody w ogniwach PEC.

Wpłynęło 13.04.2007

Dr hab. inż. Marta Radecka jest pracownikiem naukowo-dydaktycznym w Katedrze Chemii Nieorganicznej Wydziału Inżynierii Materiałowej i Ceramiki Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Przedmiotem Jej zainteresowań naukowych są badania własności podstawowych, jak i aplikacyjnych, półprzewodników metali przejściowych w postaci cienkich warstw, polimono-kryształów. Obecnie zajmuje się zastosowaniem ogniwa fotoelektrochemicznego do konwersji energii słonecznej na chemiczną lub elektryczną.
e-mail: radecka@uci.agh.edu.pl

Adam SZURLEJ (Kraków)

ZNACZENIE ENERGETYKI WODNEJ W STRUKTURZE WYTWARZANIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ POLSKI, UE I ŚWIATA



Energetyka wodna — znaczące źródło zielonej energii

Woda od zarania dziejów służyła ludzkości, nie tylko utrzymując ją przy życiu, ale także dostarczając niezbędnej dla rozwoju energii. Najpierw była to energia mechaniczna, a od XIX wieku także energia elektryczna. Aktualnie w świecie energetyka wodna posiada znaczący udział w produkcji energii elektrycznej. Dla wielu państw rozwijających hydroelektrownie stanowią ważne źródło wytwarzania energii elektrycznej, również w niektórych państwach wysokorozwiniętych energetyka wodna dostarcza największej energii elektrycznej.

Polska posiada skromny potencjał hydroenergetyczny. Nie mniej jednak są podstawy dla rozwoju, przede wszystkim małej energetyki wodnej. Energetyka wodna ma także bogatą tradycję na ziemiach polskich (jedna z pierwszych elektrowni wodnych rozpoczęła pracę już w 1896 r. na rzece Słupi, moc — 0,25 MW — obecnie najstarszy w Europie działający obiekt tego typu).

Zasoby hydroenergetyczne kraju są szacowane na 23 TW.h (potencjał teoretyczny), natomiast potencjał techniczny to 13,7 TW.h. Zasoby te są wykorzystywane na poziomie 12%. Dla porównania ten poziom wykorzystania w Niemczech wynosi 80%, Norwegii — 84%, natomiast we Francji — prawie 100%.

Energetyka wodna posiada około 16% udział w produkcji energii elektrycznej na świecie (więcej energii elektrycz-

nej jest produkowane tylko z węgla kamiennego — 39,8% oraz gazu ziemnego — 19,6%). W 2005 r. na świecie hydroelektrownie wyprodukowały 2955 TW·h. Często dla wielu państw rozwijających się i posiadających odpowiednie zasoby hydroenergetyczne, elektrownie wodne są podstawowym źródłem wytwarzania energii elektrycznej. Także w niektórych państwach wysokorozwiniętych (np. Norwegia, Kanada) elektrownie wodne są głównym źródłem energii elektrycznej (w 2005 r. w Norwegii udział elektrowni wodnych w całkowitej produkcji energii elektrycznej wyniósł 98,9%, w Kanadzie — 60,8%). Do państw o największej produkcji energii elektrycznej w elektrowniach wodnych w 2005 r. zaliczało się (TW.h): Chiny (401), Brazylię (340) i Kanadę (361). Warto dodać, że w ciągu najbliższych lat w Chinach zwiększać się będzie ilość energii elektrycznej wytworzonej w hydroelektrowniach dlatego, że obecnie trwa tam budowa największej elektrowni wodnej świata (Zapora Trzech Przełomów — po zakończeniu budowy — 2009 r. — jej moc będzie wynosić 18 200 MW). W Europie najczęściej energii elektrycznej z hydroelektrowni produkuje się w (TW.h): Norwegii (137), Szwecji (69), Francji (57), Włoszech (43). Pomimo znaczącego rozwoju w ostatnich latach technologii wytwarzania energii elektrycznej w odnawialnych źródłach energii (OZE) to najczęściej „zielonej” energii zarówno na świecie, jak i w EU, czy też w Polsce wytwarza się w elektrowniach wodnych. W tabeli 1 przedstawiono znaczenie hydroelektrowni w bilansach energii elektrycznej poszczególnych państw UE.

Tabela 1. Znaczenie elektrowni wodnych w produkcji energii elektrycznej w UE

Lp.	Państwo	Udział OZE w produkcji energii elektrycznej [%]	Udział elektrowni wodnych w produkcji energii elektrycznej [%]	Wielkość produkcji energii elektrycznej w elektrowniach wodnych [TW.h]
1.	Austria	64,5	59,1	39,6
2.	Belgia	2,9	0,4	2,6*
3.	Bulgaria	7,7	7,6	3,5
4.	Cypr	10,9	0	0
5.	Czechy	3,3	2,4	3,0
6.	Dania	25,1	0,1	bd.
7.	Estonia	0,6	0,2	bd.
8.	Finlandia	30,3	17,6	13,7
9.	Francja	11,6	10,5	56,6
10.	Grecja	10,3	7,9	5,6
11.	Hiszpania	19,4	11,4	23,0
12.	Holandia	6,8	0,1	0,1
13.	Irlandia	5,5	2,5	0,9
14.	Litwa	2,3	2,3	0,8
15.	Luksemburg	7,2	3,0	2,6*
16.	Łotwa	68,1	66,4	2,7
17.	Malta	0	0	0
18.	Niemcy	10,4	3,5	28,0
19.	Polska	2,2	1,4	3,8
20.	Portugalia	28,1	22,0	5,0
21.	Rumunia	29,2	29,2	20,2
22.	Szwecja	45,5	39,6	68,5
23.	Słowacja	13,4	18	4,7
24.	Słowenia	27,7	26,8	3,4
25.	Wielka Brytania	3,8	1,3	7,6
26.	Węgry	2,9	0,6	0,2
27.	Włochy	22,3	13,5	42,5

* — wielkość podana łącznie dla Belgii i Luksemburgu

Jak widać na podstawie tabeli 1 nasz kraj można zaliczyć do państw UE charakteryzujących się niewielkim udziałem elektrowni wodnych w całkowitej produkcji energii elektrycznej.

W Polsce pracuje obecnie około 590 elektrowni wodnych — zdecydowana większość to małe elektrownie wodne (o mocy poniżej 5 MW). Dla porównania w latach pięćdziesiątych ubiegłego wieku małych elektrowni wodnych było zdecydowanie więcej — około 5 000. W 2002 r. produkcja energii elektrycznej w elektrowniach wodnych była na poziomie: w elektrowniach szczytowo-pompowych — 1,6 TW.h, w pozostałych elektrowniach — 2,4 TW.h. Energia elektryczna jest wytwarzana w naszym kraju przede wszystkim z paliw stałych — udział energii elektrycznej wyprodukowanej w elektrowniach wodnych wynosi około 2%. W Polsce nie ma tak sprzyjających warunków dla rozwoju hydroenergetyki jak istnieją np. w Norwegii czy Rosji.

Krajowe elektrownie wodne

Jak już wcześniej wspomniano w kraju pracuje aktualnie około 590 elektrowni wodnych, przy czym zdecydowana większość to małe elektrownie wodne o mocy poniżej 5 MW. Elektrowni nie zaliczających się do małych elektrowni wodnych, o mocach powyżej 5 MW jest 18 (tab. 2).

Tabela 2. Wykaz krajowych elektrowni wodnych o mocy powyżej 5 MW

Lp.	Nazwa elektrowni	Ciek	Moc MW	Tryb pracy elektrowni	Rok uruchomienia
1.	Żarnowiec	-	716	szczytowo - pompowa	1983
2.	Porąbka-Żar	-	500	szczytowo - pompowa	1979
3.	Solina	San	200	zbiornikowa z pompowaniem	1968
4.	Włocławek	Wisła	162	przepływowa	1970
5.	Żydowo	Radew	150	szczytowo - pompowa	1971
6.	Niedzica	Dunajec	92,6	przepływowa, zbiornikowa z pompowaniem	1997
7.	Dychów	Bóbr	79,5	zbiornikowa z pompowaniem	1951
8.	Rożnów	Dunajec	50	zbiornikowa	1942
9.	Koronowo	Brda	25	zbiornikowa	1960
10.	Tresna	Soła	21	zbiornikowa	1953
11.	Dębe	Narew	20	przepływowa	1962
12.	Porąbka	Soła	12,6	zbiornikowa	1953
13.	Brzeg Dolny (Wały)	Odra	9,8	przepływowa	1958
14.	Żur	Wda	8,4	zbiornikowa	1929
15.	Myczkowce	San	8,3	przepływowa	1961
16.	Czchów	Dunajec	8	przepływowa	1954
17.	Pilchowice	Bóbr	7,9	zbiornikowa	1912
18.	Bielkowo	Radunia	7,5	zbiornikowa	1925

Nasze krajowe największe elektrownie wodne zdecydowanie odbiegają pod względem mocy od największych elektrowni wodnych na świecie. Do nich zalicza się:

— największa elektrownia wodnej świata — Zapora Trzech Przełomów w Chinach — po zakończeniu budowy (2009 r.) jej moc będzie wynosić 18 200 MW;

— elektrownia na tamie Itaipu na granicy państw Brazylii i Paragwaju — 14 000 MW;

— elektrownia Grand Coulee na rzece Kolumbia w USA — 10 080 MW.

Elektrownia wodna Świnna Poręba — nowe źródło zielonej energii w Małopolsce

Budowa zbiornika Świnna Poręba na rzece Skawie to aktualnie największa inwestycja hydrotechniczna w Małopolsce i zarazem w kraju. Pierwsze koncepcje wybudowania zbiornika na Skawie sięgają przełomu XIX i XX wieku. Z początkiem II Rzeczypospolitej na zlecenie rządu została opracowana ekspertyza na temat możliwości wybudowania zapory i zbiornika wodnego. Po II wojnie światowej trwały prace koncepcyjno-projektowe z różnym natężeniem. W 1984 r. została wydana decyzja rządowa w sprawie rozpoczęcia przygotowania do realizacji inwestycji, a w 1986 r. budowa zbiornika została wprowadzona do budżetu państwa jako inwestycja centralna i ustalono termin jej realizacji na lata 1986–1996. Z powodu braku środków na finansowanie inwestycji jej realizacja nie przebiegała zgodnie z przyjętym harmonogramem. Od 2000 r. inwestycja jest prowadzona przez Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Krakowie, a prace finansowane są przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Jednak jedno źródło finansowania utrudniało właściwe prowadze-

nie robót. Ten sposób ograniczonego finansowania nie zapewniał zakończenia inwestycji w 2010 r. W 2004 r. pojawiła się inicjatywa poselska przywrócenia finansowania z budżetu państwa. Doprowadziło to do wygoszparowania z tego źródła 110 mln zł do realizacji w 2005 r. W sumie inwestor — RZGW w Krakowie — uzyskał zdolność przerobową na budowę zbiornika Świnna Poręba w rekordowej wysokości planu finansowego na poziomie 150 mln zł, w tym 40 mln zł z NFOŚiGW. W marcu 2005 r. Sejm RP zdecydowaną większością głosów uchwalił ustawę o finansowaniu budowy zbiornika. W harmonogramie budowy zbiornika ujęta jest budowa elektrowni wodnej.

Całkowita wartość inwestycji jest szacowana na poziomie około 1,5 mld zł. Największe środki zostaną przeznaczone na roboty hydrotechniczne zbiornika — ponad 1 mld zł.

Do głównym zadań przyszłego zbiornika zaliczać się będzie:

- oddziaływanie przeciwpowodziowe — na podstawie obliczeń, symulacji i analiz stwierdzono, że zbiornik będzie ochraniał dolinę Skawy i Wisły, ale także w przypadku wód powodziowych spowoduje obniżenie poziomu o 40–60 cm w korycie Wisły w Krakowie;

- oddziaływanie ochronne przed skutkami suszy — zbiornik będzie w stanie zagwarantować regularny przepływ wody w korycie Skawy nie mniejszy niż 6 m³/s, niezbędny dla ochrony środowiska wodnego rzeki;

- produkowanie zielonej energii — powstanie zbiornika stwarza warunki techniczne dla energetycznego wykorzystania obiektu.

Aktualnie rozważane jest kilka koncepcji budowy hydroelektrowni — elektrownia przepływowa. Szacuje się, że

moc elektrowni wyniesie 4,27 MW. Zakłada się, że roczna produkcja energii elektrycznej wynosić będzie około 20 GW.h. Z dotychczasowych analiz wynika, że korzystniejszym i tańszym będzie pierwsze rozwiązanie — budowa elektrowni przepływowej. Przewiduje się, że budowa zbiornika będzie realizowana w latach 2007–2009.

Podsumowanie

Aktualnie w Polsce głównym producentem energii zielonej są elektrownie wodne, chociaż w ostatnich latach obserwuje się znaczący wzrost wykorzystania energetycznego biomasy oraz powstawanie elektrowni (farm) wiatrowych. Źródłem zainteresowania małą energetyką wodną w kraju są regulacje europejskie, wspierające inwestycje w odnawialne źródła energii oraz krajowe (np. rozporządzenia Ministra Gospodarki określające limity zakupu zielonej energii elektrycznej).

Stworzenie warunków ustawowych realizacji przedsięwzięcia inwestycyjnego, jakim jest budowa elektrowni przy zbiorniku Świnna Poręba zapewni w ciągu najbliższych lat wzbogacenie Małopolski w nowe źródło zielonej energii.

Wpłynęło 17.04.2007

Mgr inż. Adam Szurlej pracuje w Katedrze Zrównoważonego Rozwoju Energetycznego na Wydziale Paliw i Energii Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.
e-mail: szua@agh.edu.pl

Bogusław WIŚNIEWSKI, Barbara SZECÓWKA-WIŚNIEWSKA, Jacek OSTROWSKI (Kraków)

MIKROKONTROLERY SĄ WSZĘDZIE — PREZENTACJE APLIKACJI STUDENCKICH



W tym roku już po raz trzeci studenci Wydziału Elektrotechniki Automatyki Informatyki i Elektroniki AGH kierunków Elektronika i Telekomunikacja będą prezentować swoje prace, świadczące o umiejętności wykorzystywania wiedzy z przedmiotu Technika Mikroprocesorowa (VII semestr studiów) i samodzielności w doborze odpowiednich rozwiązań z przedmiotów Technika Analogowa i Technika Cyfrowa. Wykonane aplikacje przeszły wszystkie fazy: od projektu do praktycznego wykonania i uruchomienia (sprzęt i oprogramowanie), stanowiąc alternatywną formę kształcenia, z równoczesnym sprawdzeniem wiedzy studentów.

W 2005 roku prezentacja objęła 34 praktyczne projekty. W roku ubiegłym II Prezentacja pod nazwą „Dobierz mikrokontroler do aplikacji” była już włączona w Festiwal Nauki (18 maja 2006), a liczba zademonstrowanych aplikacji sięgnęła 44. Tegoroczna III Prezentacja „Mikrokontrolery są wszędzie” odbędzie się 17 maja również w ramach Festiwalu Nauki — przewidywanych jest około 70 praktycznych projektów.

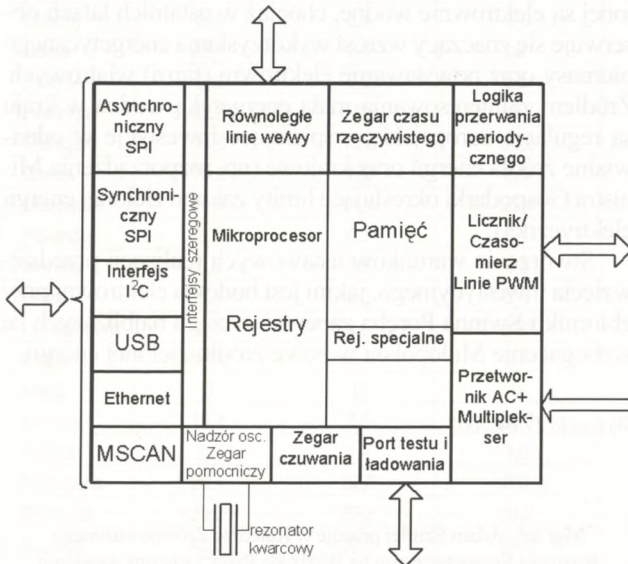
Tematy sugerowali prowadzący, choć pierwszeństwo miały realne propozycje studentów, przy utrzymaniu zasady nie powtarzania pomysłów z lat ubiegłych. Projekty uszeregowano w grupy tematyczne: czas, dźwięk, światło, dom, motoryzacja, ruch, łączność, zdrowie, gry i testy, sport, urządzenia, miernictwo, meteorologia, ultradźwięki. Szczegółową listę projektów można znaleźć na stronie <http://home.agh.edu.pl/~ltmip>.

Poniżej postaramy się przedstawić interesujące szczegóły techniczne, jak również organizacyjno-logistyczne w formie odpowiedzi na cztery pytania „dlaczego?”.

Dlaczego mikrokontrolery?

Program przedmiotu Technika Mikroprocesorowa obejmuje szerokie spektrum wiadomości — od prostych rozwiązań 8-bitowych aż do rozbudowanych systemów wieloprocessorowych, uwzględniając problematykę sprzętu i oprogramowania. Do prezentacji zdecydowano się wyko-

rzystać specyficzny rodzaj mikroprocesorów tj. mikrokontrolery jednocukrowe. Jest to połączenie w jednej strukturze mikroprocesora, pamięci i typowych układów peryferyjnych (ryc. 1). Odpowiednio dobierając typ układu dla danej aplikacji, można część sprzętową zredukować do samego mikrokontrolera. Ze względu na ich rozpowszechnienie absolwent naszego wydziału na pewno zetknie się z mikrokontrolerami, a jest wysoce prawdopodobne, że będzie je stosował.



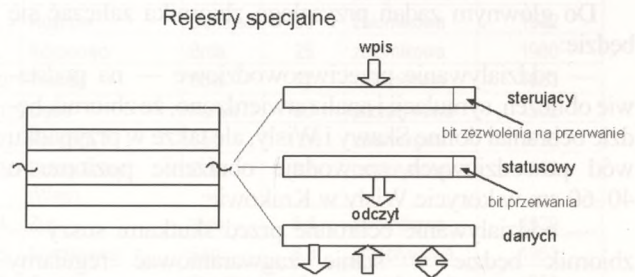
Ryc. 1. Struktura typowego mikrokontrolera

Z uwagi na potrzeby rynku, produkcją mikrokontrolerów zajmuje się w skali globalnej prawie 50 firm, nie uwzględniając producentów licencjonowanych kopii. Ewolucja w tej dziedzinie spowodowała, że praktycznie wszystkie mikrokontrolery mimo różnorodności, posiadają pewne cechy wspólne dla swojej klasy. Są to:

- Wewnętrzna, nieulotna pamięć programu. Dla wersji docelowej, wielkoseryjnej jest to wersja z pamięcią typu ROM. W przypadku prototypów i wersji uruchomionych, bądź niewielkiej ilości egzemplarzy, używamy wersji z pamięcią EPROM, E²PROM bądź flash. Zawartość ich można zapisywać, bądź zmieniać stosując wbudowane środki mikrokontrolera i dedykowane linie. Zawsze istnieje możliwość wprowadzenia blokady przed niepowołanym odczytem.
- Układy nadzoru pracy mikrokontrolera (zegar czuwania, nadzór zegara itp.).
- Port testowy (wgląd *on line* nad pracą mikrokontrolera, pomoc przy uruchamianiu aplikacji).
- Dostępność wielu typów w ramach jednej rodziny.
- Środki wspomagające pracę w czasie rzeczywistym.
- Mechanizmy redukcji poboru mocy (dla aplikacji mobilnych).
- Blokada przerwań i nieaktywność wszystkich interfejsów po wyzerowaniu mikrokontrolera, pierwotne stany linii to wejścia.

Istotnym kryterium decydującym o sukcesie rynkowym jest bogata oferta różnorodnych, często dedykowanych wersji mikrokontrolerów w ramach jednej rodziny. Poszczegól-

ne wersje różnią się pojemnością pamięci i zestawem „sprzętu pokładowego”. Zewnętrznie, układy bardziej rozbudowane, można rozróżnić po obudowach z większą liczbą wyprowadzeń. Tworząc „bogatsze” wersje nie możemy jednak zwiększać liczby rozkazów, ze względu na wymóg możliwość przenoszenia oprogramowania. We wszystkich mikrokontrolerach problem ten jest rozwiązany przy pomocy mechanizmu rejestrów specjalnych (ryc. 2). W wydzielonym, z odpowiednią rezerwą, obszarze przestrzeni adresowej znajdują się wspomniane rejestry. Każdy interfejs posiada w tym polu swoje rejestry: sterujące, statyczne i danych. Rozbudowując mikrokontroler definiuje się nowe rejestry — rozkazy do kontaktu z nimi pozostają bez zmian.

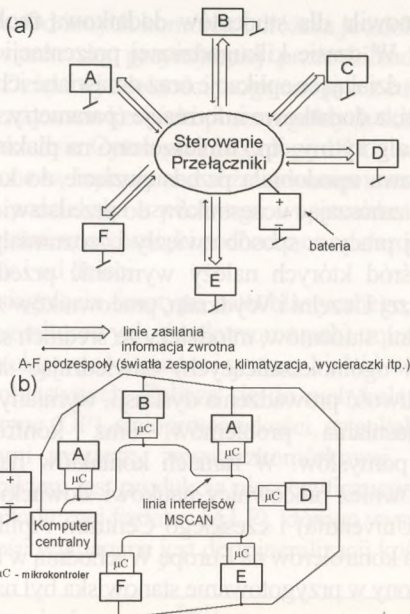


Ryc. 2. Organizacja rejestrów specjalnych

Pracę w czasie rzeczywistym, która jest charakterystyczna dla mikrokontrolerów, zabezpieczają niezbędne środki. Mamy więc zegar czasu rzeczywistego i rozbudowany system przerwań (interfejsy oraz sygnały zewnętrzne). Z systemem przerwań związany jest mechanizm blokad indywidualnych (w rejestrach sterujących) oraz kopie bitów żądania przerwania w rejestrach statusowych (dla obsługi przerwań metodą przeglądania). W rejestrach samego mikrokontrolera mamy też zawsze bit generalnej blokady przerwań samego mikroprocesora.

W celu ograniczenia poboru prądu zasilania, mikrokontroler dysponuje nawet kilkoma trybami pracy, charakteryzującymi się wyłączaniem kolejnych podzespołów. Ostatnie stadium to pozostawienie podtrzymującego zasilania tylko dla pamięci RAM. Z tych samych względów mikrokontrolery wykonywane są bardzo często w tak zwanej wersji statycznej i technologii CMOS, co umożliwia zatrzymanie generatora sygnału zegarowego — pobór prądu spada wtedy do wartości prądów upływu (poziom mikroamperów).

Aktualnie z trudem uświadamiamy sobie stopień rozpowszechnienia mikrokontrolerów (aparatura pomiarowa, sprzęt gospodarstwa domowego, telekomunikacja, motoryzacja itp.). Dla zobrazowania efektów uzyskiwanych po wprowadzeniu mikrokontrolerów, może posłużyć nowoczesny samochód (ryc. 3). Rozwiązanie klasyczne to wielka ilość przewodów doprowadzających zasilanie do odbiorników oraz odbierających sygnały informujące o stanie podzespołów czy też nimi sterujących. Obecnie centralny komputer (tj. system mikroprocesorowy) porozumiewa się z inteligentnymi węzłami jednoliniową magistralą MSCAN. Przez nią przesyłane są polecenia (np. przełączenie świateł) i odbierane informacje zewnętrzne (np. temperatura cieczy chłodzącej).



Ryc. 3. Ewolucja elektroniki samochodowej; (a) rozwiązanie klasyczne (b) konfiguracja współczesna

Dlaczego rodzina 68HC908XX?

W przedsięwzięciu tej skali nie jest możliwe pozostawienie studentom całkowicie wolnej ręki w doborze mikrokontrolera. Już samo wykorzystanie kilku rodzin mikrokontrolerów jednego producenta, nie mówiąc o większej ilości firm, uniemożliwia prowadzącym udzielenie odpowiedniego wsparcia merytorycznego i technicznego. Ponadto użycie mikrokontrolerów tej samej rodziny stymuluje przepływ informacji pomiędzy grupami projektowymi (forum internetowe).

Mimo rozpowszechnienia odrzucono rodzinę 8051 lub jej klony, gdyż mimo retuszy, wewnętrzny mikroprocesor i jego lista instrukcji są rozwiązaniami przestarzałymi. Rodzina wybrana do zastosowania w projektach powinna:

- a) Dysponować prostymi (sprzęt) i darmowymi (oprogramowanie) środkami wspomagającymi pisanie oprogramowania (assembler bądź języki wyższego poziomu), jak również ładowania programu i podglądania mikrokontrolera na etapie uruchamiania.
- b) Posiadać bogatą ofertę wersji, także w obudowach łatwych do samodzielnego montażu, wersje dostępne w postaci darmowych próbek (tzw. *sample*).
- c) Zestaw wewnętrznych interfejsów sprzętowych musi tworzyć praktycznie zbiór pełny, także funkcjonalnie, gdyż przy tak dużej ilości aplikacji nawet mało popularne interfejsy znajdują zastosowanie.

Powyższe wymogi spełniają wszystkie rodziny mikrokontrolerów 'HCXX' produkowane przez Freescale Semiconductor. Wybrano rodzinę „08”, gdyż w rodzinie „05” mikroprocesor ma zbyt małe możliwości, rodzina „11” jest najstarszą, zaś rodzina „12” i „S12” mogłaby być dla większości studentów trudna do opanowania. Rodzina HC908 (9 — oznacza pamięć flash) jest aktualnie w pełnym rozwoju i zapowiadane są jej dalsze mutacje, łącznie z całkowitą zmianą wewnętrznego mikroprocesora. Wadą tych mikrokontrolerów jest natomiast architektura „akumulatorowa”

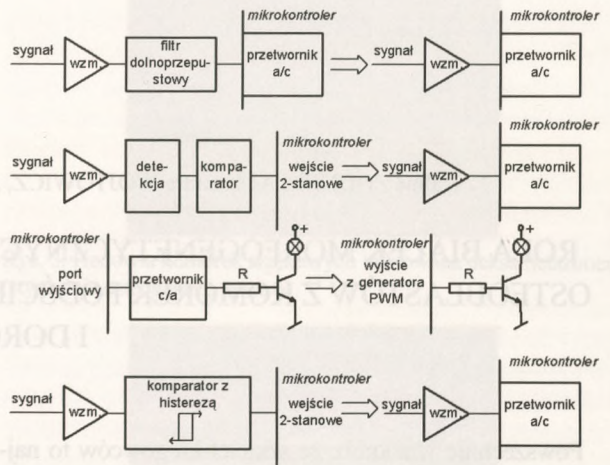
mikroprocesora (dwa rejestry domyślne dla większości operacji), mocną stroną zaś starannie dopracowane interfejsy sprzętowe.

Formuła zastosowań mikrokontrolerów rozszerza się. W projektach pierwszej prezentacji wykorzystywano jeden typ z tytułowej rodziny (wersja QT4). W drugiej zostawiono studentom wolny wybór typu (ich liczba sięgnęła 14). Natomiast w roku obecnym formułę rozszerzono o mikrokontrolery sygnałowe.

Dlaczego praktyczne projekty?

W planie zajęć dla wielu przedmiotów występuje projekt. Kończy się on w fazie teoretycznej i nie obejmuje etapów wykonania, uruchamiania i optymalizacji praktycznej. Jest wiele przyczyn tego stanu rzeczy, z istotną barierą ekonomiczną włącznie. Z drugiej strony student AGH powinien posiadać umiejętność przeprowadzenia pełnego cyklu, od pomysłu do poprawnie działającej aplikacji. W związku z tym zamiast werbalnego sprawdzania wiedzy, wprowadzono wspomniane projekty. Większość problemów finansowych rozwiązał program bezpłatnych próbek wysyłanych przez producenta dla potrzeb wyższych uczelni.

Tok projektów, całość spraw merytorycznych i organizacyjnych jest zbyt obszerna do omówienia. Zaprezentujemy tutaj tylko problem wymiany sprzętu i oprogramowania. W aplikacjach mikrokontrolerów dążymy zawsze, aby maksymalnie zredukować ilość układów scalonych — ich funkcje powinny przejąć oprogramowanie. Skutkuje to zmniejszeniem kosztów i większą niezawodnością. Układy mogą bowiem ulec uszkodzeniu — program jest niezawodny, a to, jaką część dostępnej pamięci w mikrokontrolerze wykorzystamy nie ma znaczenia. Przykłady redukcji sprzętu na rzecz oprogramowania przedstawia ryc. 4. Jak widać na wybranych przykładach posługując się wewnętrznym przetwornikiem analogowo-cyfrowym i odpowiednimi procedurami możemy w istotny sposób zmniejszyć ilość układów w aplikacji.



Ryc. 4. Wymiana sprzętu na oprogramowanie

Dlaczego publiczna prezentacja?

Możliwość zaprezentowania efektów swojej pracy nie tylko wobec prowadzących, ale także wobec szerszego gr-

SŁOWNICZEK

Mikroprocesor — układ scalony o wielkim stopniu integracji zdolny do wykonywania operacji cyfrowych według dostarczonych mu instrukcji (programu).

Mikrokontroler — układ scalony wielkiej skali integracji, używany do sterowania urządzeniami elektronicznymi. W jego skład oprócz mikroprocesora, wchodzi: pamięć programu, pamięć danych oraz układy peryferyjne (porty, liczniki-czasomierze, przetworniki itp.).

Rodzaje pamięci:

— **RAM** — (ang. *Random Access Memory*) — pamięć swobodnego dostępu zapisywalna i odczytywalna, tracąca zawartość po wyłączeniu zasilania.

— Pamięci nie tracące zawartości po wyłączeniu zasilania:

ROM, EPROM, E²PROM, pamięć Flash:

— **ROM** — (ang. *Read Only Memory*) — pamięć tylko do odczytu, programowana przez producenta.

— **EPROM** — (ang. *Erasable Programmable Read-Only Memory*) — kasowana przez promieniowanie ultrafioletowe, programowana elektrycznie (jako całość).

— **E²PROM** — (ang. *Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory*) — kasowana i programowana elektrycznie (jako całość).

— **Pamięć Flash** — pamięć E²PROM z możliwością selektywnego programowania.

MSCAN — (ang. *Motorola Scalable Controller Area Network*) — standard motoryzacyjny przesyłania informacji dwukierunkowej po jednym przewodzie, odporny na zakłócenia.

I²C — (ang. *Inter-Integrated Circuit*) — to szeregowo, dwukierunkowa magistrala synchroniczna służąca do przesyłania danych pomiędzy układem nadrzędnym a układami peryferyjnymi w urządzeniach elektronicznych.

Przetwornik a/c — przetwornik analogowo-cyfrowy — układ elektroniczny służący do zamiany sygnału analogowego na odpowiedni skwantowany sygnał cyfrowy (zero-jedynkowy).

Przerwanie — informacja dla procesora o natychmiastowej konieczności reakcji programowej na zdarzenie zewnętrzne.

mium, stanowiła dla studentów dodatkową mobilizację i wyzwanie. W czasie kilkugodzinnej prezentacji przedstawiane były działające aplikacje oraz omawiane ich funkcje i możliwości, a dodatkowe informacje (parametry, struktura, schematy, algorytmy, itp.) umieszczono na plakatach. Forma plakatu upodobniła przedsięwzięcie do konferencji naukowej, zmuszając uczestników do przedstawienia efektów swojej pracy w sposób zwięzły i zrozumiały. Obecni goście (wśród których należy wymienić przedstawicieli Władz naszej Uczelni i Wydziału, pracowników AGH i innych uczelni, studentów, młodzieży ze średnich szkół technicznych i ogólnokształcących) odwiedzając stanowiska mieli możliwość prowadzenia dyskusji, wymiany spostrzeżeń, wyjaśniania problemów oraz konfrontowania własnych pomysłów. W ramach kontaktów naukowych, przybyli również pracownicy naukowcy słowackiej uczelni (Žilinska Univerzita) i czeskiego Centrum Aplikacyjnego producenta kontrolerów na Europę Wschodnią w Rožnovie. Trud włożony w przygotowanie stanowiska był nagradzany dyplomem, wręczanym studentom na zakończenie, przez przedstawiciela producenta mikrokontrolerów.

Publiczna prezentacja aplikacji mikrokontrolerów znalazła się już po raz drugi w programie Festiwalu Nauki w Krakowie, jako bodajże jedyne przedsięwzięcie podjęte ze studentami i dla studentów. Jest to również sprawdzona i skuteczna forma promocji uczelni wśród młodych ludzi, licznie odwiedzających stanowiska, a stanowiących grono potencjalnych kandydatów.

Wpłynęło 16.04.2007

Dr inż. Bogusław Wiśniewski, dr inż. Barbara Szecówka-Wiśniewska i dr inż. Jacek Ostrowski są adiunktami w Katedrze Elektroniki Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.
bwisniew@agh.edu.pl; ostrowsk@agh.edu.pl

Kalina ZDUNEK, Aleksandra WÓJTOWICZ, Anna Maria OSYCZKA (Kraków)

ROLA BIAŁEK MORFOGENETYCZNYCH KOŚCI W FORMOWANIU SIĘ OSTEOLASTÓW Z KOMÓREK PODŚCIELISKA SZPIKOWEGO U DZIECI I DOROSŁYCH



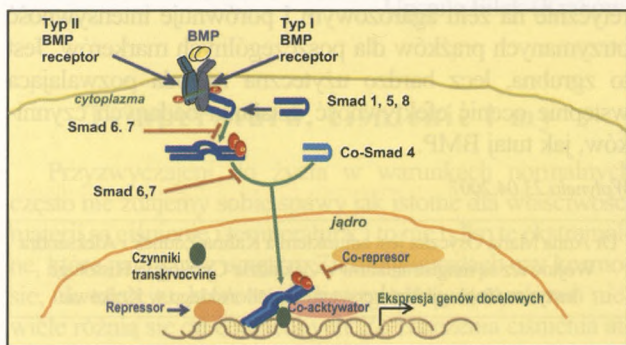
Powszechnie wiadomo, że szkielet kręgowców to najbardziej trwałe element wyższych organizmów żywych. Zbiory archeologów są bogate w kości liczące nawet setki tysięcy lat. Taką trwałość zawdzięczamy specyficznej budowie, a zwłaszcza składowi zmineralizowanej części szkieletu. Pochodzenie komórek kostnych możemy przypisać dwóm typom komórkowym występującym w szpiku kostnym: 1) mezenchymalnym komórkom macierzystym i

2) macierzystym komórkom hematopoetycznym. Z pierwszego rodzaju wywodzą się preosteoblasty (prekursory osteoblastów), które następnie różnicują się w osteoblasty (komórki kościotwórcze) i osteocyty (dojrzałe komórki kostne). Drugi typ komórek macierzystych daje początek osteoklastom, komórkom resorbującym kość. Termin komórki macierzyste odnosi się do ich pochodzenia i funkcji — to komórki początkowe dla organizmu, jego tkanek i

narządów. Od innych komórek odróżnia je zdolność do samoodnawiania się, przynajmniej przez kilkadziesiąt podziałów. Dzięki tej zdolności mogą one przez całe życie odnawiać zużywane komórki poszczególnych tkanek.

W Zakładzie Cytologii i Histologii IZ UJ w Krakowie prowadzone są badania nad różnicowaniem macierzystych komórek pościeliska szpikowego w osteoblasty. Badania obejmują zarówno komórki pochodzące od dorosłych osobników, jak i od dzieci.

Do osiągnięcia fenotypu osteoblastycznego, w komórkach progenitorowych (prekursorowych) musi dojść do ekspresji (aktywności genów i syntezy białek) wielu markerów osteoblastycznych. Zalicza się do nich kolagen typu I, osteopontynę (OP), sialoproteinę kości, osteokalcynę, które są białkami macierzy zewnątrzkomórkowej. Podobnym wyznacznikiem jest produkcja niespecyficznego tkankowego enzymu alkalicznej fosfatazy (ALP), którego wysoki poziom i aktywność wymagana jest do mineralizacji kości.



Ryc. 1. Klasyczna droga sygnalizacji BMP

Białka morfogenetyczne kości (*bone morphogenetic protein* — BMP) są obiecującymi czynnikami terapeutycznymi w ortopedii, dentyście i chirurgii twarzowo-szczękowej, a ich właściwości stymulowania kościotworzenia poza ustrojem wykazano w szeregu modelach zwierzęcych. BMP to wielofunkcyjne cząsteczki sygnałowe należące do rodziny transformujących czynników wzrostu — TGF (*transforming growth factor*). Działają one jako dimery (heterodimery) poprzez swoiste receptory typu I i II. Do rodziny tej zaliczamy TGF- β , aktywiny, hormon antymillerowski (AMH) oraz BMP.

Szlak sygnalizacyjny zapoczątkowany przez BMP przebiega następująco: po połączeniu się BMP z receptorem typu II dochodzi do transfosforylacji receptora typu I w domenie kinazy serynowo/treoninowej i do aktywacji kompleksu receptorowego. W następstwie, zaktywowana kinaza fosforyluje białka SMAD 1/5/8 (białka sygnalizacji wewnątrzkomórkowej), które potem łączą się z białkiem SMAD 4, tworząc kompleks. Taki kompleks jest transportowany do jądra komórkowego, gdzie w połączeniu z innymi czynnikami transkrypcyjnymi indukuje geny docelowe (aktywuje transkrypcję).

Prowadzone wcześniej badania wykazały stosunkowo niską aktywność kościotwórczą BMP w ludzkich mezenchymalnych komórkach macierzystych w porównaniu do podobnych komórek u gryzoni. Dlatego też zaczęto się zastanawiać, co może być przyczyną zahamowania kościotwórczego sygnału BMP w tych komórkach. Istnieje przypuszczenie, że drogi sygnalizacji wewnątrzkomórkowej

BMP w ludzkich komórkach macierzystych są odmienne od tych opisanych dla szeregu komórek zwierzęcych. Wykazano np. że kinaza ERK aktywowana przez szereg czynników może hamować białka SMAD. Polepszenie wyników odpowiedzi komórek macierzystych na BMP uzyskano zmieniając im warunki hodowli *in vitro* tak, by hamowana była aktywność kinazy ERK. Kolejnym czynnikiem, który znacznie poprawił kościotwórcze działanie BMP w mezenchymalnych komórkach macierzystych, był dodatek insuliny albo IGF-1. Nie wiadomo jednak, w jaki sposób te dwa szlaki: insulinowy i BMP oddziałują ze sobą, indukując osteogenezę.

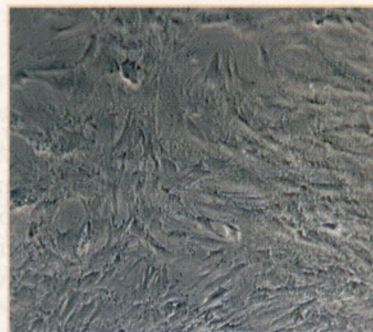
Obecnie w Zakładzie Cytologii i Histologii IZ UJ prowadzone są badania nad wpływem szlaku insulinowego na stymulowaną BMP ekspresję markerów osteoblastycznych. Klasyczną drogą działania insuliny jest szlak kinaz białkowych PI3K/Akt. Jednakże sygnał biegnący od receptora insulinowego może dotrzeć do jądra poprzez różne rozgałęzienia od kinazy białkowej PI3K. Dowiedziono, iż działając swoistym inhibitorem na PI3K — Ly294002, dochodzi do zahamowania ekspresji mRNA niektórych kluczowych markerów osteoblastycznych. Jednym z celów na-



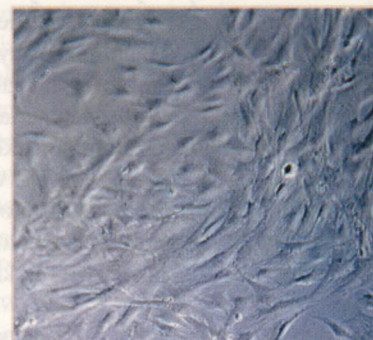
Ryc. 2a. Nawarstwienie krwi na Ficolu (przed wirowaniem)



Ryc. 2b. Rozdział frakcji po wirowaniu: surowica (frakcja żółta), komórki jednojądrzaste (wąska frakcja pod surowicą), Ficol (frakcja bezbarwna), erytrocyty i granulocyty (frakcja czerwona)



Ryc. 3. Hodowla komórek szpikowych traktowana deksametazonem (stymuluje osteogenezę *in vitro*)



Ryc. 4. Hodowla komórek szpikowych traktowana BMP

szych badań jest poznanie innych elementów szlaku insulino- nowego istotnych dla kościotworzenia z udziałem BMP. Do tych eksperymentów wykorzystywane są komórki pochodzące z osobników dorosłych.

Pozytywna kościotwórcza odpowiedź na BMP mezenchymalnych komórek podścieliska szpikowego pobranych od osób dorosłych zauważalna jest tylko w specyficznych warunkach hodowlanych z zastosowaniem powyżej wymienionych czynników regulujących sygnał BMP (inhibitory kinazy ERK, dodanie insuliny/IGF-1, itp.), natomiast inaczej wygląda to w komórkach mezenchymalnych pobranych od dzieci (komórki pobrane do celów diagnostycznych i niewykorzystane podczas operacji). Wykazują one pozytywną odpowiedź na kościotwórcze działanie BMP. Z czego to wynika? Przyczyna i mechanizm tego zjawiska pozostają wciąż nieznanymi. W Zakładzie Cytologii i Histologii UJ prowadzone są badania mające na celu określić zmiany zachodzące z wiekiem w komórkach macierzystych w wyniku których zmienia się też (tj. zmniejsza) zdolność odpowiedzi komórek macierzystych na terapeutyczne kościotwórcze działanie BMP.

Jak uzyskać mezenchymalne komórki macierzyste?

W czasie zabiegu chirurgicznego pobierany jest szpik kostny z grzebienia kości biodrowej. Niewykorzystane do zabiegu komórki izolowane są za pomocą metody wirowania w gradiencie gęstości przy użyciu roztworu Ficoll-Paque.

Mezenchymalne komórki podścieliska szpikowego znajdują się we frakcji jednojądrowej. Można je następnie wyizolować zbierając wyłącznie frakcje jednojądrowe. Komórki hoduje się wysiewając je na odpowiednie naczynia hodowlane w pożywce z dodatkiem antybiotyków i surowicy, w temperaturze 37°C, w atmosferze tlenu z ok. 5% zawartością CO₂.

Zebrane komórki testujemy między innymi pod względem ekspresji mRNA poszczególnych markerów osteoblastycznych, a także szeregu białek związanych ze szlakiem sygnalizacji BMP. Do tego celu używamy standardowych technik RT-PCR. Z komórek izolowany jest kwas rybonukleinowy (RNA), na jego matrycy produkowany jest w laboratorium komplementarny kwas deoksyrybonukleinowy (cDNA), który jest następnie amplifikowany z użyciem łańcuchowej reakcji polimerazy (PCR) i specyficznych dla danego markeru osteoblastycznego oligonukleotydów. Zamplifikowane próbki rozdziela się elektroforetycznie na żelu agarozowym i porównuje intensywność otrzymanych prążków dla poszczególnych markerów. Jest to zgrubna, lecz bardzo użyteczna metoda pozwalająca wstępnie ocenić efektywność działania badanych czynników, jak tutaj BMP.

Wpłynęło 23.04.2007

Dr Anna Maria Osyczka jest adiunktem a Kalina Zdunek i Aleksandra Wójtowicz są magistrantkami w Zakładzie Cytologii i Histologii Instytutu Zoologii Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie

KRONIKA FESTIWALU NAUKI

Polimery

Co wspólnego ma ze sobą lekarstwo, samochód i płyty CD? Wszystkie zostały wyprodukowane z tworzyw sztucznych, które od co najmniej 60 lat znajdują coraz większe zastosowanie w różnych dziedzinach życia codziennego. Powszechnie przyjęta nazwa tworzywa sztucznego oznacza materiały, w których podstawowym, a niekiedy wyłącznym składnikiem, są substancje wielkocząsteczkowe (polimery) zbudowane z wielokrotnie powtarzających się jednostek zwanych merami. Stosowane początkowo, jako namiastki tradycyjnych i zarazem deficytowych tworzyw wytwarzanych z surowców naturalnych, stały się następnie pełnowartościowymi materiałami o nowych niespotykanych dotychczas właściwościach. Obecnie tworzywa sztuczne nie tylko dorównują właściwościami tradycyjnym materiałom takim, jak metale, drewno, skóra, włókna naturalne, szkło i wyroby ceramiczne, ale i przewyższają je pod wieloma względami. Tworzywa sztuczne mogą odznaczać się dużą odpornością mechaniczną, termiczną, chemiczną, ponadto posiadać własności termoizolacyjne, oraz inne równie ciekawe i przydatne cechy.

Historia polimerów rozpoczęła się pod koniec XIX wieku, a pierwsza produkcja na skalę przemysłową pojawiła się

w USA; był to celulozoid. Od tego czasu liczba odkrytych polimerów znacznie wzrosła. Z tego też powodu wprowadzono kilka rodzajów ich podziału, np. ze względu na pochodzenie, topologię, jednorodność budowy chemicznej, taktyczność i budowę chemiczną. W tej ostatniej grupie wyodrębnia się poliolefiny, poliestry, poliuretany, poliamidy, itd.



Mgr U. Filek ze studentami prezentuje zestaw do syntezy poliamidu 6.10, podczas Dnia Otwartego Instytutu Katalizy i Fizykochemii Powierzchni PAN. Fot. dr M. Szaleniec

Poliamidy to polimery zawierające w łańcuchu głównym wiązania amidowe $-C(O)-NH-$. Pierwszym polimerem tego typu był poliamid 6.6 zwany zwyczajowo nylonem. Został on wynaleziony 28 lutego 1935 roku przez Wallace'a Carothersa i jego współpracownika Juliana Hill'a w firmie E.I. du Pont de Nemours and Company w USA. Wiadomość o jego odkryciu podano do publicznej wiadomości w roku 1938 i w tym samym roku wprowadzono na rynek pierwsze produkty z nylonu, na przykład szczoteczkę do zębów z włosiem nylonowym. Dwa lata później na rynku pojawiły się pierwsze pończochy nylonowe, które natychmiast stały się prawdziwym hitem. Obecnie włókna nylonowe są używane do wytwarzania wielu rodzajów sztucznych tkanin, a nylon jako tworzywo sztuczne jest używany w wielu gałęziach przemysłu.

Przedstawimy Państwu jedną z metod otrzymywania poliamidów, zwaną reakcją na granicy faz, w której otrzymamy poliamid 6.10.

Urszula Filek (Kraków)

Temperatura, ciśnienie i my

Przyzwyczajeni do życia w warunkach normalnych często nie zdajemy sobie sprawy jak istotne dla właściwości materii są ciśnienie i temperatura, i to nie tylko te ekstremalne, które panują we wnętrzu Ziemi, gwiazdach czy kosmosie, ale także te, które w skali względnej, stosunkowo niewiele różnią się od codziennych. Ze znaczenia ciśnienia atmosferycznego zdajemy sobie sprawę dopiero wtedy, gdy go brak, co można zademonstrować nie tylko w tak efektowny sposób jak przez rozrywanie półkul magdeburskich, ale także w domowych warunkach, w prostych ekspery-

mentach pokazujących wrzenie zimnej wody, czy implozję puszek po napoju. O ile życie dostarcza nam na co dzień przykładów wpływu ciśnienia na stan gazu, to często nie zdajemy sobie sprawy z tego, że również ciała stałe reagują na przyłożone ciśnienie zmianą tak istotnych właściwości jak np. temperatura topnienia. To właśnie zjawisko wykorzystuje łyżwiarz dla uzyskania dobrego poślizgu po lodzie, którego wierzchnia warstewka „łatwiej się topi” pod wpływem wywieranego przez łyżwę ciśnienia. W skali geologicznej ten sam efekt odpowiedzialny jest za ruch lodowców, a w warunkach laboratoryjnych może być zaprezentowany poprzez „magiczne krojenie lodu”. Ciśnienie to tylko jeden z parametrów określających stan materii. O ile o skutkach (często zgubnych) wysokich temperatur nie trzeba nikogo uświadamiać, to niezwykle efekty towarzyszące obniżaniu temperatur do takich, w których wszelki ruch (a tym samym i zmiany) powinny zanikać jeszcze do niedawna mogłyby być wzięte za kuglarskie sztuczki. Lewitujące obiekty to dzisiaj nie „science fiction”, ale konsekwencja postępu nauki prowadzącego do otrzymywania nowych, niezwykłych materiałów.

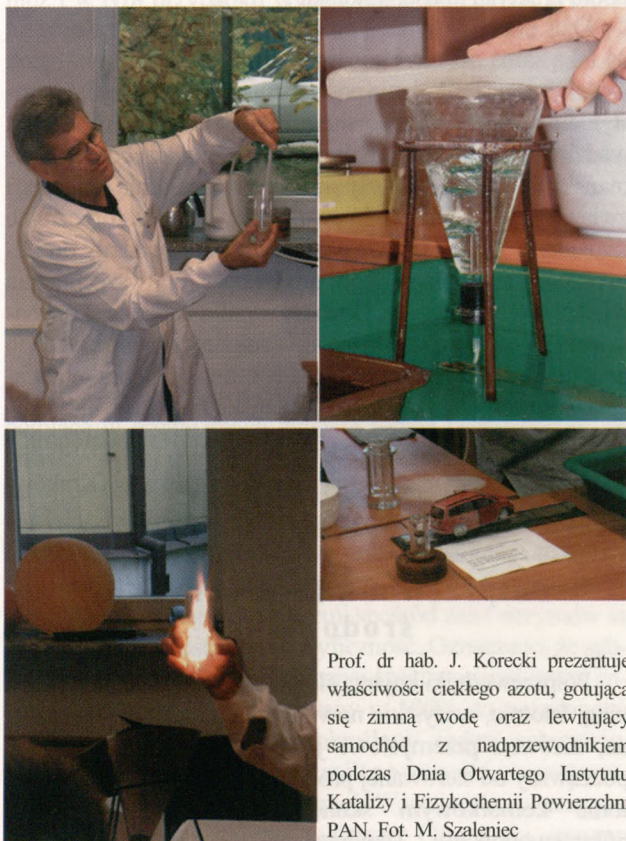
Przygotowano w Zespole Powierzchni, Cienkich Warstw i Nanostruktur IKiFP PAN

Józef Korecki i współpracownicy (Kraków)

T-shirt i chromatografia

Może trudno w to uwierzyć, ale o błyskawicznej karierze koszulki, którą dziś znamy jako T-shirt, „zadecydowały” względy moralne. Do końca XIX wieku, popularny był tylko jeden rodzaj bielizny męskiej, czyli jednoczęściowe śpioszki. Dwuczęściowe komplety, złożone z majtek i koszulki pojawiły się dopiero w 1901 roku. Po wybuchu I Wojny Światowej, kiedy w Europie pojawiły się także oddziały amerykańskie, żołnierze zza oceanu zauważyli, że ich europejscy koledzy noszą pod mundurami dwuczęściową bieliznę z bawełny. W porównaniu z ekwipunkiem Amerykanów, była ona bardzo wygodna i praktyczna, nic dziwnego, że praktyczni Amerykanie szybko ją „przejęli”. W roku 1914 dowództwo marynarki Stanów Zjednoczonych doszło do wniosku, że koszulki z wycięciem w kształcie serka są niemoralne, odsłaniają bowiem grzeszne ciało. Żeby, zatem zasłonić jak najwięcej Navy zdecydowała się na okrągły kołnierzyk i krótkie rękawki. Całość miała kształt litery T. I tak właśnie narodził się T-shirt.

Za datę narodzin chromatografii można uznać rok 1903. Chromatografia jest powszechnie znaną metodą analityczną umożliwiającą rozdzielanie składników mieszanin (służy również jako metoda otrzymywania czystych związków chemicznych). Wynalazcą tej metody analitycznej był Michał Semenowicz Cwiet (biolog, chemik i fizyk, od 1901 roku pracował na Uniwersytecie Warszawskim). Cwiet odkrył chromatografię badając ekstrakty roślinne. Ekstrakty te wprowadzał do rurki wypełnionej węglanem wapnia ($CaCO_3$). Po zaadsorbowaniu poszczególnych składników ekstraktu wymywał je benzenem. Na skutek działania związków ekstraktu na węglan wapnia nastąpiło rozdzielenie tej mieszaniny na poszczególne składniki.



Prof. dr hab. J. Korecki prezentuje właściwości ciekłego azotu, gotującą się zimną wodę oraz lewitujący samochód z nadprzewodnikiem podczas Dnia Otwartego Instytutu Katalizy i Fizykochemii Powierzchni PAN. Fot. M. Szaleniec

Obecnie chromatografia osiągnęła taki stopień rozwoju i możliwości, że jest jedną z najbardziej rozpowszechnionych metod instrumentalnych w chemii analitycznej. Chromatografia jest stosowana w laboratoriach przemysłowych, służby zdrowia, ochrony środowiska, rolnictwa i geologii.



Mgr Ł. Mokrzycki przygotowuje roztwory do rozdzielania chromatograficznego podczas Dnia Otwartego Instytutu Katalizy i Fizykochemii Powierzchni PAN. Fot. dr M. Szaleniec

Istotą rozdzielania chromatograficznego jest różnica w oddziaływaniu składników analizowanej mieszaniny z rozpuszczalnikiem (fazą ruchomą) i z fazą nieruchomą — wypełnieniem znajdującym się w kolumnie, bądź na płaszczyźnie, w postaci stałej lub ciekłej. W bardzo uproszczony sposób możemy wyróżnić następujące rodzaje chromatografii: jeżeli fazą ruchomą jest gaz, mamy wówczas do czynienia z chromatografią gazową, gdy fazą ruchomą jest ciecz — chromatografia nosi nazwę cieczowej. Podobnego podziału można dokonać również ze względu na fazę nieruchomą — jeśli jest nią ciało stałe — chromatografia nosi nazwę adsorpcyjnej. Gdy fazą nieruchomą jest ciecz mamy do czynienia z chromatografią podziałową.

Jedynym rodzajem chromatografii, który można realizować zarówno w kolumnach jak i na fazie stacjonarnej w postaci odpowiednio wykonanych płytek jest chromatografia cieczowa.

Chromatografię planarną wykonuje się na bibule lub cienkich warstwach sorbentu osadzonych na podłożu w postaci płytek lub folii (z powodzeniem można wykorzystać również powierzchnię T-shirtów). Poddając taką płaszczyznę działaniu eluenta (rozpuszczalnika) następuje rozwijanie się chromatografu — czyli rozdzielenie składników mieszaniny na odpowiadające im plamki. W ten sposób spróbujemy nie tylko rozdzielić tusz flamastrow na poszczególne składniki, ale i ozdobić podkoszulki.

Łukasz Mokrzycki (Kraków)

Cement romański — tajemnica krakowskich kamienic

Cement romański był kluczowym i uniwersalnym spoiwem używanym do masowej oraz taniej produkcji sztukaterii na elewacjach budynków z XIX i początku XX wieku w wielu krajach europejskich, od Anglii do terenów dawnej Monarchii Austro-Węgierskiej. Ten okres szybkiego rozwoju miast odgrywał zasadniczą rolę w kulturowym i estetycznym dzisiejszym wyglądzie większości centrów europejskich miast.

Cement romański był doceniany przez ówczesnych sztukatorów ze względu na szybkie wiązanie i niewielki skurcz, piękną fakturę i kolory: od różowobeżowego do ciemnobrązowego oraz dobrą wytrzymałość na wpływ warunków atmosferycznych.



Dr G. Adamski prezentuje odlewy cementu romańskiego podczas Dnia Otwartego Instytutu Katalizy i Fizykochemii Powierzchni PAN. Fot. M. Szaleniec

Materiał ten pozwala na szybkie wykonanie:

- dekoracyjnych odlewów o bogatej formie rzeźbiarskiej;
- prostych lub owalnych profili ciągnionych;
- tynków rustykowanych lub z pozornymi spoinami, imitujących detal i fakturę kamienia.

Pierwsze lata XX wieku przyniosły zmierzch cementu romańskiego. Bezwrotnie utracono wiele informacji praktycznych dotyczących jego produkcji i zastosowania. Budynki dekorowane cementami romańskimi długo były niedoceniane i traktowane jako substancja o charakterze czysto użytkowym, w związku z czym poddawano je pracom renowacyjnym i przekształceniom niezgodnym z dobrą praktyką konserwatorską.

Dziś budowle te mają ponad 100 lat i w pełni zasługują na taką samą ochronę konserwatorską, jak obiekty z epok wcześniejszych. Badania prowadzone przez szereg lat w Instytucie Katalizy i Fizykochemii Powierzchni PAN doprowadziły m. in. do zidentyfikowania odrębności cementu romańskiego od innych spoiw oraz określenia zagrożeń związanych z nieprawidłową renowacją historycznych sztukaterii. Jednak przede wszystkim doprowadziły do odtworzenia technologii jego produkcji i upowszechnienia wiedzy o tym materiale. Obecnie wysiłki badaczy skoncentrowane zostały na wdrożeniu cementu romańskiego do praktycznej konserwacji zabytków i umożliwieniu renowacji historycznych sztukaterii romańskich efektywnie, ekonomicznie i w zgodzie z nowymi wysokimi standardami.

Grzegorz Adamski (Kraków)

Półprzewodniki w ochronie środowiska

Półprzewodniki kojarzą się przede wszystkim z elektroniką. Istotnie, wszystkie nowoczesne urządzenia techniczne, zarówno przemysłowe jak i powszechnego użytku, począwszy od sterowanej procesorem obrabiarki, a na telefonie komórkowym skończywszy naszpikowane są półprzewodnikami. Znajdują one również inne, bardzo



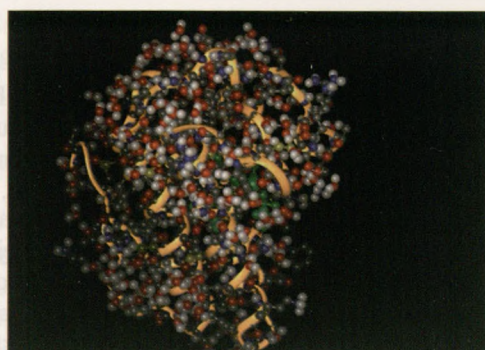
Mgr D. Wodka prezentuje zestaw do testowania fotokatalitycznej aktywności TiO_2 podczas Dnia Otwartego Instytutu Katalizy i Fizykochemii Powierzchni PAN. Fot. dr M. Szaleniec

ważne, a mniej znane zastosowania. Jedną z cech półprzewodników jest zdolność do pochłaniania energii promieniowania słonecznego i przetwarzania jej na inne formy energii: energię elektryczną czy energię chemiczną. Najczęściej wykorzystywanym w tym celu półprzewodnikiem jest ditlenek tytanu (TiO_2). Naświetlając odpowiedni układ elektryczny, w którym aktywnym elementem jest elektroda pokryta ditlenkiem tytanu, można spowodować przepływ prądu i uzyskać energię elektryczną. Działanie prostego ogniwa, umożliwiającego realizację takiego procesu zostanie zaprezentowane przez pracowników Instytutu Katalizy i Fizykochemii Powierzchni PAN. Innym elementem prezentacji będzie układ obrazujący możliwość zastosowania ditlenku tytanu do usuwania zanieczyszczeń z wody i ścieków. Również i w tym przypadku wykorzystuje się energię promieniowania słonecznego, która zamieniana jest przez ditlenek tytanu w energię reakcji chemicznej rozkładu molekuł substancji organicznej znajdującej się na jego powierzchni. W prezentowanym pokazie uczestnicy będą mogli zobaczyć, jak barwnik zaadsorbowany na powierzchni ditlenku tytanu ulega rozkładowi pod wpływem światła.

Dawid Wodka (Kraków)

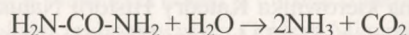
Naturalne katalizatory — enzymy

Enzymy zwane również fermentami są grupą białek pełniącą w organizmach żywych funkcje katalizatorów. W chwili obecnej enzymy znajdują coraz większe zastosowanie w procesach przemysłowych z uwagi na swoje unikatowe właściwości takie jak: możliwość prowadzenia reakcji katalitycznych w łagodnych warunkach ciśnienia i temperatury a także w powszechnie dostępnym i tanim rozpuszczalniku – wodzie. Najważniejszymi spośród zalet enzymów są 100% selektywność oraz specyficzność. Oznacza to, że substrat ulegający reakcji chemicznej katalizowanej przez enzym zostaje przetransformowany w 100% do pożądanego produktu oraz, że jedynie określony rodzaj substratów spełniających pewne ściśle określone warunki geometryczne może ulec reakcji chemicznej. Właściwości te enzymy zawdzięczają specyficznej budowie. Cząsteczki enzymu



Ryc. 1. Model cząsteczki przykładowego enzymu

pod względem budowy chemicznej są białkami prostymi bądź złożonymi. Katalityczną aktywność zawdzięczają obecności tzw. centrum aktywnego, czyli wyróżnionego miejsca, do którego przyłączany jest substrat. Centrum aktywne może mieć kształt niewielkiego wgłębienia bądź szczeliny w powierzchni białka. Zaproponowany pod koniec XIX w. mechanizm tzw. klucza i zamka mówi, że aby reakcja mogła zachodzić, geometria cząsteczki reagenta i centrum aktywnego muszą odpowiadać sobie nawzajem. Celem doświadczenia jest zaprezentowanie działania naturalnego katalizatora (enzymu) ureazy. Ureaza była pierwszym enzymem otrzymanym w 1926 roku w postaci krystalicznej przez J. Sumera. Enzym ten zaliczany jest do klasy hydrolaz, katalizuje reakcję hydrolitycznego rozkładu mocznika na amoniak i dwutlenek węgla. Reakcja przebiega wg następującego równania:



Wojciech Włodarczyk, Adam Węgrzynowicz (Kraków)



Idea BEC

BEC to pierwszy ogólnopolski konkurs inżynierski. Analogiczne konkursy odbywają się już od kilku lat w większości państw europejskich za sprawą BEST — *Board of European Students of Technology* — niepolitycznej i niedochodowej organizacji studenckiej działającej przy uczelniach technicznych. Celem tego przedsięwzięcia jest zainteresowanie studentów praktycznym wykorzystaniem wiedzy inżynierskiej oraz integracja środowiska akademickiego uczelni wyższych, podczas wspólnej pracy nad ciekawym projektem. To doskonała okazja do rozwoju kreatywności inżynierskiej oraz dodatkowych umiejętności nietechnicznych. Forma konkursu jest narzędziem tzw. dydaktyki eksperymentalnej (ang. *learning-by-doing*). Ten sposób uczenia się sprawia, że problemy przestają być akademickie, a świat rzeczywisty staje się najlepszym kolokwium zaliczeniowym.

BEC w Polsce

BEC organizowany jest przez wszystkie polskie grupy BEST w pięciu miastach — Krakowie, Gdańsku, Łodzi, Warszawie i Gliwicach. Uczestniczyć w nim mogli studenci 8 uczelni: AGH, Politechniki Krakowskiej, Uniwersytetu Jagiellońskiego, Politechniki Śląskiej w Gliwicach, Politechniki Warszawskiej, Politechniki Gdańskiej, Politechniki Łódzkiej oraz Wojskowej Akademii Technicznej. Rejestracja czteroosobowych drużyn odbywała się na oficjalnej stronie konkursu www.BEC.BEST.org.pl, a uczestnicy brali udział w eliminacjach regionalnych w mieście w którym studiują.

BEC a Festiwal Nauki w Krakowie

25 kwietnia, w wyniku etapu regionalnego, wyłonione zostały najlepsze drużyny, które zmierzyły się ze sobą 17 maja podczas finału ogólnopolskiego w Krakowie. Na zwycięzców czekały atrakcyjne nagrody rzeczowe, jednakże jedną z najcenniejszych nagród stanowi dla nich możliwość zaprezentowania swoich dokonań przed szeroką publicznością 18 maja podczas Festiwalu Nauki na Krakowskim Rynku.

Więcej informacji o konkursie, jego uczestnikach i zwycięzcach znaleźć można na oficjalnej stronie BEC pod adresem www.BEC.BEST.org.pl

Katarzyna Habrat (Kraków)

UCZESTNICY FESTIWALU O SOBIE**HISTORIA NAUK
GEOLOGICZNYCH
W UNIWERSYTECIE
JAGIELLOŃSKIM**

Historia nauk geologicznych w Uniwersytecie Jagiellońskim zaczyna się w 1782 r. wraz z powołaniem Jana Jaśkiewicza na kierownika Katedry Historii Naturalnej oraz Chemii, który utworzył Muzeum Mineralogiczne w Collegium Physicum przy ul. św. Anny 6 i wykładał historię naturalną w latach 1783–1787. W roku 1811 UJ powołał odrębną Katedrę Mineralogii i Jeognozji. W roku 1833 Katedra Mineralogii została zlikwidowana a na jej miejsce utworzono Katedrę Historii Naturalnej, obejmującą mineralogię, zoologię i botanikę. W 1847 roku z katedry tej wydzielono Katedrę Fizjografii, obejmującą mineralogię i zoologię. W latach 1848–1857 Katedrę Fizjografii obejmuje Ludwik Zejszner doprowadzając w 1855 do rozdzielenia mineralogii i zoologii.

W 1886 roku powstał Gabinet Geologiczny, z siedzibą w Collegium Physicum, kierowany przez profesora W. Szajnochę do roku 1928. Był to pierwszy i największy geologiczny zakład naukowy w Polsce. W tym czasie w UJ funkcjonowały trzy odrębne placówki z zakresu nauk geologicznych: Gabinet Mineralogiczny (Collegium Minus, ul. Gołębia 11), Gabinet Geologiczny (Collegium Physicum, ul. św. Anny 6), przemianowany w 1929 roku na Zakład Geologiczny oraz Pracownia Paleontologiczna (Collegium Iuridicum, ul. Grodzka 53).

W 1951 roku politycznym zarządzeniem władz państwowych zlikwidowano Zakłady Geologii, Mineralogii i Paleontologii UJ, przyłączając je do Akademii Górniczo-Hutniczej. W 1957 roku odradzają się nauki geologiczne w Uniwersytecie Jagiellońskim. Powołano Katedrę Geologii oraz Katedrę Mineralogii i Petrografii, a w 1958 roku utworzono Zakład Paleontologii przy Katedrze Geologii UJ. W 1962 roku Katedry Geologii oraz Mineralogii i Petrografii oraz Zakład Paleontologii przeniosły się do nowej

siedziby przy ul. Oleandry 2a. Instytut Nauk Geologicznych UJ powstał w 1972 roku, a od 1975 roku otwarto ponownie studia na kierunku *Geologia*.

**Główne kierunki badań Instytutu Nauk
Geologicznych UJ**

Zakres badań naukowych prowadzonych w Instytucie Nauk Geologicznych UJ dotyczy problemów o podstawowym znaczeniu dla poznania geologicznej ewolucji litosfery. Badania te pozwalają m. in. na rozpoznanie środowisk sedymentacyjnych, deformacji tektonicznych oraz prowadzą do rozwiązania szeregu zagadnień paleontologicznych i biostratygraficznych, które są narzędziem przy rekonstrukcjach paleogeograficznych o zasięgu lokalnym i regionalnym. Niektóre z tematów sięgają także zagadnień o znaczeniu społeczno-ekonomicznym, a mianowicie problemów ochrony środowiska, poznania wpływów antropogenicznych na środowisko oraz wykorzystania mineralnych surowców odpadowych. Prowadzone badania ukierunkowane są także na rozpoznanie procesów złożotwórczych i racjonalizację poszukiwań złóż.

Zarówno działalność dydaktyczna jak i naukowo-badawcza realizowana jest przez pracowników pięciu zakładów o pewnych ukierunkowanych profilach. Studenci wybierając jedną z trzech proponowanych specjalizacji, w ramach wykonywanej pracy dyplomowej, oraz uczestnicząc w pracach badawczych poszczególnych zakładów.

Zakład Geodynamiki i Geologii Środowiskowej — zajmuje się analizą basenów sedymentacyjnych ze szczególnym uwzględnieniem Karpat zewnętrznych i zapadliska przedkarpackiego; modelowaniem numerycznym basenów sedymentacyjnych, modelowaniem hydrogeologicznym i paleohydrogeologicznym; paleogeografią i ewolucją tektoniczną pasma orogenicznego Karpat, jego zapadliska przedgórskiego oraz ich relacji do obszarów otaczających. Zajmuje się również rekonstrukcjami palinspastyicznymi alpidów Europy.

Zakład Kartografii Geologicznej i Tektoniki — prowadzi badania litostratygraficzne, tektoniczne, geotektoniczne oraz geomorfologiczne, ze szczególnym uwzględnieniem utworów fliszowych, molasowych i pokryw czwartorzędowych. Geologiczne badania regionalne w Polsce i zagranicą, przede wszystkim górnotworów alpejskich i ich otoczenia, a w szczególności Karpat i przedgórze. Współpracuje przy wykonywaniu map geologicznych, w tym Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000. Opracowuje zastosowanie metod teledetekcyjnych w geologii, w tym w kartografii geologicznej (analiza zdjęć lotniczych, satelitarnych, radarowych, modeli cyfrowych, metody GIS), oraz metod cyfrowych w geologii, a w tym cyfrowej dygitalizacji map geologicznych.

Zakład Mineralogii Petrologii i Geochemii — prowadzi badania nad pochodzeniem i ewolucją skał magmowych i metamorficznych. Zajmuje się badaniami skał osadowych i występujących w nich złóż metali oraz procesami powstawania i przemian minerałów ilastych. Realizowane są również tematy badawcze z zakresu mineralogii i geochemii stosowanej. Bardziej szczegółowa tematyka obejmuje m.in.: badania nad wykorzystaniem odpadów przemysłowych (żużli i popiołów lotnych) w syntezach mineralnych sorbentów; badania nad genezą złóż miedzi w monoklinie przedsudeckiej; petrologię skał osadowych; badania procesów powstawania i przemian minerałów ilastych w środowiskach wietrzeniowych; badania nad pochodzeniem i ewolucją skał magmowych z obszaru Polski; badanie zapisu geochemicznego wielkich katastrof w dziejach Ziemi. Zakład ten zajmuje się również wykorzystaniem mineralogii, petrologii i geochemii w badaniach archeologicznych oraz modelowaniem komputerowym silnie zdeformowanych struktur glinokrzemianów warstwowych.

Zakład Paleozoologii — kontynuuje badania mikropaleontologiczne tzw. „polskiej szkoły mikropaleontologii stosowanej Józefa Grzybowskiego”. Prowadzi badania biostratygraficzne, paleoekologiczne, paleobiogeograficzne i paleobiologiczne utworów mezozoicznych i kenozoicznych Alpidów na podstawie otwornic, promienic, nanoplanktonu wapiennego oraz cyst kopalnych Dinoflagellata. Tematy badawcze obejmują również badania makrofauny (koralowce, gąbki) i analizę mikroskamieniałości w płytkach cienkich. Pracownicy naukowcy tego zakładu zajmują się także aplikacją badań biostratygraficznych, paleoekologicznych i paleobiogeograficznych do kompleksowej analizy basenów sedymentacyjnych, w tym do odtwarzania ich paleobatymetrii.

Zakład Sedymentologii i Analizy Paleosrodowiska — realizuje tematy badawcze z zakresu skał osadowych po kątem rozpoznania sposobu, rozwoju i uwarunkowań ich sedymentacji. Zajmuje się badaniem struktur sedymentacyjnych, głównie turbidytowych oraz odtwarzaniem warunków sedymentacji w basenach orogenicznych Alpidów a także badaniem procesów krasowych i ich produktów. Pracownicy naukowcy tego zakładu prowadzą badania stratygraficzne, sedymentologiczne i paleontologiczne graptolitów i nanoplanktonu wapiennego. Ichnologia, czyli badanie śladów działalności życiowej organizmów bezkręgowych oraz ich paleoekologia w różnych środowiskach sedymentacyjnych, jest również tematyką badawczą realizowaną w tym zakładzie. Prowadzone są także prace badawcze nad sylur-

skimi bakteriami fosfatuzyjącymi oraz nad sedymentacją i paleogeografią utworów węglanowych, głównie platformowych triasu, jury i kredy.

Pracownie i laboratoria

W Instytucie Nauk Geologicznych UJ działają następujące pracownie i laboratoria wykorzystywane w realizacji prac badawczych:

Pracownia Fotograficzna; Pracownia Komputerowa; Pracownia Mikropaleontologiczna; Pracownia Mikroskopii Optycznej; Pracownia Mikroskopowa; Pracownia Mikroskopii, Katodoluminescencji i Analizy Obrazu; Pracownia Dyfraktometrii Rentgenowskiej; Pracownia Spektroskopii Absorpcyjnej w Podczerwieni; Pracownia Szlifierska; Laboratorium Chemiczne; Laboratorium Mikroskopii Skaninowej z Emisją Polową i Mikroanalizy; Laboratorium Wydzielania Minerałów Ilastych oraz Szlamownia.

Zbiory naukowe i dydaktyczne

Zbiory naukowe i dydaktyczne zgromadzone są w Muzeum Geologicznym Instytutu Nauk Geologicznych UJ. Muzeum posiada jedne z najstarszych zbiorów geologicznych w Polsce, gromadzonych co najmniej od 1782 roku. Zbiory liczą około 175 kolekcji, głównie skamieniałości (blisko 15 000 okazów; w tym kolekcja ryb eoceńskich z Monte Bolca koło Werony), ponadto 16 000 okazów mineralogicznych. Najstarsza kolekcja to zbiór minerałów, skał i skamieniałości zakupiony przez Gabinet Mineralogiczny w 1810 roku od Baltazara Hacqueta. Muzeum posiada kilkanaście kolekcji skamieniałości bezkręgowców z paleozoiku i mezozoiku, zebranych przez Alojzego Altha, profesora mineralogii UJ (1862–1886), głównie z Podola, Bukowiny, Galicji Wschodniej oraz okręgu krakowskiego. Do najstarszych kolekcji minerałów należy zbiór dziekana Kapituły Krakowskiej Michała Sołtyka darowany UJ w 1814 roku. Do najciekawszych, zarówno pod względem mineralogicznym jak i historycznym należy kolekcja Ignacego Domeyki z 97 okazami minerałów (głównie kruszcowych), pochodzących ze złóż chilijskich i boliwijskich i podarowanych UJ w latach 1853, 1872 i 1884.

Ekspozycje stałe o charakterze dydaktycznym, oparte o zbiory zarówno historyczne, jak i bieżące, to: *Mineralogia*, *Geologia dynamiczna* oraz *Geologia historyczna*. Na szczególną uwagę zasługują dwie unikatowe w skali światowej ekspozycje autorskie: *Struktury sedymentacyjne* (kolekcja prof. Stanisława Dżułyńskiego) i *Skamieniałości śladowe* (kolekcja prof. Mariana Książkiewicza). Pierwsza z nich obejmuje struktury sedymentacyjne, m. in. po raz pierwszy opisane i zinterpretowane przez autora kolekcji i jego współpracowników. Okazy pochodzą głównie ze skał fliszowych. Druga kolekcja to największy na świecie zbiór fliszowych skamieniałości śladowych zawierający 1850 okazów pochodzących prawie wyłącznie z polskich Karpat fliszowych. Stała wystawa zawiera reprezentatywne okazy wraz z 74 holotypami. Wystawy wykorzystywane są do celów dydaktycznych, porównawczych dla studentów oraz dla osób z zewnątrz po wcześniejszym zgłoszeniu.

Biblioteka

Biblioteka Instytutu Nauk Geologicznych zawiera 8 842 woluminów czasopism i 15 903 woluminów pozycji książkowych. Przy Muzeum Geologicznym działa również specjalistyczna biblioteka Fundacji im. Józefa Grzybowskiego, która dysponuje polską i zagraniczną literaturą specjalistyczną głównie z zakresu mikropaleontologii.

Dr inż. Ewa Malata
Z-ca Dyrektora ING
ds. dydaktycznych

Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ

Geografia w Uniwersytecie Jagiellońskim ma najdłuższą tradycję w Polsce, sięgającą XV w. W 1849 r. wielki poeta i geograf Wincenty Pol założył pierwszą na naszych ziemiach Katedrę Geografii. Była to równocześnie druga — po Berlinie — uniwersytecka katedra geograficzna w świecie. Nowoczesna struktura naukowa Instytutu zaczęła być kształtowana w okresie międzywojennym. Już wtedy badania geograficzne prowadzono w dwóch nurtach — przyrodniczym (fizycznogeograficznym) i społeczno-ekonomicznym (antropogeograficznym) — ściśle łączących się ze sobą i wzajemnie się uzupełniających przy rozwiązywaniu konkretnych problemów badawczych lub charakterystyce obszarów badań, zwłaszcza w opracowaniach kartograficznych. Po drugiej wojnie światowej kontynuowano te badania rozwijając kolejne dyscypliny w obrębie nauk geograficznych. Instytut jest znany, w Polsce i na świecie, z wyników badań, które doprowadziły do rozwiązania szeregu istotnych problemów naukowych. Nie wymieniamy ich ze względu na cel tego tekstu, a mianowicie informację o badaniach aktualnie prowadzonych.

Poniżej, w telegraficznym skrócie, podajemy najważniejszą problematykę badawczą, uprawianą w obrębie poszczególnych dyscyplin nauk geograficznych w Instytucie, rozpisaną na poszczególne zagadnienia.

Geomorfologia. Ewolucja i dynamika rzeźby wybranych obszarów górskich i wyżynnych (Karpaty, Wyżyny Polskie, Alpy, Masyw Centralny, Góry Szkocji, Andy, Wyspy Zielonego Przylądka, Atlas, G. Attyki): Rzeźba gór wysokich i średnich. Systemy korytowe i współczesne procesy fluwialne w obszarach górskich i wyżynnych. Denudacja chemiczna i mechaniczna w górach. Plejstocenska i holocenska ewolucja wybranych dolin wyżynnych i górskich. Wpływ działalności człowieka na przebieg procesów morfogenetycznych i przemiany rzeźby gór. Procesy eoliczne oraz typologia wydm.

Klimatologia. Zmiany klimatu w różnych skalach przestrzennych i czasowych oraz studia porównawcze z zakresu bioklimatologii: Fluktuacje klimatyczne w Krakowie. Zróżnicowanie klimatyczne w różnych szerokościach geograficznych, również w aspekcie bioklimatycznym. Weryfikacja modeli bioklimatycznych. Badania mikroklimatyczne. Klimaty gór, głównie Karpat. Antropogeniczne oddziaływania, w tym wpływ miasta, na klimat lokalny. Wpływ Zbiornika Wodnego „Dobczyce” na klimat.

Rekonstrukcje klimatu w okresie historycznym na podstawie tzw. zbiorów danych pośrednich. Unikatowy bank danych ze Stacji Naukowej przy ul. Kopernika 27 (dawne Obserwatorium Astronomiczne) umożliwia badanie wieloletnich (od 1792 r.) zmian klimatu.

Hydrologia. Przyrodnicze i antropogeniczne uwarunkowania reżimu hydrologicznego i chemizmu wód wybranych obszarów: Antropogeniczne przemiany stosunków wodnych. Naturalne i antropogeniczne uwarunkowania chemizmu wód opadowych, rzecznych i podziemnych. Zmiany hydrologicznych i hydrochemicznych cech źródeł. Wpływ opadów atmosferycznych na dynamikę dostawy i odprowadzania biogenów ze zlewni pogórskich o różnym użytkowaniu. Wpływ globalnych czynników cyrkulacyjnych na zmiany reżimu rzek. Zastosowanie sztucznych sieci neuronowych w hydrologii. Rozmieszczenie, funkcjonowanie i ochrona źródeł. Kartografia hydrologiczna.

Gleboznawstwo i geografia gleb. Geograficzne uwarunkowania struktury pokrywy glebowej w obszarach górskich i wyżynnych: Geneza i klasyfikacja gleb. Przekształcenia pokrywy glebowej i jej ochrona. Porównanie gleb różnych stref klimatyczno-roślinnych (tundra, tajga, obszary suche). Relacje między wykształceniem pokrywy glebowej a pozostałymi komponentami środowiska przyrodniczego w górach. Wpływ kultur prehistorycznych na pokrywę glebową w obszarach wyżynnych. Zanieczyszczenie gleb radionuklidami i metalami ciężkimi. Kartografia gleb.

Geografia fizyczna, ekologia krajobrazu. Struktura, funkcjonowanie i przemiany środowiska przyrodniczego wybranych obszarów Europy: Środowisko przyrodnicze jako system podlegający intensywnym przemianom naturalnym i antropogenicznym. Aktualizacja stanu wiedzy o wewnętrznej strukturze i funkcjonowaniu środowiska obszarów podlegających szybkim zmianom krajobrazu, np. w Karpatach, gdzie obszary użytkowane rolniczo zarastają lasem, lub w Arktyce, gdzie spod lodowców wyłaniają się znaczne obszary łąd lub fiordy. Ocena zasobów środowiska i skutków gospodarczego oddziaływania na środowisko jako podstawa zrównoważonego rozwoju.

Geografia ludności, osadnictwa i rolnictwa. Przemiany społeczno-gospodarcze regionów miejskich i obszarów wiejskich: Kierunki rozwoju rolnictwa i zmian użytkowania ziemi w Karpatach. Zróżnicowanie jakości życia w miastach Polski, społeczne badania miejskie oraz przemiany demograficzno-społeczne regionu miejskiego Krakowa i stref podmiejskich innych miast w okresie transformacji gospodarczej. Przekształcenia dzielnic staromiejskich. Problemy rozwoju i funkcjonowania transportu szynowego w miastach. Zagrożenia demograficzne terenów górskich w Polsce i w Europie Zachodniej na przykładzie Ardenów i Masywu Centralnego.

Geografia religii. Rozwój ośrodków pielgrzymkowych oraz przemiany przestrzeni sakralnych: Geneza i przekształcenia sieci ośrodków pielgrzymkowych na świecie i w Polsce w aspekcie przestrzenno-czasowym i społeczno-ekonomicznym. Pielgrzymki a turystyka (turystyka religijna). Wpływ religii na osadnictwo, m.in. typologia jednostek osadniczych o funkcji religijnej, „osiedla pielgrzymkowe”, rozwój przestrzenny i struktura ośrodków

kultu, rozwój infrastruktury w ośrodkach kultu itp. Wpływ religii na migracje ludności, m.in. typy migracji, zasięg przestrzenny, szlaki wędrówek religijnych. Przemiany krajoobrazu sakralnego.

Gospodarka turystyczna i uzdrowiskowa. Przemiany zagospodarowania turystycznego oraz skutki społeczno-ekonomiczne i ekologiczne rozwoju turystyki: Przestrzenne zróżnicowanie rozwoju turystyki. Przemiany w zagospodarowaniu turystycznym związane z transformacją społeczno-ekonomiczną Polski. Społeczne, ekonomiczne i przyrodnicze skutki rozwoju turystyki. Funkcje turystyczne na obszarach chronionych, w tym identyfikacja terenów zagrożonych nadmiernym ruchem turystycznym oraz pokazanie konfliktów między funkcją turystyczną a innymi funkcjami gospodarczymi. Przemiany funkcji leczniczej i wypoczynkowej uzdrowisk. Turystyka kulturowa w miastach historycznych, zwłaszcza w Krakowie. Aktywizacji ekonomiczna wsi poprzez rozwój turystyki, w tym agroturystyki. Rola samorządów lokalnych w aktywizacji turystycznej Polski południowej.

Rozwój regionalny. Rozwój regionalny i lokalny oraz jego uwarunkowania: Identyfikacja regionów sukcesu i regresu gospodarczego. Czynniki rozwoju gospodarczego regionów i układów lokalnych, rola polityki regionalnej i aktywności samorządów, społeczne postawy wobec przemian. Regionalne uwarunkowania rozwoju gospodarki opartej na wiedzy. Wpływ edukacji na rozwój społeczno-gospodarczy. Dynamika przestrzeni przemysłowej, w tym przekształcenia regionów przemysłowych, przemiany energetyki w Polsce i Europie, zagospodarowanie terenów poprzemysłowych. Lokalizacja usług dla firm. Przekształcenia społeczno-gospodarcze krajów, zwłaszcza Europy Środkowo-Wschodniej. Zagraniczne inwestycje bezpośrednie, skutki napływu kapitału zagranicznego w skali regionalnej i lokalnej. Przestrzenne zmiany poziomu życia.

Kartografia i teledetekcja. Pozyskiwanie, analiza i prezentacja danych przestrzennych w kartografii tematycznej: Zastosowanie metod geoinformatycznych w analizie terenu. Koncepcja i metodyka atlasów regionalnych i tematycznych. Kartografia komputerowa z wykorzystaniem systemów informacji przestrzennej. Przydatność technik teledetekcyjnych w odtwarzaniu dynamiki elementów środowiska. Metody klasyfikacji treści obrazów satelitarnych. Kartograficzne układy odniesienia, badania delimitacyjne. Kartografia planistyczna i urbanistyczna.

Systemy Informacji Geograficznej. GIS i teledetekcja: Zastosowanie w geografii; próby zastosowania nowych narzędzi i danych cyfrowych do rozwiązywania tradycyjnych problemów przyrodniczych; opracowanie metod modelowania zjawisk; badania relacji przestrzennych w obszarach górskich. Przemiany środowiska obszarów górskich (szczególnie Karpat) — współczesne i historyczne zmiany zalesienia; związki pomiędzy warunkami środowiska przyrodniczego i czynnikami społeczno-gospodarczymi a użytkowaniem i zagospodarowaniem terenu.

W badaniach tych, oraz opracowywaniu ich wyników, bardzo pomocne są nowoczesne pracownie komputerowe i laboratoria, umiejscowione — podobnie jak biblioteka i zbiory kartograficzne — w nowej siedzibie Instytutu na Kampusie 600-lecia Odnowienia UJ. Trzy terenowe stacje naukowe są uzupełnieniem tej infrastruktury. Wyniki badań

publikowane są w dwóch periodykach naukowych Instytutu — *Pracach Geograficznych* (ogólno-geograficzne) i *Peregrinus Cracoviensis* (z zakresu geografii religii), w licznych książkach wydawanych przez Instytut, a także w innych czasopismach oraz wydawnictwach międzynarodowych i krajowych. Pracownicy naukowcy i studenci Instytutu biorą udział w realizacji licznych projektów naukowych w kraju i za granicą, zarówno polskich jak i międzynarodowych, również w ramach wielkich przedsięwzięć, jak *Mapa Hydrograficzna Polski* (udział w opracowaniu 52 arkuszy), *Programy Ramowe Unii Europejskiej* czy *IV Międzynarodowy Rok Polarny*. Z badaniami ściśle powiązane są zajęcia dydaktyczne dla studentów stacjonarnych i zaocznych na dwóch kierunkach (geograficznym i biologiczno-geograficznym), studia doktoranckie i podyplomowe. W związku z tym, dydaktyka i metodologia geografii dopełniają listę uprawianych dyscyplin.

Na podstawie informatora *Uniwersytet Jagielloński — Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej. Tradycja i współczesność* (2006) zestawili dr hab. Wiesław Ziaja

Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni PAN

Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni PAN w Krakowie jest jedyną samodzielną placówką w Europie Centralnej i jednym z niewielu istniejących na świecie ośrodków badawczych całkowicie poświęconych zagadnieniom katalizy i fizykochemii granic międzyfazowych. Powstał w ośrodku akademickim o ugruntowanej tradycji w dziedzinie badań zjawisk powierzchniowych. Należy tu wymienić nazwiska badaczy światowej sławy takich jak M. Smoluchowski (ruchy Browna, teoria zjawisk kinetycznych i koagulacji koloidów), L. Bruner (kinetyka w układach heterogenicznych), czy B. Szyszkowski (chemia powierzchni i elektrochemia, równanie Szyszkowskiego). Wśród znakomych uczonych kontynuujących ich prace znaleźli się: B. Kamiński (badania pól elektrycznych przy powierzchni międzyfazowej), A. Pomianowski (teoria flotacji), A. Bielański (chemia fizyczna granic międzyfazowych gaz/ciało stałe, heterogeniczne reakcje katalityczne na powierzchni tlenków metali przejściowych) i J. Haber (teoria katalitycznego utleniania węglowodorów).

Instytut powstał 1 stycznia 1968 roku jako Laboratorium Badawcze Katalizy i Fizykochemii Powierzchni z inicjatywy prof. dr. hab. Jerzego Habera, który był jego dyrektorem w latach 1968–2002. Początkowo podlegał Instytutowi Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk w Warszawie, a od 28 listopada 1978 mocą zarządzenia Rady Ministrów istnieje jako niezależny instytut z własną Radą Naukową. Od 1990 Instytut posiada prawo nadawania tytułu doktorskiego z chemii fizycznej a od 2000 prawa habilitacyjne. Od 1999 roku razem z Wydziałem Inżynierii i Technologii Chemicznej Politechniki Krakowskiej i Wydziałem Chemicznym Politechniki Rzeszowskiej Instytut Katalizy PAN prowadzi Międzynarodowe Studium Doktoranckie.

Działalność Instytutu dotyczy szeroko rozumianej chemii fizycznej zjawisk zachodzących w układach powierzchniowych typu ciało stałe/gaz, ciecz/gaz i ciało stałe/ciecz z

naciskiem na znaczenie owych zjawisk dla procesów katalitycznych, flotacyjnych i adsorpcyjnych. Instytut jednoczy podstawy teoretyczne z badaniami eksperymentalnymi i wdrożeniowymi, które mogą znaleźć bezpośrednie zastosowanie w usprawnieniu procesów technologicznych. Instytut dysponuje wysoko wyspecjalizowaną kadrą naukową o wieloletnim i wielorakim doświadczeniu oraz bogatą bazą aparaturową, często unikatową w skali Polski. Kadra Instytutu posiada bardzo wysoką pozycję w Polsce i świecie, czego dowodem jest szeroko rozwinięta współpraca z innymi ośrodkami polskimi i zagranicznymi realizowana przez wspólne granty, sieci badawcze, wymianę doktorantów, wykładowców itp. Instytut jest ośrodkiem integrującym badania w dziedzinie katalizy i fizykochemii powierzchni w skali całego kraju. Od początku swego istnienia Instytut organizuje coroczne cieszące się prestiżem w środowisku naukowym katalizy Ogólnopolskie Kolokwium Katalityczne. Z inicjatywy Instytutu w 2004 roku rozpoczęła działalność ogólnopolska sieć katalityczna „Nanomateriały jako katalizatory nowych, przyjaznych dla środowiska procesów”, a w roku 2006 wspólna sieć badawcza „EKO-KAT Innowacyjne materiały katalityczne w ochronie ekosystemu”. Instytut koordynuje również dwoma projektami zamawianymi Ministerstwa Nauki.

Instytut stanowi również też ważne ogniwo w europejskim obszarze badawczym, koordynując prace i uczestnicząc w szeregu projektów Unii Europejskiej. Obecnie Instytut jest zaangażowany w 10 projektów 6. Programu Ramowego, 4 akcje COST i 2 projekty Mechanizmu Finansowego EOG realizowane we współpracy z partnerami norweskimi. Instytut prowadzi również 40 programów naukowej wymiany dwustronnej. Wyrazem uznania dla międzynarodowej rangi Instytutu i wysokiego poziomu prowadzonych w nim badań było przyznanie mu w 2002 roku statusu Europejskiego Centrum Doskonałości „Cracow Research Center of Molecular Catalysis and Soft Matter Chemistry” CATCOLL.

mgr Barbara Świątkowska

Instytut Nauk o Środowisku Uniwersytetu Jagiellońskiego

Instytut Nauk o Środowisku uczestniczył do tej pory w każdej edycji Festiwalu Nauki. Z wielką radością przyjęliśmy kolejne zaproszenie do udziału w tej imprezie, która stała się najlepszą promocją naszej codziennej pracy. Jest to dla nas ogromne wyzwanie, do którego podchodzimy z dużym zaangażowaniem. Prezentacje z roku na rok są ciekawsze i przyciągają wiele osób. Udoskonalamy nasz program i chcemy, aby zainteresował jeszcze szersze grono tych młodszych i starszych miłośników nauki. Dla wielu osób jest to okazja do spotkania z naukowcami, którzy w przystępny sposób opowiadają o swoich naukowych eksperymentach.

Planujemy, aby podczas tegorocznego Festiwalu pokazać głównie żywe ekspozycje, bo spotkanie z nimi stanowi okazję poznania biologii, strategii życiowych, behawioru owadów społecznych, raków, gryzoni, chrząszczy, roztozczy, dżdżownic. Równocześnie będzie to stanowiło nie lada

atrakcję. Przy każdej z prezentacji będzie można liczyć na komentarz i dyskusję z prezentującym. Przewidujemy, że każdego dnia będą inne prezentacje.

Postaramy się odpowiedzieć na pytania:

- kto zapyła nasze kwiaty?
- co je rak?
- jak odłowić gryzonia?
- chrząszcze biegacze, czyli co biega w lasach?
- czy mikroby można zobaczyć bez mikroskopu?
- co potrafi dżdżownica?
- oraz opowiemy o życiu w główce cebuli.

W ten sposób będzie możliwość bliższego poznania między innymi wpływu substancji toksycznych na populację i ekosystemy, funkcjonowania zależności między organizmami, wpływu zanieczyszczeń na organizmy żywe, składu gatunkowego fauny glebowej, badań nad ewolucją i behawiorem organizmów.

W imprezę tą zaangażowane będą niemal wszystkie grupy badawcze z naszego Instytutu, które zajmują się między innymi: badaniami dotyczącymi ekologii i ochrony gatunków zwierząt łownych i chronionych; ewolucyjną fizjologią i bioenergetyką zwierząt, ograniczeniami budżetów energetycznych; bioróżnorodnością i funkcjonowaniem ekosystemów leśnych i miejskich, życiem gleby; badaniem kosztów reprodukcji, kojarzeń pozapartnerskich i funkcjonowania układu odpornościowego; dynamiką liczebności drobnych ssaków; wpływem substancji toksycznych na populację i ekosystemy, modelowaniem zależności między organizmami i ich ewolucją, monitoringiem biologicznym; badaniem organizmów wodnych, zarówno w czystych potokach górskich, jak i oczyszczalniach ścieków; genetyką molekularną i genomiką funkcjonalną drożdży w aspekcie ewolucyjnym, badaniem symbiozy roślin z grzybami i bakteriami, mikoryzy roślin terenów chronionych i roślin rzadkich oraz grzybów siedlisk ekstremalnych; badaniem wpływu czynników antropogenicznych i naturalnych na środowisko, oceną zanieczyszczenia środowiska przy pomocy bioindykacji; feromonami, dominacją i ultradźwiękami w biologii rozrodu ssaków, badaniem wpływu pestycydów na biologię drobnych ssaków; poszukiwaniem genów odpowiadających za cechy behawioralne, charakterystyką genów MHC, badaniami etologicznymi; społecznymi aspektami ochrony przyrody i gospodarowaniem odpadów komunalnych, badaniem świadomości środowiskowej.

Badania są prowadzone na mikroorganizmach, różnych gatunkach bezkręgowców, małych i dużych ssakach oraz ptakach. W badaniach stosowane są różnorodne techniki: pomiary tempa oddychania organizmów, respiracja gleby i tempo dekompozycji; analizy zawartości metali ciężkich, analizy z użyciem oprogramowania GIS; mikroskopia świetlna, fluorescencyjna, hodowle in vitro, techniki molekularne takie jak PCR, sekwencjonowanie DNA, SSCP, mutageniza oparta o PCR, klonowanie genów; genetyka ilościowa, typowanie genetyczne, krzyżowanie, analiza segregacji; wymiana alleli, modulacja ekspresji genów; techniki immunochemiczne w wykrywaniu białek, ocena aktywności enzymów; obserwacje behawioru w tym testy behawioralne z analizą dźwięków. Zapraszamy.

mgr Katarzyna Nieszporek

Zakład Neurofizjologii i Chronobiologii Instytutu Zoologii UJ

Odkrywamy tajemnice mózgu

Mózg ludzki to najbardziej złożony z ludzkich narządów a przez niektórych uważany za najbardziej złożony obiekt w znanym nam, ludziom, Wszechświecie. Jego badanie jest fascynującą przygodą porównywalną zapewne tylko do wypraw pierwszych odkrywców, zapuszczających się w nieznanne obszary naszej planety.

Zakład Neurofizjologii i Chronobiologii od wielu lat zgłębia tajemnice mózgu, stosując szeroki wachlarz technik badawczych, które pozwalają „podejrzeć” jak poszczególne komórki, tworzące ten narząd porozumiewają się ze sobą, budując złożoność, która odpowiada za widzenie świata, pamięć, motorykę itp.

W ramach tegorocznego Festiwalu Nauki, Zakład Neurofizjologii i Chronobiologii przedstawi niektóre z narzędzi, jakimi pracownicy i studenci tego Zakładu mierzą się z trudną materią tego niezwykle skomplikowanego zagadnienia, jakim jest badanie struktury i funkcji układu nerwowego ssaków. Każdy z chętnych będzie miał możliwość zobaczenia na własne oczy jak pracuje Jego mózg. Zostaną zaprezentowane triki, za pomocą których nasz układ nerwowy próbuje ukryć własną niedoskonałość, natomiast pracownicy i studenci Zakładu, postarają się odpowiedzieć na wszelkie pytania związane z tym fascynującym narządem, jakim jest nasz mózg. Serdecznie zapraszamy!

mgr Sławomir Siejka

Zakład Genetyki i Ewolucjonizmu Instytutu Zoologii UJ

Oszacujemy ryzyko choroby genetycznej

Terminy takie jak DNA, mutacja czy testy genetyczne stały się powszechnie znane dzięki rozpropagowaniu wiedzy na temat genetyki przez czasopisma popularnonaukowe i programy TV. Nauka ta budzi szczególnie zainteresowanie choćby z tego względu, iż potrafi wyjaśnić podobieństwa pomiędzy członkami rodziny, oszacować ryzyko wystąpienia chorób genetycznych czy też rozwikłać zagadki kryminalne.

W centrum zainteresowań badawczych w Zakładzie Genetyki i Ewolucjonizmu znalazły się zagadnienia związane z analizą jakości gamet u myszy, mapowaniem genów kontrolujących parametry ich płodności oraz molekularnym podłożem zaburzeń wchłaniania jonów miedzi u myszy. Posiadamy własną hodowlę myszy laboratoryjnych i nasze doświadczenia przeprowadzamy w oparciu o rekombinacyjne szczepy wsobne, myszy z nokautami wybranych genów spermatogenezy oraz mutanty genu *Trp53* i *Atp7a*. Celem tych badań jest poznanie genetycznych uwarunkowań zaburzeń płodności u myszy, co pozwoli nam lepiej zrozumieć molekularne mechanizmy leżące u podstaw bezpłodności u ludzi.

Każdy student biologii obowiązkowo musi w toku nauczania przyswoić sobie podstawy genetyki. Festiwal Nauki to okazja dla wszystkich zainteresowanych do zapoznania się z niektórymi zagadnieniami z tej dziedziny. Postaramy się odpowiedzieć na nurtujące Państwa pytania i zaprezentujemy organizmy modelowe stosowane w genetyce (mysz, muszka owocowa). Będzie też można zobaczyć wyizolowane DNA myszy i dowiedzieć się czegoś więcej o własnych genach na podstawie obserwowanych cech.

mgr Aniela Gołaś

Zakład Cytologii i Histologii Instytutu Zoologii UJ

Zakład Cytologii i Histologii prowadzi badania procesów fizjologicznych zachodzących w różnych typach komórek. W czasie Festiwalu przedstawimy najciekawsze wyniki naszych badań i powiemy o procesach, które są istotne dla prawidłowego funkcjonowania całego organizmu.

Główna tematyka badawcza Zakładu Cytologii i Histologii dotyczy mechanizmów różnicowania się komórek macierzystych w komórki różnego typu tkanek. Mamy nadzieję, że nasze badania przyczynią się do zastosowania w przyszłości komórek macierzystych do naprawy uszkodzonych w wyniku chorób tkanek.

Badane są również mechanizmy plastyczności w układzie nerwowym, która polega na zmianach aktywności i struktury komórek nerwowych (neuronów) i połączeń pomiędzy neuronami, pod wpływem bodźców zewnętrznych i wewnętrznych, w procesie uczenia się i zapamiętywania oraz w wyniku uszkodzeń. Zdolność neuronów do zmian plastycznych umożliwia ich szybką adaptację do zmian zachodzących w środowisku zewnętrznym, magazynowanie informacji i przywracanie, do pewnego stopnia, funkcji w uszkodzonych rejonach mózgu.

We wszystkich typach komórek, ich prawidłowe funkcjonowanie, zależy od jonów, głównie sodu, potasu, chloru i wapnia. Ich stężenie zmienia się w zależności od stanu fizjologicznego komórki i jej różnych funkcji, a regulowane jest przez wiele skomplikowanych, molekularnych procesów. Wiele funkcji komórek, np. skurcz komórek mięśniowych, zależy od stężenia jonów wapnia w komórce. Procesy te są obecnie intensywnie badane w komórkach różnych organizmów *in vivo* i *in vitro*, w celu zrozumienia ich mechanizmów i zaburzeń, które mogą prowadzić do śmierci komórki.

Prof. dr hab. Elżbieta Pyza

Zakład Endokrynologii i Hodowli Tkanek Instytutu Zoologii UJ

Obietnice „superhormonów”

Ludzie zawsze szukali cudownego eliksiru młodości, który jak na ironię znajduje się w każdej komórce naszego organizmu. Zostaliśmy wyposażeni w naturalny lek przeciw

starości- „superhormony”. To one kontrolują wszystkie funkcje ludzkiego ciała, włączając w to system rozrodczy, immunologiczny i metabolizm. „Superhormony” określają, w jaki sposób się starzejemy - proporcjonalnie do spadku ich poziomu zmniejsza się nasza energia życiowa i odporność, a w rezultacie nasze życie skraca się o całe lata. Przywracając im właściwe stężenie możemy liczyć na odzyskanie młodzieńczej energii i witalności, możemy wzmocnić i uodpornić nasze ciała i umysły.

Zakład Endokrynologii i Hodowli Tkanek od wielu lat bada tajemnice wybranych hormonów często określanych mianem „superhormonów”, do których zaliczamy także progesteron, estradiol i testosteron. W centrum zainteresowań naszego Zakładu znalazła się zatem endokrynologia rozrodu *in vivo* i *in vitro*, czyli badanie morfologii funkcjonalnej gonady żeńskiej i męskiej oraz regulacji hormonalnej

funkcji komórek jajnika i jądra w organizmie ssaków lub w komórkach izolowanych z tkanek i hodowanych dzięki technice hodowli komórkowej.

W ramach tegorocznego Festiwalu Nauki Zakład Endokrynologii i Hodowli Tkanek zaprezentuje techniki i narzędzia, jakimi zarówno nasi pracownicy jak i studenci posługują się podczas zgłębiania tajemnic endokrynologii. Będzie można dowiedzieć się wszystkiego na temat technik wspomaganego rozrodu, „fontanny młodości”, czyli modnego teraz DHEA, a także usłyszeć wszystko na temat zgubnych skutków stosowania anaboliów. Zaprezentujemy technikę hodowli komórkowej, wszystkie zainteresowane osoby będą mogły sprawdzić okres płodny, a nawet oznaczyć grupę krwi przy zastosowaniu specyficznych przeciwciał monoklonalnych. Serdecznie zapraszamy!

dr Małgorzata Duda

NOC MUZEÓW

Ryszard GRADZIŃSKI (Kraków)

NA CZYM KRAKÓW ZBUDOWANO?

Na posadowienie miasta i kierunki jego przestrzennego rozwoju poważny wpływ miała rzeźba terenu, a ta w bardzo dużym stopniu była i jest odzwierciedleniem budowy geologicznej podłoża. Omawiając pokrótce tę budowę pomijamy na razie obecność osadów czwartorzędowych, które niemal wszędzie przykrywają swe podłoża.

Wśród starszych, przedczwartorzędowych utworów najważniejszą, dominującą rolę odgrywają w rejonie Krakowa wapienie jury górnej. Powstały one na dnie stosunkowo płytkiego morza, około 160 mln. lat temu. Tworzą one

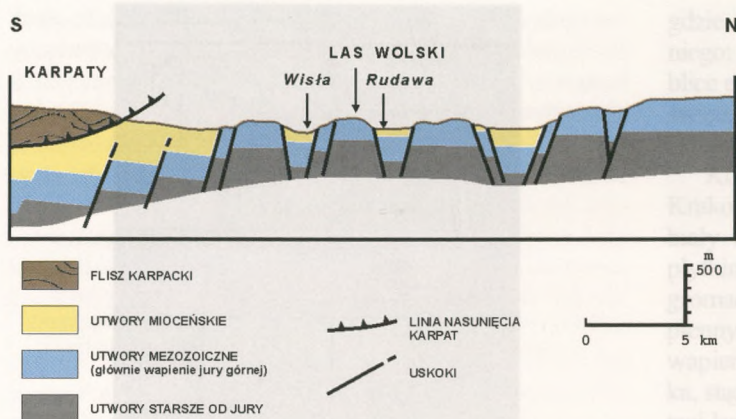
gruby kompleks skalny, którego miąższość w rejonie miasta sięga przeważnie do 200 m. Wapienie jurajskie występują na powierzchni w rozległym paśmie, które ciągnie się od Krakowa aż po okolice Częstochowy i Wielunia i przeważnie nazywane jest Jurą Krakowsko-Częstochowską. Nasze miasto usytuowane jest przy południowym krańcu tego pasma, bowiem już na peryferiach południowych dzielnic znajduje się granica Karpat, regionu geologicznego o całkowicie odmiennej budowie.

W najbardziej ogólnym, uproszczonym ujęciu, wapienie jurajskie tworzące południową część wspomnianego pasma przyrównać można do grubej, rozległej płyty. Płyta ta została pocięta uskokami na szereg mniejszych i większych bloków, wzajemnie poprzesuwnanych pionowo względem siebie. W rezultacie tych dyslokacji tektonicznych, które miały miejsce głównie około 15 mil. lat temu, powstały wypiętrzone zręby i sąsiadujące z nimi obniżone zapadliska tektoniczne. Ponadto, cała pocięta uskokami płyta obniża się stopniowo ku południowi i zanurza pod nasunięte od południa płaszczowiny Karpat.

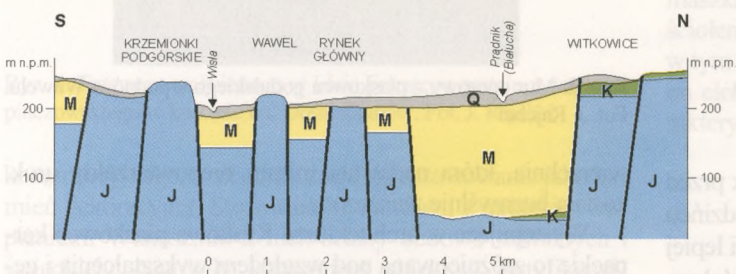
Trzon zrębów tworzą wapienie górnej jury. Wapienie te cechuje biała barwa, często obecność krzemieni, oraz - co ważne, stosunkowo duża odporność na procesy wietrzenia i erozji. Znacznie mniej odporne są iły miocenske, które występują w większości zapadlisk tektonicznych. Dlatego też wapienne bloki zrębów bardzo wyraźnie zaznaczają się w rzeźbie terenu jako wzniesienia, a zapadliska jako obniżenia.



Ryc. 1. Mapa geologiczna Krakowa, uproszczona, bez utworów czwartorzędowych, wg R. Gradzińskiego, 1993



Ryc.2. Schematyczny przekrój geologiczny przez zachodnią część terenu Krakowa (utwory czwartorzędowe pominięte), wg R. Gradziński i M. Gradziński, 1994



Ryc. 3. Uproszczony przekrój geologiczny przez środkową część Krakowa. J — wapienie jury górnej, K — kreda, M — miocen, Q — czwartorzęd, wg A. Kleczkowski, 2003, zmodyfikowany

Takimi wyróżniającymi się zrębami są przede wszystkim wzgórza św. Bronisławy i Lasu Wolskiego, Wzgórza Tynieckie, Krzemionki Dębnickie (zwane też Skałami Twardowskiego) i Krzemionki Podgórskie. Wapiennym zrębem jest również Wzgórze Wawelskie. Na terenie śródmieścia Krakowa znajdują się też słabiej wypiętrzone zręby, gdzie wapienie przykryte są stosunkowo cienkimi młodszymi osadami, w tym iłami mioceniowymi i utworami czwartorzędowymi. Te zręby słabiej zaznaczają się w morfologii. Jeden z nich znajduje się w rejonie Rynku Głównego.

W głębszych zapadliskach, a przede wszystkim w pobliżu brzegu Karpat, miąższość osadów mioceniowych bywa znaczna i dochodzi do kilkuset metrów. Wspomnieć też wypada, że na wapieniach jury górnej miejscami zachowane są osady kredy (głównie białe margle); większe ich płaty występują w północno-wschodnich dzielnicach miasta.

W ciągu stuleci wapienie jurajskie były eksploatowane w licznych kamieniołomach, których wysokie ściany są do dziś miejscami zachowane (np. na Skałach Twardowskiego), i dostarczyły kamienia budowlanego i surowca do wyrobu wapna, zaś iły mioceniowe wydobywane były w kopankach wielu cegielni.

Należy dodać, że młode, czwartorzędowe osady (pominięte na dołączonej mapie) tworzą na terenie miasta stosunkowo ciekawą pokrywą, która maskuje występujące pod nimi utwory starsze. Osady te reprezentowane są w głównej mierze przez piaski i less. Znaczna część śródmieścia zbudowana jest na rozległym, płaskim stożku utworzonym przez Prądnik (Białucha).

W modelowaniu rzeźby w ciągu ostatnich kilku milionów lat dużą rolę odgrywała erozja rzeczna. Rzeki, przede wszystkim Wisła i Rudawa, złożąc swe doliny, wykorzystywały w dużym stopniu zapadliska wypełnione miękkimi osadami miocenu, a omijały odporne, wapienne zręby.

Z tego co podano wyżej wynika, że na ukształtowanie charakterystycznych rysów rzeźby terytorium Krakowa ogromny wpływ wywarł rodzaj skał występujących w podłożu, a także rezultaty uskokuwanych ruchów tektonicznych.

Czytelnicy tego krótkiego artykułu, bliżej zainteresowani omawianymi zagadnieniami, mogą szerzej zapoznać się z nimi zwiedzając stałą wystawę „Budowa geologiczna obszaru krakowskiego” w Muzeum Geologicznym Instytutu Nauk Geologicznych PAN (Kraków, ul. Senacka 3; adres internetowy:

<http://www.ing.pan.pl/muzeum/4wystaw.htm>).

Prof. R. Gradziński (geolog, sedimentolog) od wielu lat zajmuje się również geologią obszaru krakowskiego

Jacek RAJCHEL (Kraków)

Z CZEGO KRAKÓW BUDOWANO

Każde zabytkowe miasto posiada swój niepowtarzalny koloryt. Jednym z czynników wpływających na ten wielopłaszczyznowy image jest jego kamienny wystrój. Tak też jest, a raczej było w Krakowie. Na przestrzeni tysiąca lat powstała w tym królewskim mieście wspaniała kamienna mozaika z zastosowanych architektonicznie kamieni bu-

dowlanych i dekoracyjnych. Pochodziły one z najbliższych i nieco dalszych okolic Krakowa. Te, które „przywędrowały” z odległych miejsc „ginęły w tłumie”. Niestety, w szybkim tempie Kraków pozbywa się tego tysiącletniego, historycznego dziedzictwa; zniknęła historyczna nawierzchnia z wapiennego bruku na Rynku Głównym — wi-



Ryc. 1. Fragment ściany z bloków górnourajskiego wapienia o charakterze *grand appareil*. Fot. J. Rajchel



Ryc. 2. Mur oporowy z piaskowca godulskiego u podnóża Wawelu. Fot. J. Rajchel

zytówce miasta, wydarto zabytkowy porfirowy bruk przed Katedrą na Wawelu, położono turecki wapień na dziedzińcu wawelskiego Zamku i wokół kościoła Mariackiego, i lepiej nie myśleć, jak będzie wyglądała nawierzchnia Małego Rynku lub ul. Siennej po „renowacji”. W lawinowy sposób przybywa w naszym mieście kamiennych surowców dekoracyjnych ze wszystkich stron świata. Wprowadzane w miejsce dotychczasowych, tradycyjnych i historycznych surowców fałszują i wypaczają dziedzictwo stuleci.

A z czego budowano i jakimi kamieniami dekorowano zabytkowe dzisiaj budowle Krakowa. Te, które decydowały przez stulecia o kolorystyce miasta, to: biały górnourajski wapień, popielate lub zielonkawe piaskowce karpacie, czarny „marmur” dębnicki, kremowy wapień pińczowski, hematytowy porfir z rejonu Krzeszowic i wreszcie żółtawy dolomit diploporowy. Ze względu na zróżnicowane własności znajdowały one właściwe im zastosowanie w szeroko rozumianej architekturze Krakowa.

Najbardziej uniwersalnym pod względem możliwości zastosowania, i najstarszym — *ex aequo* z piaskowcem karpacim — surowcem kamiennych jest górnourajski wapień. Pozyskiwano go z najbliższych okolic z tzw. monokliny śląsko-krakowskiej. Skała ta występuje w kilku różniących się genezą odmianach petrograficznych. Najczęściej stosowano w Krakowie wapień gruboławicowy biało patynujący się, zawierający charakterystyczne krzemienne konkretce, rzadziej wapień skalisty. W okresie romańskim wykonywano z niego głównie drobnogabarytową, ceglółkształtną kostkę określaną jako *petit appareil*, w okresie gotyku znacznie większe prostopadłościenne bloki *grand appareil*. To właśnie ten wapień, połączony z ciemnowiśniową gotycką cegłą nadał architekturze Krakowa tego okresu unikalny wygląd. Wykonywano z niego portale i framugi, kolumny, balustrady, pacholki i posadzki. Z nieformatowanych wapiennych brył wznoszono mury obronne miasta i wawelskiego wzgórze, brukowano nim ulice i place, także Rynek Główny. Niestety, ta piękna, zabytkowa na-

wierzchnia, która nadawała miastu niepowtarzalny urok, została bezmyślnie zniszczona.

Występujące w architekturze Krakowa piaskowce karpacie to zróżnicowana pod względem wykształcenia i genezy grupa skał pochodzących z obszaru Karpat zewnętrznych. Do najczęściej stosowanych należą piaskowce: istebniańskie, godulskie i krośnieńskie, znacznie rzadziej: Igockie, ciężkowickie i magurskie. Z petrograficznego punktu widzenia większość z nich to szarogłazy, piaskowce szarogłazowe lub arkozowe i tylko niektóre to piaskowce kwarcowe. Posiadają zróżnicowane uziarnienie od drobno- do gruboziarnistego, a nawet zlepieńcowate. Ich lepiszcza są ilasto-żelaziste, wapniste, krzemionkowe lub typu matryks; kontaktowe, porowe lub wypełniające. Podobnie różnorodne są ich barwy — od żółto-brunatnej, poprzez rdzawą, popielatą do zielonkawej. O ile kiedyś pełniły rolę surowca



Ryc. 3. Studnia z czarnego „marmuru” dębnickiego na dziedzińcu Collegium Maius. Fot. J. Rajchel



Ryc. 4. Fragment rzeźbionego w liście przestępu portalu z wapienia pińczowskiego w kościele oo. Dominikanów. Fot. J. Rajchel

konstrukcyjnego, to obecnie znajdują zastosowanie jako kamień dekoracyjny. Stosowano je na równi z jurajskim wapieniem. Wznoszono z nich ściany budowli sakralnych i świeckich, stanowiły komponent obiektów fortyfikacyjnych i hydrotechnicznych, budowano z nich wiadukty i mosty, powszechnie wykorzystywano je w kamieniarsce sepulkralnej. Wykuwano z nich portale, kolumny, pachołki, schody i balustrady, służyły także do wyrobu krawężników a nawet kostki brukowej i płyt chodnikowych. Te ostatnie przetrwały w Krakowie w znikomej ilości.



Ryc. 5. Bruk porfirowy na ul. Szerokiej na Kazimierzu. Fot. J. Rajchel

Czarny wapień dębnicki, zwany potocznie „marmurem”, to prawdziwa *spécialité de la maison* Krakowa. Wydobywany w niewielkim przysiółku Dębnik nieopodal Krzeszowic znany był i stosowany w całej Polsce i wielu krajach europejskich. Tym walorem, dzięki któremu był tak wysoko cenionym kamieniem dekoracyjnym, jest jego ciemnostalowa lub prawie czarna barwa, którą uzyskuje po wypolerowaniu. Niestety, przy zewnętrznym zastosowaniu, narażony na niszczące działanie czynników atmosferycznych, szybko traci ten swój największy atut — czarną barwę i piękny poler; staje się coraz jaśniejszy, matowy i dość łatwo ulega destrukcji. Nie ma w Krakowie zabytkowego kościoła lub klasztoru,

gdzie nie znaleźlibyśmy tego „marmuru”. Wykonywano z niego: ołtarze, portale, schody, posadzki, balaski, poręcze, tablice epitafijne, nagrobki, lawetarze, pomniki, misy na wodę święconą a nawet trumny. Trudno o bardziej uniwersalny surowiec wystroju wnętrz tych obiektów.

Kolejnym, powszechnie występującym w architekturze Krakowa surowcem skalnym jest kremowy lub prawie biały trzeciorzędowy wapień pińczowski. Powstał on w płytkim, ciepłym morzu w zapadlisku przedkarpackim z nagromadzenia rozdrobnionych do frakcji piaszczystej wapiennych glonów *Lithothamnium* sp., stąd inna jego nazwa wapień litotamniowy. Jest to skała porowata, a przez to lekka, stąd stosowana m.in. do wysklepiania kopuł, czy w postaci laskowań w konstrukcji wielkich ażurowych okien, ale stosowana również jako materiał budowlany a ostatnio w formie okładzinowych płyt jako kamień dekoracyjny. Jest to znakomity materiał rzeźbiarski, czego przykładem są maskarony Sukiennic, czy figury apostołów przed kościołem św. św. Piotra i Pawła na ul. Grodzkiej. Wykuwano w tym wapieniu finezyjnie ornamentowane portale, stanowi on elementy intarsji kamiennych mozaik. Jego cechą charakterystyczną jest to, że nie da się go wypolerować.



Ryc. 6. Mur przeciwpowodziowy z dolomitu diploporowego na lewym brzegu Wisły poniżej Skałki. Fot. J. Rajchel

Innym, znikającym w szybkim tempie z pejzażu Krakowa, surowcem kamiennym jest hematytowej lub wiśniowej barwy porfir z rejonu Krzeszowic. Jest to permskiego wieku skała wylewna lub subwulkaniczna, a głównym miejscem jej wydobycia na potrzeby Krakowa była Miękinia i okolice Zalasu. Ta eksploatowana, co najmniej od trzech stuleci, skała stosowana była prawie wyłącznie jako materiał brukarski — kostka do brukowania jezdni i większy gabarytami brukowiec, do układania chodników. Od wielu już lat w żadnym z miejsc występowania tego porfiru nie produkuje się koski brukarskiej.

Ostatnim z najpospolitszych w architekturze Krakowa surowców kamiennych, i wcale o nie najmłodszym rodowodzie stosowania, jest dolomit diploporowy. Jest to skała wieku środkowego triasu, o cieplej, żółtawej barwie i charakterystycznej nieregularnie porowatej strukturze, a przez

to łatwo ulegająca zabrudzeniu. Posiada różnorodne możliwości zastosowania — od materiału konstrukcyjnego po kamień dekoracyjny. Wykonywano z niego fasady budynków, obramowania okienne, portale, gzymsy, pachołki, także krawężniki a nawet kostkę brukową; jest w powszechnym użyciu w kamieniarce sepulkralnej. Stanowił on także do ostatniej „modernizacji” jeden z komponentów nawierzchni Rynku Głównego. Ostatnio przeżywa renesans zastosowanie jako dekoracyjny kamień okładzinowy.

Aby obejrzeć wszystkie opisane tu skrótowo najczęściej stosowane w architekturze Krakowa surowce skalne w ich naturalnej postaci nie musimy odwiedzać miejsc ich eksploatacji. Wielkie okazy tych skał zostały zgromadzone na

dzielnicy Muzeum Geologicznego przy Instytucie Nauk Geologicznych Polskiej Akademii Nauk w Krakowie na ul. Senackiej 3. Tam też będą dostępne dla zwiedzających w czasie Nocy Muzeów w Krakowie w nocy z 18 na 19 maja, a autor tego opracowania będzie udzielał odpowiedzi na związane z tą problematyką pytania. Zapraszam.

Prof. dr. hab. inż. Jacek Rajchel pracuje w Zakładzie Geologii Podstawowej i Ochrony Środowiska Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.
e-mail: jrajchel@geol.agh.edu.pl

Remigiusz MOLENDĄ (Kraków)

MUZEUM GEOLOGICZNE NA WYDZIALE GEOLOGII, GEOFIZYKI I OCHRONY ŚRODOWISKA AGH W CZASIE KRAKOWSKIEGO FESTIWALU NAUKI I NOCY MUZEÓW

Krakowski Festiwal Nauki jest już tradycją i stanowi doskonałą okazję do poznania specyfiki krakowskich uczelni. Muzeum Geologiczne Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH bierze w nim również aktywny udział. W ustawionym na Rynku Głównym namiocie AGH prezentowaliśmy wielokrotnie w czasie Festiwalu okazy mineralogiczne, najpierw kilka większych, a później w specjalnej gablocie, aby móc zaprezentować około trzydziestu ciekawostek.

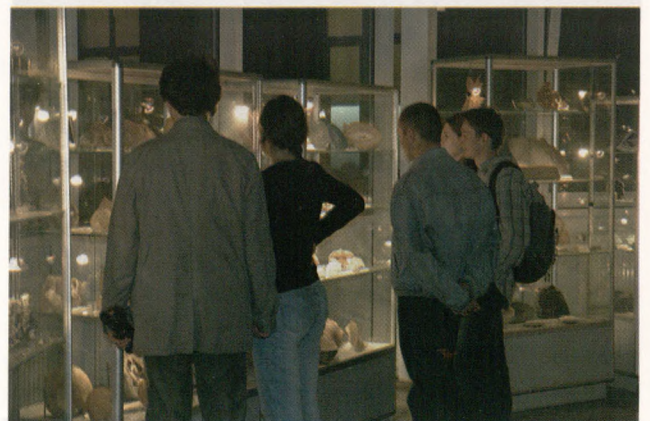
nia, woreczków (na wyplukane skarby). Dodatkowo pozyskaliśmy koncentrat spinelu chromowego z ilmenitem i oliwinem pochodzący z RPA (dzięki uprzejmości prof. dr. hab. inż. Adama Piestrzyńskiego). Trzyosobowy zespół instruktorów płukania złota pracował od rana do wieczora. Sami nie mogliśmy uwierzyć — nowi adeptci poszukiwania skarbow (publiczność festiwalowa) zabrali do domów na pamiątkę około 800 pamiątkowych woreczków z wyplukaną własnoręcznie drogocenną zawartością. Był to niewątpliwie przebój ubiegłorocznej imprezy zasługujący na powtórzenie w maju 2007 roku.

Noc Muzeów w Krakowie, rok 2006, maj, noc. Efekt wielomiesięcznych przygotowań, to ponad 100 tysięcy tzw. wejść do muzeów, w tym nasz udział około 1 500 osób. Wspaniała publiczność — obecna już kwadrans przed rozpoczęciem, aż do niemalże oficjalnego końca imprezy (zabrakło 3 minuty, ostatnie wyjście 1⁵⁷ w nocy). Nowa, nastrojona sceneria, cisza, skupienie, zainteresowanie. Warto było poświęcić noc by to przeżyć.



Ryc. 1. Fronton gmachu głównego AGH. Fot. R. Molenda

W maju 2006 roku Muzeum po raz pierwszy wzięło udział w organizacji Nocy Muzeów w Krakowie. Ponieważ obie wcześniej wspomniane imprezy odbywają się w tym samym czasie, zmuszeni byliśmy opracować wariant alternatywny. Poprosiliśmy studentów z Koła Naukowego Geologów, Sekcji Petrografii Kruszców i Złóż Rud o przeprowadzenie pokazu i nauki płukania złota. Dokonaliśmy niezbędnych zakupów, tzn.: piasku, granulatu srebra, złota rodzimego (Wallaba River, Kolwezi, RPA), misek do płuka-



Ryc. 6. Zapada noc. Fot. R. Molenda

Jest całkiem prawdopodobne, że już w trakcie Krakowskiego Festiwalu Nauki i Nocy Muzeów w Krakowie (18/19.05.2007 r.) będziemy mogli przedstawić Państwu nasz album, nazwany przez nas roboczo „Nowe Nabytki Muzeum Geologicznego”. Jest on efektem wrażeń wizualnych, jakie wywołuje najnowsza ekspozycja Muzeum. Powstaje on dzięki propozycji sfinansowania prac i druku tego kolorowego albumu, z jaką spotkaliśmy się ze strony Jego Magnificencji Rektora AGH, prof. dr. hab. inż. Antoniego Tajdusia. Spośród ponad 2 tysięcy zdjęć dokumentacyjnych i około 1 500 wykonanych na potrzeby książki zmuszeni byliśmy wybrać około 150. Mamy nadzieję, że album ten spełni Państwa oczekiwania. Przygotowywane opisy foto-



Ryc. 4. Szczegółowe obserwacje. Fot. R. Molenda



Ryc. 8. Radiowi patroni medialni w akcji. Fot. R. Molenda

gramów to informacje, które nas zaciekały, wzbogaciły naszą wiedzę, bądź takie, które stanowią część naszych własnych doświadczeń i przeżyć.

Zapraszamy na kolejną edycję Krakowskiego Festiwalu Nauki na płytę Rynku Głównego w Krakowie w dniach 18–19.05.2007 r., zapraszamy na IV Noc Muzeów w Krakowie do gmachu głównego AGH przy al. Mickiewicza 30 w nocy z 18/19.05.2007 r., w godz. 19⁰⁰–1⁰⁰, a także na XXX Międzynarodową Wystawę i Giełdę Mineralów, Skamieniałości i Wyrobów Jubilerskich w dniach 9–10.06.2007 r., w godz. 9³⁰–18⁰⁰, również do gmachu głównego AGH. Niezapomniane wrażenia gwarantowane.

Mgr inż. Remigiusz Molenda jest kierownikiem Muzeum Geologicznego na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH w Krakowie

Jakub BRAŃKA, Rafał GARLACZ

FESTIWAL Z MUZEUM ZOOLOGICZNYM UJ

Muzeum Zoologiczne UJ już od czterech lat bierze udział w organizowanym w Krakowie Festiwalu Nauki. Wydarzenie to jest doskonałą okazją do zaprezentowania zarówno długiej i bogatej historii naszego Muzeum, wybitnych postaci tworzących jego dorobek, jak i zgromadzonych przez lata unikatowych zbiorów zoologicznych. W celu podniesienia atrakcyjności naszych prezentacji każdego roku podejmujemy odmienną tematykę, demonstrujemy nowe eksponaty oraz organizujemy warsztaty i konkursy dla szerokiego grona odbiorców. Do tej pory prezentowaliśmy między innymi szereg gatunków owadów tropikalnych, dając każdemu możliwość zapoznania się z bliska z patyczakami, straszakami, wzbudzającymi powszechną niechęć karaczanami, a także osobliwymi modliszkami. Zainteresowani, często przelamując swoje obawy, a nawet niechęć do owadów, mogli dotknąć hodowane specjalnie na tę okazję żywe osobniki. Wielu po takim spotkaniu decydowało się na założenie i rozpoczęcie własnej hodowli różnych owa-

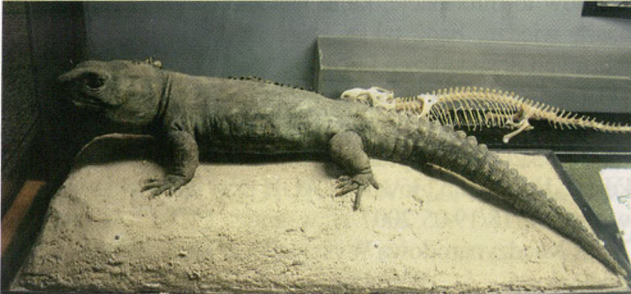
dów w warunkach domowych. Dużym zainteresowaniem cieszyły się również prezentowane budowle owadów, takie jak gniazda termitów oraz komory ich królowej, domki chruścików, gniazda os, czy nawet kule z nawozu uformo-



Ryc. 1. Szkielet wieloryba, płetwala karłowatego. Fot. K. Beiersdorf



Ryc. 2. Czaszka krowy morskiej Stellera. Fot. K. Beiersdorf



Ryc. 3. Żywa skamielina — tuatara. Fot. K. Beiersdorf



Ryc. 4. Nocny spacer po krainach zoogeograficznych.
Fot. K. Beiersdorf

wane przez chrząszcze skarabeusze. Prowadziliśmy również warsztaty przybliżające podstawowe techniki konserwacji i preparowania owadów, najczęściej wykorzystywane w entomologii. Były one doskonałą okazją do zainteresowania młodzieży metodami badań największej grupy współcześnie żyjących zwierząt, jakimi są owady.

Mimo polowych warunków, nie poprzestawaliśmy na prezentacji owadów, decydując się również na tematykę związaną ze zdobywaniem pokarmu przez duże zwierzęta kręgowce. W tym celu demonstrowaliśmy między innymi półtorametrowe rostrum ryby piły, a nawet czaszkę krokodyla. Dzięki temu każdy mógł sprawdzić żelazny uścisk krokodylich szczęk i zapoznać się z nietypowym sposobem zdobywania pokarmu przez ryby piły. Duże zainteresowanie tymi zagadnieniami było dobrą okazją do opowiedzenia o fascynującym i często nieznanym świecie drapieżnych zwierząt, a także sposobnością do rozwiania licznych legend i mitów związanych z nimi.



Ryc. 5. Prezentacja żywych owadów. Fot. A. Czekaj

Tegoroczna prezentacja Muzeum Zoologicznego UJ pod tytułem „Kulinaryny wstęp do zoologii, czyli egzotyczne zwierzęta na talerzu” ma na celu przedstawienie i uświadomienie szerokiej publiczności, że częstym składnikiem diety człowieka są zwierzęta bezkręgowce zupełnie obce naszej kulturze kulinarnej. Postaramy się pokazać różnorodność jadalnych owadów (min. termitów, mrówek, szarańczaków, larw chrząszczy i motyli, a nawet karaczanów), pajaków, nicieni, skorupiaków, pierścienic i szkarłupni. Wszyscy zainteresowani będą mieli możliwość zapoznania się z tymi zwierzętami nie tylko od strony zoologicznej, ale również od strony ich właściwości odżywczych, sposobów przyrządzania i konsumpcji. Prezentacja na krakowskim Rynku będzie również zaproszeniem wszystkich chętnych do odwiedzenia naszej stałej ekspozycji w budynku Muzeum przy ulicy Ingardena 6.

dr Rafał Garlacz i mgr Jakub Brańka są pracownikami Muzeum Zoologicznego Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie. e-mail:
www.garlacz.mkonto.net
e-mail: rafal.garlacz@uj.edu.pl

DROBIAZGI

Szafran spiski (krokus) w Beskidzie Małym

Krokus, bo tak zazwyczaj nazywany jest szafran spiski *Crocus scepusiensis* (Rehmann & Woł.) Borys, kojarzy się większości z nas z Tatrami i okolicami Zakopanego, gdzie rośnie do wysokości 1500 m n.p.m. Ale krokusy występują także w niższych górach, w pasmach Babiej Góry, Pilska, Gorców, w okolicach Nowego Targu czy w Beskidzie Małym. Mają również stanowisko niżowe w okolicach Brzeska w Kotlinie Sandomierskiej, które ma charakter reliktu górskiego z okresu glacialnego.



Ryc. 1. Najniższe położone stanowisko krokusów w Beskidzie Małym w dolinie potoku Klimaska. Fot. J. Zieliński

Krokusy w Beskidzie Małym spotykamy w obrębie Parku Krajobrazowego. Rosną one najczęściej na polanach podszczytowych (dawniej wypasanych i koszonych), śródleśnych, na skraju lasu oraz w zaroślach. Zobaczymy je wędrując szlakami w paśmie Leskowca, grzbietem Klimaski, czy Potrójnej. Często kwitną już na przedwiośniu (czas kwitnienia od 10–14 dni) — z końcem lutego i początkiem marca, zwykle nieco wcześniej niż w Tatrach czy na Babiej Górze. Jedno z takich stanowisk znajduje się na wysokości około 585 m. n.p.m., u podnóża Klimaski (787 m) przy nieoznakowanej drodze na Leskowiec (919 m. n.p.m.). Znajdziemy je (od strony Rzyk Jagódek) w miejscu, gdzie droga prowadząca od ostatniego przystanku autobusowego wchodzi do lasu, na polanie pomiędzy potokiem Klimaska a dojściem do ostatnich tu zabudowań. Rośnie tu kilka tysięcy krokusów, nierównomiernie rozmieszczonych na powierzchni łąki. Najwięcej i najwcześniej kwitnące krokusy znajdziemy w pobliżu ostatniego domostwa. Okazy, które rosną bliżej potoku, zakwitają później. Tak bogate stanowisko świadczy, że krokusy znalazły tu doskonałe warunki mimo bliskości siedzib ludzkich i dość uczęszczanego szlaku turystycznego.

Podobnie nisko — 660 m n.p.m. — położone jest inne stanowisko krokusów. Znajduje się ono na północnym stoku Gronia Jana Pawła II, poniżej czarnego szlaku prowadzącego z Rzyk Jagódek na Leskowiec. Jest to niewielki żleb na granicy lasu mieszanego, złożonego z buka zwyczajnego *Fagus sylvatica* L. i świerka pospolitego *Picea*

bies (L.) Karst., otoczonego młodymi okazami modrzewia europejskiego *Larix decidua* Miller i brzozy brodawkowej *Betula pendula* Roth. Przed laty obszar nie zadrzewiony był znacznie rozleglejszy i pasło się na nim bydło. Wprawdzie w tym miejscu rośnie znacznie mniej okazów niż na poprzednim, bo zaledwie 400, jednak biorąc pod uwagę całą populację krokusów w Beskidzie Małym, te mogą mieć znaczenie jako dość odległa i izolowana od pozostałych grupa.

Zupełnie inny charakter ma polana z krokusami przy czerwonym szlaku prowadzącym ze schroniska na Jaworzynie pod Leskowcem do Targoszowa. Polana o nazwie Na Barglach ma wystawę wschodnią, w części środkowej z wyścięciem wodnym. Dawniej całkiem bezleśna i wypasana, dziś zarasta brzozą brodawkowatą i świerkiem pospolitym. Jej obrzeże stanowią głównie buki zwyczajne i świerki pospolite. Znajdziemy tu kilka tysięcy krokusów kwitnących nierównomiernie, w zależności od nasłonecznienia poszczególnych fragmentów polany.

Odmienny charakter ma stanowisko krokusów przy szlaku prowadzącym z Leskowca na Łamaną Skałę (Madahorę). Idąc czerwonym szlakiem prowadzącym w kierunku Przełęczy Kocierskiej, dochodzimy do rozległej polany, na końcu której ze szlakiem łączy się droga dojazdowa z Rzyk Jagódek. Krokusy rosną na tym miejscu po prawej stronie (od północy) w 40. – 60. letniej luźnej świerczynie. Prawdopodobnie stanowią one pozostałość po czasach, gdy istniała tu rozległa polana — Hala Rzycka. Niedaleko niej, idąc dalej w kierunku Łamanej Skały, dojdziemy do następnej polany, tzw. Księżzowej. Jeszcze 30 lat temu polana była koszona i wiosną ukwiecona tysiącami krokusów. Po zaprzestaniu sianokosów, pozostawiono ją odłogiem, a później zaczęto zalesiać. Dzisiaj po krokusach pozostały resztki. Podobne procesy zachodzą na pozostałych polanach w Beskidzie Małym, m.in. na zboczach Targoszowej, Lubertowej, Klimaski i Potrójnej.



Ryc. 2. Krokusy nad potokiem Klimaska. Fot. J. Zieliński

Zmiany sposobu użytkowania beskidzkich polan, pozostawienie ich samym sobie lub zalesianie (często za dotacje) jest powodem wymierania nie tylko krokusów, ale i innych roślin chronionych, np. śnieżyczki przebiśnieg *Galanthus nivalis* L., lilii złotogłów *Lilium martagon* L., goryczki tro-

jeściowej *Gentiana asclepiadea* L., dziewięciła bezłodygowego *Carlina acaulis* L., czy kilku gatunków storczyków *Orchidacea*, związanych z tym specyficznym siedliskiem. W ostatnich latach proces ten uległ znacznemu nasileniu za sprawą nowych metod pozyskiwania drewna (przy użyciu

ciężkiego sprzętu), intensyfikacji budowy dróg leśnych, masowego ruchu turystycznego i nie podejmowania żadnych działań ochronnych.

Jan Zieliński (Andrychów)

OBRAZKI

„MÓJ” GAWRON

Prolog

Zawsze dokarmiałem zimą ptaki. Dawno temu, gdy mieszkałem jeszcze z Rodzicami na Dębnikach, wówczas dalekim przedmieściu Krakowa, takie dokarmianie było wspaniałą ucztą, i dla moich podopiecznych, i dla mnie. Ilość ptaków odwiedzających regularnie, co roku moją stołówkę, które mogłem obserwować, przekraczała dwadzieścia gatunków. Z okolicznych starych ogrodów, z niezabudowanych wówczas terenów zlatywały się one od samego rana. Jedne były stałymi gośćmi, inne pojawiały się z rzadka lub wręcz incydentalnie. Przed dużym oknem w pokoju na wysokim parterze rosła wielka, stara węgierka; pełniła ona rolę poczekalni, a także miejsca konsumpcji posiłku „na wynos”. Zawsze wisiała tam jedna lub kilka słoninek dla sikorek, a także inne, bardziej skomplikowane „jadłodajnie” w postaci odwróconych do góry dnem doniczek wypełnionych smalcem wzbogaconych różnymi nasionami lub małych siateczek, z podobną zawartością. Jednak największy ruch panował tuż za szybą, na parapecie okna. Tam znajdował się wielki, sklecony przez nas, tzn. mnie i mojego młodszego brata, Grzegorza, karmik z pokrytym słomą spadzistym dachem a obok, na framudze okna, wisiała do góry dnem butelka pełna siemienia konopianego z małą miseczką na wysypujące się sukcesywnie ziarno.

Nasi Rodzice, a szczególnie Ojciec, podchodzili ze zrozumieniem do naszych pomysłów; byli też sponsorami kupowanego przez nas pokarmu dla ptaków w sklepach Centrali Ogrodniczej. Z tym, co kupować, nie mieliśmy również trudności w wyborze, bo w naszej domowej bibliotece było wiele przyrodniczych książek, zawierających takie wskazówki. Także dzięki naszym ornitologicznym zainteresowaniom zgromadziliśmy wszystkie dostępne w księgarniach książki z tej dziedziny. Szczególnie jedna z nich była dla nas prawdziwą „Biblią” — dwutomowe dzieło prof. Jana Sokołowskiego „Ptaki ziem polskich”. Był też, odkąd sięgam pamięcią, zawsze „Wszechświat”. Jakim ziarnem dokarmialiśmy zatem naszych podopiecznych? Było tam siemię konopiane, ziarno słonecznika, pestki dyni, mak, sporadycznie łuskane orzechy włoskie a później także specjalna mieszanka wielu nasion, sprzedawana jako pokarm dla ptaków.

Stałymi stołownikami w naszym karmiku były oczywiście sikorki bogatki, modre, rzadziej ubogie i czarnogłowe, no i oczywiście wróble i mazurki, ale te ostatnie nie w nadmiernych ilościach. Przylatywały dzwoniące, szczególnie

pięknie żółtozielone pod koniec zimy, jak również szpaki. Te ostatnie gromadziły się często całym stadem, robiąc niesamowity zgiełk i zamieszanie. Z rzadka do karmika zaglądały zięby, także jery i grubodzioby, ale podobnie jak kosa, trznadle, synogarlice tureckie — żerowały na ziemi, konsumując to, co spadało z góry lub zostało im rozsypane. Od czasu do czasu dostojnie przyspacerowywał samiec bązanta, a z największym dystansem pojawiał się na wiosnę samiec kwiczoła, rzecz wówczas w mieście niezwykła. Dość regularnie zalatywał z kolei dzięcioł pstry duży; po takiej wizycie pozostawał zazwyczaj tylko „ogryzek” słoninki. Mniej proszonymi gośćmi były gawrony, sroki i kawki, ale one „polowały”, na ogół skutecznie, na wiszące na drzewie słoninki. Próby prawdziwego polowania podejmowały natomiast wielokrotnie krogulce, na szczęście bez efektów.

Minęło wiele lat, ale moje ornitologiczne zainteresowania i chęć dokarmiania ptaków zimą nie wygasły. W wielkim blokowisku, gdzie teraz mieszkamy, niewiele ptaków korzysta jednak z mojej oferty, a jeżeli już, to głównie wróble i mazurki, sikorki bogatki i modre. W czasie ostrzejszych i śnieżnych zim przylatują jednak dzwoniące, zięby i grubodzioby, a także kosa, dokarmiane kawałkami jabłek. Tak więc, z konieczności, przzerzuciłem się na gawrony i kawki.

W każdym gospodarstwie zostają jadalne reszki; zamiast do śmieci, wynosiłem je wychodząc rano do pracy na niewielki trawnik przed blokiem, w którym mieszkam. Nie byłem w tym procederze odosobniony, bo dokarmianie ptaków zimą prowadzi bardzo wiele osób. I tu zaczęła się moja niezwykła przygoda.



Ryc. 1. „Mój” gawron na trzepaku w oczekiwaniu na śniadanie.
Fot. J. Rajchel

Początek znajomości

O ile już ktoś wcześniej nie nakarmił zgłodniałych zimowym porankiem gawronów i kawek, zlatywały się one natychmiast z coraz to dalszej okolicy, obserwując poczynania tych, które były najbliżej pokarmu. Powstawało niesamowite kłębowisko, a po chwili nie było już nic do jedzenia i wszystkie rozlatywały się na „z góry upatrzone pozycje” — swoje punkty obserwacyjne. Jednak jeden z gawronów zachowywał się inaczej. Zwykle po krótkiej obserwacji posiłku moich podopiecznych, podchodziłem do stojącego opodal samochodu, którym jechałem do pracy. Otóż, gawron ten, jak gdyby spodziewając się repety podlatywał i przysiadł na stojącym tuż obok zaparkowanego pojazdu trzepaku. Po kilku takich sytuacjach zostawiałem dla niego jakiś smaczny kąsek, który kładłem na ziemi w odległości co najmniej kilkunastu metrów. Zazwyczaj po krótkim wahaniu i bacznym spenetrowaniu wzrokiem najbliższej okolicy zlatywał na ziemię w pobliżu pozostawionego pokarmu. Powoli do niego podchodził, zabierał w dziób i czym prędzej leciał na reklamę, sterczącą na dachu stojącego obok pawilonu handlowego. Tam ją spokojnie konsumował, przytrzymując nogą i rozrywając dziobem na mniejsze kawałki, lub też, co również często się zdarzało, musiał zmykać przed innymi gawronami, chcącymi odebrać mu jego łup. Stopniowo nastąpiła zmiana sytuacji; wystarczyło, że wyszedłem rano z domu na ulicę przed blokiem opodal auta, a niewidomo skąd nadlatywał „mój” gawron, siadał gdzieś w pobliżu i czekał. Odgarniałem wówczas nieco śniegu, gdzie zostawiałem przygotowane dla niego śniadanie, i odchodziłem na kilkanaście kroków. Dalej scenariusz był ten sam. Zabierał jedzenie i odlatywał jak poprzednio.

Robimy postępy

Po pewnym czasie nastąpiła jednak zmiana. Kiedy tylko pojawiałem się w pobliżu samochodu, stojącego obok trzepaka, nadlatywał długim, prostoliniowym, koszącym lotem i siadał na jego krawędzi. Wykonywał zazwyczaj kilka rotacyjnych ruchów, jak pies otrzepujący się z wody, kręcąc dziobem. Gdy podchodziłem bliżej, odlatywał niedaleko, siadał na ziemi i czekał. Po wyłożeniu pokarmu nadlatywał, lub dostojnie i ostrożnie nadchodził i sprawdzał, co w jadłospisie. Zaczynał zazwyczaj od małych okruszków, które smakował w dziobie, jak profesjonalny kiper, albo je połykał, albo próbował następnych. Początkowo zabierał wybrany, nie koniecznie największy fragment posiłku i odlatywał. Ale z biegiem czasu zmienił taktykę. Część pokarmu zjadał na miejscu, przytrzymując większe kawałki nogą i odrywając drobne kęsy, po czym pozostałe zabierał w dziób, odlatywał ze 20 metrów na pobliski trawnik i tam ukrywał je starannie pod kępą trawy. Zdarzało się, że po chwili wydobywał go i przenosił obok, w inne miejsce. Wykonywał również tę samą czynność idąc na trawnik piechotą. Bywały też zabawne sytuacje, szczególnie w weekend, gdy po rannym „obrządku” wybiegałem do sklepu lub wracałem z zakupami, a tu pojawiał się „mój” gawron i wyczekująco mi się przyglądał. O ile to było możliwe, dzieliłem się z nim niesionym pożywieniem lub wynosiłem po chwili jakiś smaczny kąsek. Zawsze czekał, aż się ponownie pokaże. Zdarzało się, że sytuacja taka powtarzała się kilka

razy dziennie, ale tylko do południa, wyjątkowo pojawiał się później. Stale też „na wszelki wypadek” wozilem w samochodzie coś dobrego, na takie nieprzewidziane okazje.

Rzecz niezwykła, bo wychodziłem ubrany w diametralnie różniące się ubiory — długi czarny płaszcz, czerwoną narciarską kurtkę, lub inną, zielononiebieską, w czapce lub bez, efekt był ten sam — przylatywał. Niekiedy widziałem, że podrywa się do lotu z jakiegoś drzewa w odległości dwustu, trzystu metrów. Bywały oczywiście dni, kiedy się nie zjawiał; ja też wyjeżdżałem wiele razy na tydzień lub dwa, ale nasza znajomość trwała. Miało też miejsce inne zdarzenie, gdy byłem dłuższy czas w szpitalu. Pewnego razu moja córka Katarzyna, wychodząc rano na uczelnię zastała go siedzącego na trzepaku. Na jej widok zaczął gwałtownie krakać, czego nigdy wcześniej nie robił. Gdy poszła w stronę przystanku autobusowego, leżącego około 300 metrów dalej, „przesiadł się” na przymie śniegu, wydzierając się w niebogłoso. Doleciał za nią aż do autobusu, usiadł na innej przymie śniegu i tak się, według określenia mojej córki, „darł”, że wzbudził ogólne zainteresowanie oczekujących na przystanku. Tu trzeba dodać, że w czasie moich nieobecności, gawrony były karmione przez członków mojej rodziny, ale „mój” podopieczny nie nawiązał z nimi żadnych kontaktów. Zginął w tłumie. Gdy zbliżała się wiosna, pewnego dnia zniknął.

Minęło lato i jesień. Spadł śnieg. Jak zwykle wychodziłem pewnego dnia do pracy, musiałem wcześniej odśnieżyć samochód. Naraz kątem oka zauważyłem znajomą sylwetkę na trzepaku. Przyleciał „mój” gawron, jak gdyby nigdy nic, a ja nie miałem nic dla niego na śniadanie. Poszedłem czym prędzej do domu, niepewny, czy będzie na mnie czekać. Czekał. No, zaczęło się wszystko od nowa, prawie codziennie. Nastąpiły jednak pewne zmiany; zamiast kłaść mu jedzenie na ziemi w pobliżu samochodu, kładłem je na samym końcu poziomej, górnej rurki trzepaka. Początkowo odlatywał na bok, i zaraz wracał po łup, ale w niedługim czasie odsuwał się tylko przeskakując na drugą stronę trzepaka, a gdy odszedłem kilka kroków — wracał. Próbowalem karmić go z ręki; gdy podchodziłem na 3, 4 kroki odlatywał lub odchodził. Stopniowo zaczął mieć konkurentów; inne gawrony nadlatywały, gdy „mój” zaczynał śniadanie, i były coraz śmielsze. Przylatywały także kawki i sroki, a nawet mewy śmieszki. Stopniowo doszło do tego, że niektóre z nich siadały również na trzepaku. Musiałem stać i czekać aż „mój” podopieczny zje, lub odleci z jedzeniem w dziobie w inne miejsce. Po prawdzie, miałem zawsze i dla nich coś smaczego, ale karmiłem je w drugiej kolejności i kawałek dalej. Jeżeli zaczynałem je dokarmiać, nim „mój” skończył konsumpcję, natychmiast rzucał wszystko i leciał z innymi, a wówczas jego pokarm porywały inne ptaki, przeważnie sroki. Tak minęła kolejna zima. Nasza wzajemna zażyłość osiągnęła pewien pułap, dalej nie było postępów. Zaczęły się natomiast problemy innej natury. Moja żona zaczęła być zazdrosna, a na dodatek stwierdziła z całym przekonaniem, że to na pewno jest gawronica, a być może nawet zakłeta księżniczka, ale nastąpiła wiosna, i pewnego dnia „mój” gawron zniknął, jak w poprzednim roku. Z literatury wiedziałem od samego początku, że prawdopodobnie należał on do populacji przylatującej na zimowanie do Polski gdzieś z północnego-wschodu, może z Litwy, lub nie daj Boże, z Białorusi. Bałem się, bo tam głód.

Nie bez emocji czekałem kolejnej zimy z przełomu lat 2005/06. Przyszła mroźna i śnieżna. Czekałem na próżno. Cóż, bardzo mi było żal, ale taki jest los dzikich stworzeń. Pogodziłem się z tym, że już nigdy go nie zobaczę.

Syn marnotrawny

Nastała kolejna zima 2006/07, ale co to za zima, bez śniegu i mrozu. Pewnego razu, a było to 12 grudnia, wyszedłem jak zwykle rano odsnieżyć samochód, bo w sam raz spadł milimetr śniegu. Stałem odwrócony tyłem do trzepaka, nawet nie spoglądając w jego stronę. Naraz poczułem utkwiony we mnie wzrok. Obejrzałem się — „mój” gawron, jak gdyby nigdy nic, siedział na krawędzi trzepaka i poprawiał piórka. Zmężniał i wyrósł. Pobiegiem do domu po kawałek jakiegoś smakołyka. Siedział dalej, położyłem ostentacyjne jedzenie na ziemi parę kroków dalej, i nic. On najwyraźniej przyleciał się przywitać, przestępował z nogi na nogę, kręcił głową i wyginał grzbiet, ale nie krakał. Podszedłem na trzy kroki, wcale się nie bał. Jeszcze raz podszedłem do miejsca, gdzie leżało jedzenie, pokazując mu je. Nie reagował. Szkoda, że to nie był wigilijny wieczór Świąt Bożego Narodzenia, na pewno miał by mi wiele do opowiedzenia. Po dłuższym czasie dał się jednak namówić na śniadanie, ale wyraźnie tylko po to, aby nie robić mi przykrości. Nie jadł, raczej degustował. No cóż, miałem zaraz wykład, musiałem jechać do pracy. Dzień w grudniu krótki, wró-

ciłem późną nocą. Rano przygotowałem kawałek domowego pasztetu i wyszedłem na pole, a moja żona kontrolowała sytuację z balkonu (mieszkamy na pierwszym piętrze). Przyleciał od razu na trzepak; tym razem nie dał się długo prosić i zabrał położone na ziemi jedzenie w dziób, przeszedł spacerem jakieś 15 metrów i schował je pod kępą trawy. Wrócił na piechotę, zabrał resztę i schował po drugiej stronie trawnika. Niestety, powtórzyła się sytuacja z poprzednich lat, miał towarzystwo, które coraz mniej się mnie bało i dołączało się do posiłku. Wróciłem do starej metody. Procedura była prosta, jak w wojsku: wychodzę na pole z jedzeniem dla niego i reszty, on przylatuje w ciągu kilkunastu sekund i siada na trzepaku, wykładam jedzenie na górnej krawędzi trzepaka, odsuwa się o półtora metra, a gdy cofam się, przystępuje do konsumpcji, je na miejscu, najwyraźniej z przyjemnością, smakując każdy kęs, czekam jak skończy a wtedy kawałek dalej wykładam jedzenie dla pozostałych, jak zwykle leci tam również.

Gdy piszę ten tekst, jest 3 marca. Już od dawna nie ma mrozu i śniegu, temperatura dzisiaj sięgała w Krakowie 12°C, a mój gawron nie pokazał się od dwóch dni. Czyżby odleciał w swoje rodzinne strony? Czas dopisze dalsze karty naszej znajomości. Prawdopodobnie będę musiał uzbroić się w cierpliwość do następnej zimy.

Jacek R a j c h e l (Kraków)

WSZECHŚWIAT PRZED 100 LATY

Problemy psychologii zwierząt

Badając psychologię ludzi, musimy rozpocząć badania od siebie samych; zasada: „poznaj samego siebie” znajduje tutaj doskonałe zastosowanie. Musimy zdać sobie naprzód dokładnie sprawę ze wszystkich szczegółów naszej własnej psychiki, a dopiero wówczas możemy przystąpić do badania odpowiednich zjawisk psychicznych u innych ludzi.

A czyż możemy zastosować tę samą metodę w zakresie zoopsychologii? Jest to zupełną niemożliwością — to też takie znakomite kryterium usuwa się nam z rąk zupełnie.

Wobec tego nie możemy się chyba dziwić, że świat naukowy we względzie zagadnień zoopsychologii dzieli się na dwa obozy: jeden z nich, składający się przeważnie z filozofów, przeczy istnieniu zjawisk psychicznych u zwierząt; drugi — przeważnie przyrodnicy, zajmuje stanowisko wręcz przeciwne. Kwestya zatem, „czy psychologia zwierzęca istnieje?” nie znajduje dotychczas rozwiązania jednomyślnego.

Jednakże przeczenie zdaje się mieć mniej za sobą argumentów. Dowiedziono, że zjawiska natury psychicznej i prostsze i bardziej złożone, związane są nierozdzielnie z istnieniem i działalnością układu nerwowego, a raczej poszczególnych jego elementów. Anatomia i fizjologia porównawcza oddawna już wykazały, że układ nerwowy składa się wszędzie z elementów jednakowych o takich samych własnościach. A zatem już a priori można sądzić, że zjawiska natury psychicznej, mniej więcej podobne do ludzkich, możemy spotkać i u zwierząt, i że kategoryczne zaprzeczanie istnienia całej psychologii zwierzęcej jest rzeczą nienaukową.

Z drugiej jednak strony nie wynika stąd konieczność istnienia u zwierząt wysokiego zróżnicowania i rozwoju zdolności psychicznych lub możliwości rozwijania ich, podobnie jak u ludzi. To też im niższe badamy ustroje, tem mniej złożonych musimy oczekiwać zdolności.

Jedyną racjonalną metodą, stosowaną w badaniach nad psychologią zwierząt, jest cierpliwe obserwowanie ich czynności, ich zachowania się w rozmaitych sytuacjach i t. p. Naturalnie, te uciążliwe obserwacje należy uskuteczniać nie tylko w warunkach normalnych,

lecz trzeba uciekać się i do doświadczeń, t. j. badać zwierzęta 1) kiedy znajdują się w warunkach zwykłych, i 2) kiedy znajdują się w warunkach nowych, specjalnie wytworzonych i, o ile można, najróżnorodniejszych.

Jakież są rezultaty, do których w ten sposób dochodzimy? Początkowo wydają się nam one nadspodziewane. Badając zwierzęta, pozostawione w warunkach najzwyklejszych, widzimy, że wykonywają one czynności nadwyraz skomplikowane, lub które, przynajmniej, wydają się nam takimi. Wykonywanie tych czynności nasuwa nam myśl o istnieniu psychiki bardzo doskonałej.

W jakż sposób wyjaśnić tę różnicę między naszymi przewidywaniami a nadspodziewanymi rezultatami?

Oddawna przypisują zwierzętom instynkty, skutkiem których mogą one wykonywać czynności, nieraz bardzo złożone. Przedziewięte przez wielu uczonych studia nad pochodzeniem i znaczeniem instynktów nie doprowadziły dotychczas do pożądaných rezultatów, w większości przy najmniej wypadków. Zdaje się, że stan taki polega na błędnem postawieniu kwestyi. W obecnym stanie naszej wiedzy o ewolucji sposób wyjaśnić tę różnicę między naszymi przewidywaniami a nadspodziewanymi rezultatami?

Ponieważ każdy gatunek zwierząt posiada określoną organizację, fizjologię i psychologię, a zatem wszystkie ustalone jego zwyczaje znajdują się w korelacji z jego budową anatomiczną, fizjologią, psychologią i normalne mi warunkami jego środowiska. Zwyczaje te przechodzą dziedzicznie. Z drugiej znowu strony, ponieważ dobór naturalny zabezpiecza zachowanie zmian korzystnych, mogą one zatem utrwalić się i, pod działaniem określonych wpływów, wejść w skład innych zwyczajów danych zwierząt.

Stąd wynika, że badając jakikolwiek gatunek zwierzęcy, należy zwracać uwagę na przystosowania specjalne, którym z konieczności podlega dany gatunek zwierząt i skutkiem których wykonywa, określone czynności, wydające się na pierwszy rzut oka często niezrozumiałymi, jeżeli zapomnimy o zbadaniu ich użyteczności.

Tym właśnie przystosowaniom odpowiada większość instynktów. Łatwo możemy zrozumieć, że czynności, wykonywane na gruncie in-

stynków, nie koniecznie znajdują się w bezpośrednim związku z mniej lub więcej doskonałą psychiką badanego zwierzęcia, ponieważ nie wyłącznie tylko jego zdolności psychiczne wpływały na rozwój instynktów. Jeżeli zatem rezultaty pewnych czynności zwierzęcia wydają się nam doskonałymi, to nie sądzimy, aby zwierzę to posiadało psychikę na równie wysokim stopniu rozwoju.

Badając jednakże uważnie sposób, w jaki dane zwierzę wykonywa różne czynności, „nakazane” mu przez instynkty, możemy znaleźć wskazówki co do zdolności, którymi zwierzę jest wyposażone, i co do stopnia ich doskonałości. Uwaga ta stosuje się zwłaszcza do obserwacji, czynionych nad zwierzętami, jeśli je umieścimy w warunkach nienormalnych.

Innymi słowy, kwestya psychologii zwierzęcej ściśle i koniecznie wiąże się z etologią, a w praktyce nawet dogodniej, a może i koniecznie, jest wiązać obie te gałęzi wiedzy.

H.J. Rygiar. Z psychologii pajaków. Wszecławiat 1907, 26, 372 (16 VI)

Tanganika, Rwanda i Burundi — co straciły Niemcy po I wojnie światowej

O warunkach zdrowotnych w niemieckiej Afryce wschodniej, sprawie niezmiernie ważnej dla przyszłego rozwoju ekonomicznego tego kraju, referował w Berlinie prof. R. Koch, na podstawie długoletnich własnych spostrzeżeń na miejscu. Z wyjątkiem stosunkowo wąskiego pasa nadbrzeżnego, niezbyt odpowiedniego dla Europejczyka z powodu jednostajnie wysokiej temperatury oraz znacznej wilgotności, posiadłości niemieckie w Afryce wschodniej mają przeważnie klimat zdrowy, będąc płaskowzgórzem, wzniesionem na 1000 przeszło metrów nad poziom morza. Klimat ten przypomina słynny klimat Afryki południowej, z tą tylko ważną różnicą, że w okresie suszy powietrze nie jest tak suche, jak w Afryce południowej; upał dzienny z powodu mniejszej zawartości wilgoci w powietrzu nie wytwarza takiej parności i nie usypia tak, jak w klimacie nadbrzeżnym. W tych częściach Afryki nie panuje zbyt wiele chorób; brak prawie zupełny niebezpiecznych chorób europejskich: tuberkulozy, dyftery, tyfusu. Pierwsze miejsce wśród chorób zwrótnikowych zajmuje malarya, której niebezpieczeństwo w Afryce wschodniej i na całym świecie znacznie się zmniejszyło od czasu, kiedy poznano istotę tej choroby, nauczono się ją leczyć oraz przedsięwzięto systematyczną akcję przeciwko niej oraz jej nosicielowi, komarowi *Anopheles*. Ten ostatni, łatwy do rozpoznania, po charakterystycznym wyglądzie i skrzydełkach kropkowanych, jest jedynym przenosicielem zarazków malaryi. W niektórych okolicach obszaru, o którym mówimy, np. w Daressalem, komary te grasują w przeciągu całego roku, w innych, np. w Morogoro, Kilosa i Muapua, tylko kilka miesięcy. W związku z tą okolicznością znajduje się możliwość zarażenia się malaryą. Miejscowości, pozbawione *Anopheles*, jak angielskie miasto portowe Mombassa, zbudowane na suchym przepuszczalnym utworze koralowym, są wolne od malaryi, i dlatego są szczególnie dogodne dla osiedlających się Europejczyków. Ponieważ złośliwy ten komar żyje tylko do pewnej określonej wysokości, więc miejscowości wyżej położone malaryi w ogóle nie znają; tak jest np. w Usambara powyżej 1000 metrów, również Uhehe jest prawie wolne od malaryi. W czasie podróży poprzez objęte chorobą wybrzeże do obszarów wyżej w głębi lądu położonych, od malaryi wolnych, zupełnie skutecznym środkiem zapobiegawczym jest chinina. Niedbale leczenie chininą malaryi z łatwością wywołuje skłonność do strasznej febry, którą wywołuje nie osobny zarazek, ale wysiłki cieleśne, przebieganie, najczęściej zaś chemikalia, a przede wszystkim chinina.

Chorobą podobną do malaryi i często za nią brana jest gorączka powrotna, przenoszona przez kleszcza, podobnego do pluskwy, wysysającej krew; można się od niej uchronić przez unikanie nocą domostw krajowców, oraz zajazdów na drodze karawanowej, przez nich często odwiedzanej. Dysenterya, szczególnie niebezpieczna w okolicach zwrótnikowych, jest w Afryce wsch. zjawiskiem rzadkiem i nie stanowi przeszkody do osiedlania się. Wreszcie wymienić należy chorobę śpiączki, dla której badania rząd niemiecki ma wysłać ekspedycję pod kierunkiem Kocha; Koch ma nadzieję wykrycia istoty tej choroby, oraz środków do skutecznego jej zwalczania, aby w ten sposób można było z powodzeniem przeciwdziałać niebezpieczeństwu rozpowszechniania się jej w kraju. Do choroby śpiączki u człowieka bardzo zbliżona jest choroba tse-tse, niebezpieczna dla wszystkich zwierząt domowych z wyjątkiem owiec, kóz i ptastwa. Jest ona bardzo rozpowszechniona w kolonii, roznosicielem jej jest mucha tsetse, a ponieważ w okolicach, gdzie ona grasuje, hodowla bydła jest prawie niemożliwa, więc choroba ta stanowi istotną przeszkodę dla rolnictwa i hodowli bydła. Należy się jednak spodziewać, że badania ekspedycy do badania śpiączki okażą się również owocnymi w sprawie zwalczania choroby tsetse.

L. H. (Horwitz) O warunkach zdrowotnych w niemieckiej Afryce wschodniej. Wszecławiat 1907, 26, 222 (7 IV)

Mutacje w ewolucji

De Vries, podając szczegółowe dane o transformacji gatunków, wykazał powstawanie odmian, t. zw. „jordanienes”; nie podał jednak przykładów bezpośredniej przemiany; stara się to naprawić p. Bouwier. Za punkt wyjścia służy mu fakt, że w trzeciorzędzie, gdy Panama nie łączyła jeszcze obu Ameryk, zwierzęta oceanów Atlantyckiego i Spokojnego przechodziły wygodnie z jednego do drugiego, nie tworząc specjalnej fauny, później dopiero, gdy w epoce czwartorzędu utworzył się przesmyk, nastąpiło zróżnicowanie form zwierzęcych morskich, które wyróżniają się swym charakterem tropikalnym, trzymają się bardziej brzegów i nie mogą być przenoszone z jednego oceanu do drugiego. Wiele z tych gatunków zachowało się po obu stronach międzymorza do dnia dzisiejszego, noszą one nazwę „especies representatives” i są ciekawe ze względu na powolne zmiany, jakie wśród niektórych z nich można zauważyć. Zwrócimy tu uwagę na dużą krewkę z rodzaju *Xiphopeneus*, i pustelnika z rodz. *Isocheles*.

Dotychczas znano jedynie *Xiph. Kroyeri*, żyjącą w wodach między Brazylią a Florydą, niedawno właśnie dr. Rivet przywiózł wyżej wymienioną dużą krewkę, nadzwyczaj rozpowszechnioną w wodach peruwiańskich (mnóstwo sprzedają jej na rynkach), a cokolwiek różniącą się od *Xiph. Kroyeri*, np. silniej rozwiniętym kantem dorsalnym skorupy, uzbrojeniem w 4 wyrostki zębate (a nie w 5, jak to znajdujemy u *X. Kr.*), wielkością całego ciała i t. p. Jednym słowem, mamy tu do czynienia z dwiema odmianami typu pierwotnego, który zróżnicował się dopiero po powstaniu międzymorza. To samo zastosować można i do *Isocheles*, który wykazuje nadzwyczajne podobieństwo do *Is. Wurdemanni*, a różni się od niego w tak nieznacznych szczegółach, że mamy tu do czynienia dopiero z początkiem transformacji. Wreszcie i dziesięcionogi (Decapoda) również dostarczają nam ciekawych szczegółów (gat. *Petrochium granulatus* i *californiensis*, również *Lithadia*) a zwłaszcza te morskie dziesięcionogi, które przystosowały się do wód słodkich. Prawie w oczach naszych odbywa się transformacja *Ortmannia Alluadi* w *Atya serrata*. Co do wyżej wymienionych gatunków nasuwa się przypuszczenie, że zmiany, którym one uległy, powstawały zapewne nie nagle, lecz stale i powoli.

St. St. (Sterling). Zjawiska mutacji u raków w środowisku normalnym. Wszecławiat 1907, 26, 223 (7 IV)

Morzem na Sybir

Jeszcze w czasie wojny rosyjsko-japońskiej rząd rosyjski wysłał po kryjomu wyprawę, która miała za zadanie ustalenie możliwości drogi wodnej między Europą a Syberją. Zamierzano tą drogą transportować materiał potrzebny do udoskonalenia syberyjskiej kolei żelaznej, której nie można było w tym celu używać ze względu na ciągłe przewożenie wojsk na teren wojny wschodnio-azyatyckiej. Jednocześnie chciano się przekonać, czy ta droga morska jest w ogóle przydatna dla celów wojenno-transportowych, a później dla handlowych. Wyprawa składała się z kilku większych i mniejszych statków, między którymi były dwa handlowe statki niemieckie. Pomimo pewnych trudności i paru nieszczęśliwych wypadków, jak ciężkie uszkodzenie statku do łamania lodów w czasie burzy w cieśninie Jugorskiej, wyprawa szczęśliwie dobiegła końca. 3 września 1905 r. przejechano przez powyższą cieśninę, a 13-ego większa część eskadry dotarła do ujścia Jeniseju, zaś statki niemieckie skierowały się ku rzece Ob. Trzy statki wpłynęły do ujścia Jeniseju, gdzie oddały ładunek lekkim statkom mającym za zadanie dotarcie jeszcze przed nadejściem zimy do Krasnojarska. Podajemy niżej kilka szczegółów z interesującej wyprawy, wyjętych ze sprawozdania, ogłoszonego przez kapitanów niemieckich, uczestników ekspedycy. Według zdania tych kompetentnych ludzi, mocne, dobrze wyposażone statki parowe, nie zanurzające się zbyt głęboko, są w stanie każdego lata odbywać podróż do ujścia rzek Ob i Jeniseju, nie narażając się na duże niebezpieczeństwo. Ponieważ cieśnina Jugorska (między wyspą Wajgacz a lądem stałym), nawet w latach nie obfitujących w lody, bywa zapchana przez lód wskutek ciągłych wiatrów północno-wschodnich i dlatego jest trudna do przebycia, więc byłoby do życzenia, aby zbadano lepiej i otwarto dla żeglugi drugą drogę do morza Karskiego, mianowicie cieśninę Karską inaczej Wajgacką. Lody w morzu Karskim, uchodzące dotychczas za straszne, nie są, jak się zdaje, tak niebezpieczne, jakby można było sądzić z opisów dawniejszych; morze to jest w sierpniu prawie zawsze albo zupełnie wolne od lodów, albo też zawiera ich ilość niewielką, bynajmniej dla statków nie niebezpieczną. Tylko wyjątkowo w tych razach, kiedy na wiosnę panują ciągłe wiatry północno-wschodnie, pędzące lód z północy do morza Karskiego, morze to bywa groźne. Największe niebezpieczeństwo dla żeglugi w tych stronach pochodzi nie od lodu, ale od niedostatecznej wymierzonej głębokości wody, która szczególnie w ujściu Jeniseju zmienia się corocznie, natomiast szeroka zatoka w ujściu Obu jest zupełnie bezpieczna. Brak zupełny znaków żeglar-

szych stanowi poważne niebezpieczeństwo, którego można uniknąć w ten sposób, że wielkie stłuki oddawca będą ładunki u wylotu ujęć rzecznych stłatkami mniejszymi, które będą miały za zadanie zabieranie tych ładunków w górę rzeki na miejsce przeznaczenia.

L. H. (Horwitz) Morzem na Syberję. Wszechświat 1907, 26, 238 (14 IV)

Wielki wybuch

Ostatni wybuch Wezuwiusza został w skutkach swoich dokładnie zobrazowany przez delegację członków królewskiego Urzędu geologicznego w Rzymie. Ze sprawozdania delegacji wynika, że krater, który zapełniał się od roku 1895-ego, i małe stożki z popiołu, które powstały w dalszych latach na zboczach krateru, zapadły się w czasie wybuchu. Naskutek tego wysokość wulkanu zmniejszyła się o 100 metrów, a forma jego wierzchołka z kopułowej stała się zupełnie płaską. Z trzech punktów góry wylały się w czasie wybuchu potoki lawy; w wysokości 1100 m w sąsiedztwie Albergo Fiorenza, na południe wschód od krateru, w wysokości 600 m oraz znacznie bardziej na wschód w wysokości 400 m. Pierwszy potok lawy dotarł do cmentarza w Boscotrecase, drugi zatrzymał się, minawszy tę miejscowość, dopiero o 500 m. przed Torre Annunziata, trzeci wreszcie posunął się do Terzigno wzdłuż starego potoku lawowego z 1834 r. Wysokość tych potoków wahała się między 3—7 metrami; drugi potok osiągnął prędkość pięciu metrów na minutę. Wszystkie potoki przebyły kilka metrów, na powierzchniach widoczne są utwory, podobne do otczaków, co świadczy o sile wybuchu, gdyż zwykle na powierzchni lawy tworzą się płyty lub włókna. Całkowitą ilość popiołu i lapilli, wyrzucenych podczas wybuchu, daje się ocenić na 85 milionów metrów sześć.; grubość warstwy popiołu w Ottajano i San Giuseppe dochodziła do 1 m, w bliskości obserwatorium — 40 cm, w Portici — 15 cm. Wiatr zaniósł popiół aż do Cattaro i Raguzy gdzie w nocy z 8 kwietnia na 9-y zaobserwowano obfity opad popiołowy. 11 kwietnia zrana Paryż zakryła szara mgła, która była tak gęsta, że musiano wstrzymać żeglę na Sekwanie; zebrany kurz okazał się identycznym z próbkami popiołu Wezuwiusza z roku 1812-ego, tak że i tu mamy widocznie do czynienia z popiołem Wezuwiuszowym. W okolicach Tryestu stwierdzono między 15 a 19 kwietnia wśród nieustającego deszczu nieznaczne opady popiołowe które, jak wykazały badania mikroskopowe i mikrochemiczne, były pochodzenia wulkanicznego. Jako przyczynę śmierci w czasie wybuchu podano w 94% wypadków poranienie na skutek zapadnięcia się budynków pod ciężarem popiołu; w 6% wypadków (przeważnie dzieci — oparzenie się od rozżarzonych do białości kawałków lawy lub dostanie się ziemi popiołu do organów oddechowych. Wbrew kursującym wieściom, wypadków śmierci od gazów trujących nie było. Straty, wyrządzone przez wybuch bezpośrednio, wynoszą około 40 milionów lirów; straty pośrednie nie dadzą się wcale obliczyć, gdyż wskutek grubej, czerwono-szarej warstwy popiołu, pokrywającej obecnie całą górę, wydajność ziemi na lata całe zredukowana będzie do minimum.

L. H. (Horwitz). Ostatni wybuch Wezuwiusza. Wszechświat 1907, 26, 239 (14 IV)

Duńcy chcą sprawdzić swoją czystość rasową

Stosunki antropologiczne w Danii są dotychczas mało zbadane, pomimo, że położenie geograficzne tego kraju, jako stanowiącego przejście między Skandynawią, a środkową i zachodnią Europą, każe przewidywać istnienie ciekawych przykładów mieszania się ras, długogłowej północnej krótkogłowej alpejskiej. Aby zapełnić tę lukę, z pomocą fundacji Carlsberga zaprojektowano i przygotowano zbadanie ludności Danii pod względem antropologicznym; parlament duński też przyrzekł poparcie, tak że podstawy materialne są zapewnione. Praca już została rozpoczęta; kilku współpracowników zawiązanego w tym celu komitetu rozpoczęło w rozmaitych okolicach kraju pomiary antropologiczne i spostrzeżenia. Zaczęło od tego, że w miejscowościach mniejszych badają możliwie wszystkich mieszkańców dorosłych obojczy płci, a w punktach, gdzie schodzi się dużo ludzi, urządzono rodzaj stacji antropologicznych. Oprócz tego co 25 lat albo częściej mają być przedsięwzięte badania nad wymiarami ciała dzieci w szkołach. Naturalnie potrwa kilka lat, zanim się zgromadzi dostatecznie obfity materiał do zdania sobie sprawy z rasowych części składowych narodu duńskiego.

L. H. (Horwitz) Stosunki antropologiczne w Danii. Wszechświat 1907, 26, 239 (14 IV)

Krótkie globalne ochłodzenie?

W roku 1903 stwierdzono uderzające cofanie się w natężeniu promieniowania słonecznego, cofanie się, na które w jednakowej mierze zwrócili uwagę badacze, daleko od siebie zamieszkałi, jak Dufour, Langley, Kimball, Marchand, a które ujawniło się i w Warszawie. Tu okres czasu od grudnia 1902 do lutego 1904 okazał się zupełnie

anormalnym tak dalece, że nie można go było wprowadzić w pięcioletnie 1901—1905. Zmniejszenie wynosiło 13% w porównaniu ze średnią za lat 5 i dosięgało nawet 20% w porównaniu z oddzielnym rokiem 1901. Już przedtem czyniono niejednokrotnie to spostrzeżenie, że, jak podówczas mniemano, przezroczystość atmosfery stała się uderzająco małą. W Upsali i Jutlandyi, podług Holma, już w lipcu 1902 roku stwierdzono zmniejszenie się energii promieniowania, gdy tymczasem obserwacje pyrhelometryczne Chistonisa z Mordeny wskazują podobnie jak i spostrzeżenia warszawskie grudzień jako miesiąc początkowy zjawiska.

S.B. (Bouffal) Promieniowanie słoneczne w Warszawie. Wszechświat 1907, 26, 253 (21 IV)

Początki rentgenoterapii

Na posiedzeniu Niemieckiego Towarzystwa fizycznego (d. 25 stycznia 1907 r.) p. F. Dessauer złożył komunikat przedwstępny, dotyczący nowego zastosowania promieni Roentgena. Od kilku lat promienie X, które dawniej służyły do celów wyłącznie dyagnostycznych, znajdują zastosowania terapeutyczne bezpośrednie. Działanie, jakie w tych wypadkach wywierają promienie X, nie jest, co prawda, dokładnie wyjaśnione; jednakże, zdaje się być rzeczą ustaloną, że komórki patologiczne, bogate w protoplazmę, najpierwsze giną pod ich działaniem, gdy tymczasem komórki organiczne dojrzałe i zdrowe opierają im się skuteczniej. Tak czy owak, terapia promieni Roentgena zawodzi zawsze, ilekroć chodzi o procesy chorobowe, umiejscowione na pewnej głębokości. Autor nazywa „energją terapeutyczną” albo energją „fizjologiczną” promieni X siłą ich działania na komórkę. Energia ta zdaje się być, w ogólności, proporcjonalna do potęgi chemicznej promieni X; działa ona na powierzchni z siłą sto razy większą, aniżeli na głębokości 5 milimetrów. To szybkie osłabienie działania ze wzrostem głębokości tłumaczy bezskuteczność metod rentgenograficznych we wszystkich porażeniach, żeśrodkowych głęboko pod powierzchnią.

W. B. (Bouffalowa). Nowe zastosowanie promieni Roentgena. Wszechświat 1907, 26, 254 (21 IV)

Nowe jezioro

Towarzystwo „California Development Company”, zajmujące się sztucznym nawadnianiem w ubogiej w wodę Kalifornii południowej, uzyskało dwa lata temu od rządu meksykańskiego pozwolenie na połączenie zapomocą kanału z rzeką Colorado, jej terenów, znajdujących się poniżej miasta Yuma, na terytorium amerykańskim Arizona. Między tem miastem a rzeką znajdowała się tylko wysoka wydma piaszczysta, utworzona na brzegu dawnego morza w jednym z poprzednich okresów geologicznych; wydmy tę z łatwością przebiło. Wkrótce po zbudowaniu kanału Colorado potężnie wezbrał na skutek obfitych opadów, a brzegi kanału zostały zmyte przez wodę na znacznej przestrzeni. Rzeka wytworzyła sobie zupełnie nowe łóżysko; w starym łóżysku płynie tylko wązki strumień, a największa część wód Colorado kieruje się do nizin Kalifornii południowej, leżących głęboko pod powierzchnią morza i gdzie w czasach przedhistorycznych istniało bez wątpienia jezioro. Tymczasem zniknęło kilka wsi pod wodą głęboką w niektórych miejscach na 70 stóp a kolej Southern Pacific, przecinająca te miejscowości, musiała, kilka razy zmieniać swój tor z powodu zalewu wodnego. Pierwotny tor kolejowy można jedynie rozpoznać po słupach telegraficznych, wystających z wody. Wszystkie środki stosowane w tym celu, aby rzekę sprowadzić do dawnego łóżyska, okazały się bezskutecznymi. Obecnie Stany Zjednoczone i Meksyk powołały komisję dla zaradzenia złemu. Będzie to z każdym dniem trudniejsze, albowiem rzeka coraz bardziej wrzyna się w przedhistoryczną wydmy piaszczystą, formując w niej łóżysko coraz głębsze i szersze.

L. H. (Horwitz) — Utworzenie się jeziora przez wylew rzeki Colorado. Wszechświat 1907, 26, 351 (2 VI)

Psychologia pajaków

Pajaki należą do bezkręgowych, a więc do zwierząt, o stosunkowo niskiej organizacji. Przedewszystkiem są mięsożerne. W młodości osobniki, należące do jednej rodziny, trzymają się dość długo razem; następnie jednak prowadzą życie odosobnione. Zdarza się, że na niewielkiej przestrzeni znajdujemy dużo dorosłych osobników, które jednak nie zachowują żadnych między sobą stosunków. Pajaki posiadają energicznie działające gruczoły przędzalnicze. Narządy ich zmysłów są na ogół słabo rozwinięte; zwłaszcza zaś wzrok jest niedoskonały.

Obyczaje pajaków są bardzo ciekawe, a dość długo nie były znane prawie zupełnie.

A. Rozmaita użyteczność wydzielanych nitek pajęczych.

U owadów wogółe wydzielana przędza służy do dwu celów: ku sporządzeniu obwijek dla ochrony potomstwa i jako środek lokomocji.

Pająki stosują ją do wielu jeszcze innych celów, na co jednak — w większości wypadków — nie zwrócono dotychczas uwagi, a w szczególności:

1-o. Do budowy pajęczyn dla chwytania zdobyczy.

2-o. Do sporządzania rurek lub kryjówek często z kilkoma otworami, co pozwala pająkom ukrywać się łatwo przed wrogami. Czasami rurki te przytwierdzone są do gniazd pajęczynowych, przeznaczonych do chwytania zdobyczy.

3-o. Do budowy specjalnych, zupełnie zamkniętych komórek, w których zamykają się obie pici w okresie spółkowania. Bardzo łatwo daje się obserwować ten fakt u *Chiracanthium puncturium*, znajdujących się w niewoli. Zauważono, że samiec i samica wspólnie budują tkaninę komórki. Po okresie spółkowania, co trwa około kilku godzin, pająki wychodzą na zewnątrz, rozrywając ścianki.

4-o. Do budowy specjalnych pomieszczeń, w których samice zamykają się w czasie składania jajek. Obserwujemy to np. u *Ch. puncturium* i *Ch. camifex*. Samica buduje komórkę zupełnie zamkniętą, składa tam jajka w specjalnym kokonie, i pozostaje w niej w ciągu długi czasu. Małe pajęczki, po wyjściu z kokonu, pozostają w dalszym ciągu w komórce macierzyńskiej. U *Agelena labyrinthica* komórka nie jest zupełnie zamknięta, a *Theridium lineatum* buduje komórkę ze skróconego liścia, przyczem brzegi liścia połączone są wzajemnie niemi pajęczyn.

5-o. Do sporządzenia kokonu dla jajek. Zjawisko to, jako powszechne, jest dobrze znane. Należy zauważyć, że młode pajęczki jeszcze po wykłuciu się pozostają w kokonie, czasem nawet dość długo. Młode *Agelena labyrinthica* spędzają w ten sposób całą zimę, co trwa — ogółem — około ośmiu miesięcy.

6-o. Do przenoszenia kokonu, zawierającego małe pajęczki lub jajka.

7-o. Do oplątywania zdobyczy, co ułatwia ostateczne jej pochwylenie.

8-o. Do przenoszenia zdobyczy.

9-o. Jako środek lokomocji. Zjawisko to jest ogólnie znane: wiele pająków przesuwa się z pomocą nici, zawieszanych w przestrzeni albo przenosi się, pod działaniem wiatru.

10-o. Jako środek orientacji. Przytoczymy tutaj jedno bardzo charakterystyczne w tym względzie zjawisko, choć możnaby wskazać ich znacznie więcej. Jeżeli kokon z jajkami *Theridium lineatum* umieścimy na jakiegokolwiek płaskiej powierzchni, np. na stole, to pająk przytwierdza koniec nitki do woreczka z jajkami i posuwa się od niego, przędąc swą nić, aż do spotkania jakiegoś przedmiotu, wystającego ponad powierzchnię stołu. Do przedmiotu tego, pająk przytwierdza drugą nić i powraca do swego kokonu, aby i do niego przytwierdzić ten nowy „kabel”. Jeżeli usuniemy wszystkie przedmioty ze stołu, pająk dochodzi do jego brzegu, wzdłuż którego się posuwa, poszukując wciąż punktu dla przytwierdzenia drugiej nitki. Jednakże, nie znalazłszy go, pająk może z powrotem dojść do swego kokonu, o ile nie znajduje się o wiele dalej, aniżeli 50 centymetrów od niego. Jeżeli natomiast przetniemy nitkę przewodnią, to pająk w żaden sposób nie może znaleźć swojej zguby. Przykład ten dość jasno udowadnia nam, że nici przędzy służą dla pająka do orientowania się w przestrzeni.

Pożytek, który wyciągają pająki z posiadania swych gruczołów, jest tak widoczny, że zastanawiać się nad nim byłoby zbyt bezcelne. Odnoszące się zatem tutaj „instynkty” dają się wytłumaczyć bez wszelkiej trudności.

B. „Oswojenie” pająków.

Już od dawna zauważono, że pająki oswajają się, t. j. tracą uczucie strachu; ogólnie znane są historie pająków Pellissona i panny de Bern. Czy należy stąd wyciągnąć wniosek, że psychika tych zwierząt znajduje się na stosunkowo wysokim stopniu rozwoju? Na pewno, nie! Należy tylko rozpatrywać ten objaw ze strony użyteczności jego dla pająka, — zresztą jest to czynnik, zawsze w danych wypadkach działający, — dając bowiem pokarm zwierzętom, przyzwyczajamy je do brania go z rąk naszych. I nie należy w naszym przypadku szukać innego rozwiązania. Wzrok pająków jest tak słabo rozwinięty, że możemy przypuszczać, że owad nie widzi nawet osoby, na której ręce spożywa muchę. Możemy wykonać doświadczenie z nieoswojonymi uprzednio pająkami; wystarczy, abyśmy, nigdy nie czyniąc nad nimi gwałtu, dostarczyli im ofiar, gwałtownie poruszających siatkę i wydających szmer wyraźny. Obecność nasza, nawet najbliższa, nie przeszkadza pająkowi do spożycia ofiary. Najłatwiej doświadczenie to udaje się z *Agelena labyrinthica*.

C. Zdolność „rozpoznawania”.

Ci, którzy przypisywali wielkie znaczenie oswojeniu pająków, konsekwentnie musieli przyznawać im i zdolności „rozpoznawania”. Ro-

manes w *Intelligence des animaux* pisze: „Sądzę, że możemy uznać, jako pewnik, że pająki są zdolne do rozpoznawania zbliżających się osób: nie wykazują żadnego strachu za zbliżeniem się ludzi, co do których dobroci się upewnili, obawiając się natomiast tych, których jeszcze nie poznali”.

Jeżeli nie uznamy za niewłaściwe uważać jako zdolność rozpoznawania to, że pająki różnie zachowują się wobec różnych przedmiotów, to granice rozpatrywanej obecnie zdolności łatwo możemy określić. Wystarczy zwrócić uwagę na następujące zjawiska:

1-o. Wszystkie osobniki jednego gatunku mogą zamieszkiwać bez różnicy gniazdo, którekolwiek z pośród nich. Dla przekonania się, wystarczy przenieść jednego osobnika na siatkę drugiego. W tym przypadku, kiedy dwa osobniki znajdują się na jednej siatce, bardzo często wynika między nimi walka, kończąca się śmiercią lub wypędzeniem jednego z nich. Inne dość przekonywające doświadczenie polega na następującem. Stawiamy na noc obok siebie dwa naczynia z gniazdami pajęczymi; w każdym gnieździe znajduje się pająk. Nocą pająki wychodzą z naczyń, aby rozszerzyć swoje siatkę na zewnątrz, i ranem daje się często zauważyć, że oba pająki znajdują się w jednym naczyniu.

Wskazana w tym punkcie obojętność co do pochodzenia siatki dochodzi do tego stopnia, że możemy — bardzo często — posadzić pająka na gnieździe osobnika z innego gatunku; i nie wywoła to żadnego oporu.

2-o. Wszystkie samice jednego gatunku skłonne są do przenoszenia kokonów z jajami którejkolwiek z pośród nich (*Pisauridae*, *Lycosidae*). Przenoszony kokon może być nawet odmiennej formy, wielkości i barwy. W braku kokonu możemy go zastąpić kłębeczkiem bawełny lub kulką z korka.

3-o. Samica, która przez pewien czas znajdowała się w styczności ze swymi małymi, adoptuje wszystkie bez wyjątku małe pajęczki swego lub obcego gatunku (*Ohiraoanthium*, *Lycosidae*, *Pisauridae*).

4-o. We wszystkich innych czynnościach pająki nie wykazują wyższej zdolności rozpoznawania, aniżeli w powyżej przytoczonych faktach.

A zatem zwierzęta te postępują tak, jakgdyby albo zupełnie nie rozpoznawały, albo też rozpoznawały tylko w najogólniejszych zarysach formę ciała, ich objętość, barwę, wagę, zapach i twardość.

D. Domniemane zamiętowania do muzyki.

Podług licznych obserwacji niektóre pająki okazują wrażliwość na muzykę. Instrumenty mogą być najrozmaitsze pod warunkiem, aby dźwięki nie były zbyt intensywne. Tak np. pająk Pellissona był wrażliwy na dźwięki kozy czyli kobzy, pająk Gretryego na pianino, inne na arfę, dyapazon, lutnie i t. d. W jaki sposób pająki odbierają wrażenia dźwiękowe? dotychczas nie rozstrzygnięto. Czy odbywa się to za pośrednictwem specjalnych włosków słuchowych, czy przez drżenie nitek, przędzy, na których owady są zawieszane, czy w jaki inny sposób, — nie wiadomo. Lecz co do istnienia pewnego rodzaju zamiętowania do muzyki, to twierdzące rozstrzygnięcie tej kwesty i nie ulega żadnej wątpliwości: Pająki schowane w swych kryjówekach, wychodzą z nich, gdy zdobycza zaplątawszy się wywołuje drżenie siatki, przyczem ofiara, wydaje pewnego rodzaju dźwięki. Jeżeli sztucznie a umyślnie spowodujemy odpowiednie drżenie siatki lub w bliskości pająka wywołamy dźwięk przypominający brzęczenia jakiego owada, pająki bardzo często zbliżają się do nieistniejącej zdobyczy. Wystarczy pochwylić muchę za jedno skrzydło i trzepoczącą się zbliżyć do siatki, aby spowodować ukazanie się na siatce pająka. Łatwo można to sprawdzić na *Agelena labyrinthica*.

E. Przywiązanie do miejsca zamieszkania.

Niektóre pająki posiadają wybitną skłonność do „zadomawiania się”, inne natomiast okazują charakter włóczęgowski. Pośród tych dwu krańców, spotykamy — rzecz naturalna — cały szereg stopni przejściowych. Śród pierwszej kategorii niektóre pająki wykazują specjalne „przywiązanie” do swoich gniazd; obserwujemy to u *Agelena labyrinthica*, mieszkających śród pól i budujących swe gniazda na trawach i krzewach. Jeżeli jednak przeniesiemy tego pająka wraz z jego siatką do pudełka, czy do jakiego naczynia szklanego, a zwłaszcza jeśli mu damy jeść, to pająk, pomimo częściowego zniszczenia gniazda, pozostaje w niem, a nawet trudno jest go stamtąd wypłoszyć.

Co zaś dotyczy form wędrownych, to osobników pochwyconych niepodobna utrzymać w niewoli, i tylko specjalne zabezpieczenia pozwalają zachować je w naczyniu zamkniętem.

F. Chwylenie i przenoszenie zdobyczy.

We względnie chwytania i przenoszenia zdobyczy, możemy zaobserwować — w zależności od gatunku pająków — najrozmaitsze metody. Pająk domowy po schwyceniu ofiary przenosi ją do swej rurkowej kryjówki, w której sam zazwyczaj się chowa. Jeżeli podczas spożywania przeszkodzimy mu, to opuszcza pożywienie i ucieka. *Agelena labyrinthica* spożywa zdobyczą albo u wejścia do kryjówki, albo nawet na samej siatce. W razie jakiegóż przeszkody i ten pająk

również ucieka, pozostawiając pokarm. *Theridium lineatum* zanosi zdobyczkę w okolicę środkową, gdzie chowa się np. pod osłoną baldaszka kwiatu. Przenoszenie zdobyczy odbywa się w sposób następujący. Pająk przytwierdza liczne nitki przędzy z jednego końca do ciała zdobyczy, z drugiego do rośliny, do której ofiara ma być przyciągnięta. Przenoszenie, a raczej przeciąganie odbywa się na wyciągniętych nitkach. Czynność ta jest bardzo skomplikowana i odbywa się powoli, lecz zato pająk może przenosić stosunkowo bardzo duże ciężary.

Co innego widzimy u pajaków nieprowadzących siedzącego trybu życia, jak np. u *Pisauridae* i *Lycosidae*. Jeżeli im przeszkodzimy w spożywaniu zdobyczy, to pająki te chwytają swą ofiarę i wraz z nią uciekają, trzymając ją zaś tak mocno, że trudno ją odebrać. Można zdobyczkę (trzymaną przez obserwatora w szczytychkach) podnieść wraz z pająkiem w powietrze, a pomimo to pająk ofiary swej nie porzuca. Zjawisko to można łatwo wytłumaczyć. Pająki, prowadzące osiadły tryb życia, zawsze mogą wrócić do swej zdobyczy, kiedy niebezpieczeństwo minie. Druga natomiast grupa pajaków traci zdobyczkę nazawsze, ilekroć zbyt się od niej oddali. Stąd wynika, że dobór naturalny faworyzował te gatunki, które w razie niebezpieczeństwa unosiły z sobą zdobyczkę. Innymi słowy instynkt unoszenia zdobyczy jest koniecznością, narzucającą się pająkom równocześnie z przystosowaniem do wędrownego trybu życia.

G. Stosunek do potomstwa.

Śród niektórych gatunków możemy obserwować bardzo ciekawe zjawiska, pozwalające przypuszczać, że pająki posiadają uczucie miłości macierzyńskiej. Już Romanus pisał w książce swojej: „*L'intelligence des animaux*” (1889) o pajaku, którego Bonnet rzucał wraz z woreczkiem jajek do otworu w mrowisku; pająk ten, wypędzony przez mrówkę i przez obserwatora, powracał do otworu, w którym znajdowały się jego jajka i pozwolił raczej żywcem zagrzebać się w mrowisku, aniżeli miałby skarb swój opuścić.

W wielu razach samiczka, składając jajka, otacza je zasklepem ochronnym (kokon), pozostawiając je następnie gdziekolwiek; w innych razach jajka pozostają na tej samej siatce, na której żyje pająk.

Najbardziej jednak zajmujące są te fakty, kiedy pająk otacza opieką naprzód jajka, a później młode pajączki. Rozpatrzmy się w zasadach tego zjawiska:

1-o. Kokon z jajami *Agelena labyrinthica* znajduje się w pustym woreczku, przytwierdzonym do siatki zapomocą licznych nitek przędzy. W ściankach tego woreczka widzimy wciśnięte grudki ziemi, szczątki liści lub kłosów, - a wszystko to doskonale maskuje kokon. Po zbudowaniu i przytwierdzeniu kokonu pająk w dalszym ciągu wzmacnia ścianki woreczka i utrzymuje go nitki. Na tem jednak kończy się opieka nad potomstwem, gdyż z jednej strony można kokon zabrać a pająk nie zmieni trybu życia, a z drugiej pająk przestaje żyć przed zimą, młode zaś wylęgają się dopiero na następną wiosnę.

2-o. Samice *Chiracanthium* zasklepiają się w kokonie i przebywają tam dotąd, dopóki młode się nie wylęgną. Jeżeli rozewniemy ściankę kokonu, to samiczka natychmiast naprawia zniszczone miejsce, lecz nigdy nie opuszcza jajek. Jeżeli zaś kokon potniemy na kawałki, to pająk stara się połączyć części oddzielne zapomocą nitek przędzy. Nigdy jednak nie udało się obserwować, aby *Chiracanthium* przenosił jajka na inne miejsce.

Jeżeli w gnieździe znajdują się pajączki (a nie jajka), to stosunek do nich samiczki jest zupełnie ten sam. Pająk nigdy nie otacza opieką żadnego poszczególnego pajączka, lecz dba o wszystkie razem.

W okresie, kiedy samiczka *Chiracanthium* znajduje się wewnątrz gniazda, można robić ciekawe doświadczenia, dotyczące „instynktu” macierzyńskiego. Można np. stopniowo zwiększać czas odosobnienia samiczki od gniazda: na dzień, dwa, trzy i t. d. Początkowo samiczka zachowuje się tak, jakgdyby nie usuwano jej z gniazda zupełnie. Po dłuższym jednak okresie czasu odosobnienia, np. po 8-iu dniach, samiczka zachowuje się już obojętnie w stosunku do swego gniazda. „Instynkt macierzyński” jakby ginie.

Jeżeli usuniemy matkę pajączków i zastąpimy ją przez inną samiczkę, to ta ostatnia od razu adoptuje gniazdo. Jeżeli następnie napowrót sprowadzimy matkę, to następuje bardzo energiczne starcie między matką a pseudomatką, które trwa albo do chwili śmierci jednej z nich, albo do chwili usunięcia się pseudomatki. Energia walki zwiększa się, jeśli pseudomatka dłużej miała w posiadaniu gniazdo.

Jeżeli kokon z jajkami usuniemy z gniazda, to wkrótce i samiczka opuszcza gniazdo.

Jeżeli wreszcie matkę z gniazda z jajkami przeniesiemy do gniazda z pajączkami, to samiczka chętnie adoptuje pajączki, chociaż nie ulega wątpliwości, że pająk odróżnia gniazdo, zawierające młode od niezawierającego ich.

3-o. Pajączki *Theridium lineatum* po wykluciu się zamieszkują przez pewien czas skrócony liść, służący za miejsce pobytu dla samiczki i otoczone są taką samą opieką, jak to widzieliśmy u *Chiracanthium*.

Jeżeli kokon z jajkami znajduje się w warunkach niedogodnych (np. w warunkach wyschnięcia), to samiczka przenosi go gdzieindziej w ten sam sposób, bynajmniej nie bacząc na to, że po drodze gubi jajka. Jest to zatem czynność czysto machinalna, której bezwarunkowo nie możemy nazywać „miłością macierzyńską”.

Wreszcie, jeżeli zniszczymy część ścianki kokonu, to samiczka przenosi go na inne miejsce, bynajmniej nie bacząc na to, że po drodze gubi jajka. Jest to zatem czynność czysto machinalna, której bezwarunkowo nie możemy nazywać „miłością macierzyńską”.

4-o. Na niektórych pajakach wędrujących możemy obserwować zjawisko może jeszcze bardziej zajmujące. Weźmy np. *Pisaura mirabilis*, który w pierwszym okresie swego życia należy do wędrujących, w drugim — do osiadłych. W okresie wędrowania *Pisaura* nosi wszędzie swój kokon z jajkami, a nawet pewien czas po wykluciu się pajączków. Z chwilą jednak, kiedy młode mają już wyjść z kokonu, samiczka porzuca wędrujący tryb życia, rozsnuwa pajęczynę i prowadzi życie siedzące.

5-o. Nieco odmiennie wygląda rzecz powyższa u pajaków wędrownych (w ciągu całego życia). Kokon przytwierdzony jest do samiczki w taki sposób, że ona zachowuje zupełną swobodę ruchów. Młode, po wykluciu się, wychodzą z kokonu przez otwór w ściance, zrobiony, zdaje się, przez samą matkę. Pajączki wychodzą powolnie jeden po drugim i sadowią się na grzbietowej stronie samiczki, która przez kilka nieraz godzin zachowuje zupełny spokój. Następnie jednak po usadowieniu się już „rodziny” matka odzyskuje dawną swobodę ruchów. Jest to zatem doskonale przystosowanie do życia wędrownego.

Otóż „instynkt” stosunków matki i dzieci u pajaków bezwarunkowo przedstawiają się bardzo interesująco, jednak niepodobna tutaj mówić o „miłości macierzyńskiej”. Wprost przeciwnie, jeżeli opiswane powyżej fakty mają jakiś stosunek do psychiki pajaków, to świadczą tylko o niskim jej poziomie.

H. Stosunek płci.

Stosunek płci zwracał już od dawna na siebie uwagę badaczy. Badania czynione były nad *Agelena labyrinthica*, *Chiracanthium puncturium* i *Pisaura mirabilis*. Są to pająki pospolite, dość duże i oddające się stosunkom płciowym w niewoli w obecności obserwatora.

Zanim przystąpimy do właściwego zagadnienia, musimy rzucić okiem wstecz na ogólny stosunek obu płci u pajaków. W ciągu tego okresu życia, kiedy pajączki znajdują się razem, nie przyjmują one żadnego pożywienia. Z chwilą zaś zapotrzebowania pokarmu, zaczynają prowadzić życie odosobnione. Ponieważ są to zwierzęta mięsożerne, nic więc dziwnego, że niszczą się wzajemnie. W tym względzie podlegają prawu ogólnemu. Jednakże bardzo łatwo można się przekonać, że prawo to nie zawsze daje się stosować do osobników tego samego rodzaju, które, będąc pomieszczone obok siebie, zjadają się wzajemnie tylko w braku innego pożywienia. Stąd już wynika logicznie, że samiec w okresie spółkowania nie podlega temu niebezpieczeństwu życia, jak się to zwykle twierdzi.

1. Nadzwyczajnie dogodne są obserwacje nad *Agelena labyrinthica*, gdyż wszystkie szczegóły aktu możemy obserwować dokładnie, nawet z lupą w rękę. Samiec wchodzi na siatkę pajęczą samicy i przybiera pozycję atakującą, a samica odsuwa się ciągle od niego. Trwa to nieraz kilka godzin. W pewnym jednak momencie, samica staje się zupełnie nieruchomą i pozwala objąć się łapkami samcowi, który czasami przenosi ją na inne, bardziej dogodne miejsce siatki.

Następnie samiec wkłada jeden z dwu narządów spółkowania w otwór rodny samicy i zaczyna się spółkowanie, trwające normalnie około dwu godzin. Następnie akt odbywa się po raz drugi. Podczas tych czterech godzin samica przez cały czas pozostaje nieruchoma. Po skończeniu aktu samiec dość energicznie odsukuje od samicy, która również energicznie podąża za nim, co trwa jednak niezbyt długo. Można następnie pozostawiać je obok siebie bez jakiegokolwiek szkody dla którego z nich.

I samiec i samica mogą kilkakrotnie powtarzać spółkowanie.

2. Prawie te same zjawiska obserwujemy i u *Chiracanthium puncturium*. Różnica główna polega na tem, że oba pająki przed lub po akcie leżą obok siebie najspokojniej, nie okazując żadnych oznak wrogości usposobienia.

H.J. Rygiar. Z psychologii pajaków. Wszechświat 1907, 26, 372 (16 VI) i 408 (30 IV)

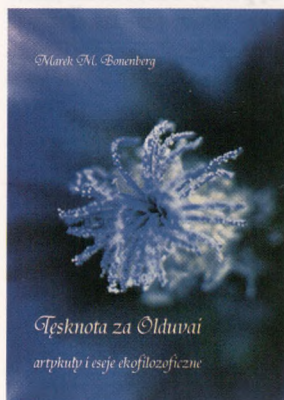
Poślizgi przed wiekiem

Numer został wydany z opóźnieniem z przyczyn niezależnych, Przepraszając za to, Redakcja przyrzeka dołożyć wszelkich starań, ażeby podobne opóźnienia nie powtarzały się w przyszłości.

Wszechświat 1907, 26, 240 (14 IV)

oprac. Jerzy G. Vetulani (Kraków)

RECENZJE



Marek M. Bonenberg:
Tęsknota za Olduvai. Artykuły i eseje ekofilozoficzne.
Wydawnictwo „Zielone Brygady”, Kraków, 2006, s. 132.

W kręgu refleksji ekofilozoficznej

Olduvai — to hipotetyczne miejsce początków naszej hominizacji. Można je również pojmować jako początek procesów rozbratu człowieka z przy-

rodą, który przez słowa i tworzone wartości kulturowe będzie się w swym dziejowym rozwoju przeciwstawiał przyrodzie. Od tamtego czasu rodziła się również równolegle postawa zdziwienia i refleksji nad światem, na marginesie której rozwijała się i ewoluowała istota naszego człowieczeństwa, kiedy nieustannie zadawał on sobie fundamentalne pytanie o jego miejsce w świecie i sens swojego w nim istnienia. Wyrazem tego zdziwienia i refleksji — w opinii Marka Bonenberga — jest głęboko zakorzenione w kondycji ludzkiej pytanie o powinność etyczną, czyli o te wartości i dążenia, które określają harmonijne istnienie ze środowiskiem, a gwarantujące istotom żywym, ale i człowiekowi sukces przetrwania. Tego faktu świadomym jest jedynie on sam i bardziej lub mniej świadomie stara się w swoje schematy działania wprowadzać reguły etyczne. „Skoro sami tworzymy własną istotę, skoro sami odpowiadamy — pisze autor — na pytanie, kim jest człowiek, to być może nie ma żadnego dobrego uzasadnienia dla istnienia tej pierwotnej powinności, zaś nasza etyczność, nie będąca koniecznością wynikającą z naszej istoty, ani z natury świata, jest wyłącznie wynikiem naszego wolnego i w pełni świadomego wyboru, jest wyzwaniem, które sami możemy sobie postawić, jeśli ukształtujemy swoją wizję człowieka jako istoty etycznej: wolnej, twórczej i bezinteresownej. Oprócz aktu woli nie ma w zasadzie żadnej racji przemawiających za takim właśnie projektem istoty człowieka. Być może tylko ta jedna, że jeśli potrafimy to zrobić jako jedyni w całym znanym Uniwersum, to dlaczego nie? Dlaczego nie spróbować, nie podjąć takiego wyzwania i nie stworzyć tym samym zupełnie nowej, nieznannej wcześniej rzeczywistości i nowej jakości bytu? W takim ujęciu, etyczność byłaby więc naszym wymiarem wiary w to, kim może być człowiek” (s. 129–130).

Filozofia bowiem zorientowana na środowisko życia człowieka jest wytworem drugiej połowy XX wieku, a jej rozgłos zawdzięczamy ruchom społeczno-politycznym, nazwanym Zielonymi. Ich istotą są ogólne działania humanizujące życie, zmierzające do nie przeciwstawiania działalności produkcyjnej nieprodukcyjnej, by dopełniały się one harmonijnie i dobrze adaptowały człowieka do jego środowiska przyrodniczego, ale i kulturowego. Stanowią one — w opinii Bonenberga — formę nowego humanizmu, który wyrażają rozwijane różne kierunki etyk środowiskowych. Etyka tradycyjna określa bowiem stosunki między ludźmi, a więc te nowe etyki starają się poszerzyć jej obszary normatywne i muszą mieć swe uzasadnienia. Czyny bowiem przeciw środowisku w opinii tych doktryn moralnych stają się w praktyce działaniami przeciw drugiemu człowiekowi,

a więc są źródłem zła. To nowe stanowisko — to próba innowacyjnego wartościowania nie tylko samego bytu człowieka, ale również samej przyrody, aby te dwie modalności całościowego istnienia uzupełniały się harmonijnie. Bilans strat i zysków naszej cywilizacji ciągle ożywia pytanie o to, czy będzie ona dalej cieszyć się vitalnością. Przekonanie nadbudowane na modelu myślenia oświeceniowego i wiara, że nauka i technika rozwiążą wszystkie narastające problemy, w wieku XX uległo zakwestionowaniu, a to musiało wpłynąć na rozumienie ekologii. Z postawy ochroniarzkiej przekształciło się ono w głębszą refleksję i pojmowanie związków człowieka z przyrodą, starając się ujmować je problemowo oraz całościowo, przyznając wartości moralne nawet biosferze. W ten sposób wyłoniło się wiele modeli etyk środowiskowych, które z perspektywy aksjologicznej, ontologicznej i antropologicznej starają się odpowiedzieć na pytania: „jak żyć?”. Kwestie te jednak determinują uwarunkowania kulturowe, określające wzorce życia w relacjach z przyrodą. Winę za zerwanie więzi ponosi niewątpliwie mechanistyczny model pojmowania świata oraz kultura akceptująca możliwości manipulowania nimi. Nowe podejścia etyczne-środowiskowe dokonały już — podkreśla krakowski filozof — zmiany w tym manipulacyjno-eksploatacyjnym podejściu człowieka do środowiska zarówno przyrodniczego, ale i kulturowego, które stanowią dwa paralelne „domostwa bytowania” człowieka.

Wszelkie problemy naszej cywilizacji, które doprowadziły do zaburzeń między człowiekiem a środowiskiem oraz do poczucia globalnego kryzysu, wnikają z fetyszyzacji wartości ekonomicznych i gospodarki opartej głównie na bezgranicznej konsumpcji, w której upatruje się również możliwości ich rozwiązania. Jest to postawa typowo utylitarystyczna, której towarzyszą określone idee filozoficzne i religijne, zakładająca maksymalizację przyjemności i jej przewagę nad cierpieniem, czyli hedonistyczną, dezawuuującą duchowy wymiar bytu ludzkiego oraz rozumność jako kluczowego momentu jego istoty i specyfiki gatunkowej. Nowe modele etycznego podejścia do kwestii produkcji, konsumpcji, konkurencji mają swoje intelektualne uzasadnienie, zaś świadome wyrzeczenie się postawy wojownika na rzecz współpracy i kooperacji dla dobra całej planety stwarza realną przestrzeń dla rozwoju dobra i minimalizacji zła. Chodzi tu o to, by ogół ludzi mógł sobie uświadomić i przyjąć w działaniu podstawową tezę ekologiczną, odpowiadającą na pytania, co to rzeczywiście znaczy: „jak dobrze być człowiekiem?”, czyli jak pomnażać dobro kosztem zła. U podstawy takiego rozumowania i sprawczego działania leży poczucie szeroko rozumianej powinności czynienia właśnie dobra. Warunkiem takiej powinności — co podkreśla Bonenberg — jest bezinteresowność działania podmiotu moralnego, tj. człowieka, na rzecz przedmiotu etycznego, którym stają się wszystkie istoty żywe i ich środowiska życia. Stanowi ona istotny moment etosu ludzkiego, który kształtuje jego środowisko społeczne, niezależne od panujących w nim religii i modeli moralności. W ten sposób etyka środowiskowa przywraca człowiekowi jego wyjątkowość i godność w świecie, w którym cywilizacja często je deprecjonuje, nawet wtedy, gdy sytuuje go nawet „panem stworzenia”. W ten sposób autor nawiązuje do tezy Andrzeja Wiercińskiego, mówiącej, że: ojczyzną *homo sapiens* jest przyroda, zaś każdego człowieka — jego kultura. I to ich paralelne i harmonijne koegzystowanie stanowi fundament bytowy w pełni etycznego „bycia w świecie”.

Człowiek bowiem — według autora — posiada szczególne miejsce w biosferze, gdyż jest rezultatem nieustających zmian ewolucyjnych, w których aktywnie i kreatywnie uczestniczy. W wyniku tych zmian wyłoniła się w nim świadomość i samoświadomość, czyniąc go jedynym podmiotem moralnym w różnorodnie ukształtowanym świecie w wymiarze biologicznym. Jest więc on spokrewniony z całością tak kształtującej się rzeczywistości. Nie może więc być postrzegany inaczej jak część ekosystemów, czyli systemów mających własne struktury i wewnętrzne porządki. W tak ustrukturuowanym świecie, stanowiącym sieć powiązań oraz sprzężeń zwrotnych, każda zmiana w jednym z węzłów tej sieci pociąga przemiany w całości, których celem musi być jednak równowaga dynamiczna. Z takiego usytuowania człowieka w ekosystemach wynikają szczególne funkcje, gdyż jest istotą myślącą, budującą kulturę, która jak wcześniej przyroda, staje się jego naturalnym środowiskiem. Jako więc istota rozumna i posiadająca możliwość rozeznania aksjologicznego, staje się on podmiotem moralnym, mogącym antycypować przyszłość, przekraczając podejście utylitarne do środowiska, czyli świata przyrody i kultury. W przyrodzie bowiem doskonali swoją „zwierzęcość”, natomiast w kulturze swoje „człowieczeństwo”. Musi zatem tak powstały dualizm systematycznie przewyżczać, a jego intelekt należy postrzegać nie tylko jako narzędzie praktyczne podboju przyrody, ale także jako służące celom aksjologiczno-moralnym, budzące w nim poczucie odpowiedzialności za środowisko. Wyraża się ona w tym, że wyzwala ona umiejętność zapanowania nad sobą, a w konsekwencji nad relacjami ze środowiskiem, w którym powinno być realizowane nie tylko dobro człowieczego podmiotu, ale również przedmiotów tego panowania, utrzymujące ową równowagę dynamiczną między mikrokosmosem — człowiekiem i makrokosmosem — światem. Tak więc „poznawanie samego siebie” — zdaniem Bonenberga — tworzy fundamentalne źródło etycznego podejścia człowieka do środowiska i świata w wymiarze uniwersalnym. Postawa taka, która proponuje autor, wydaje się zatem przyjmować formę nowego intelektualizmu etycznego, którego założenia w początkach rozwoju naszej cywilizacji sformułował Sokrates, dla którego wiedza była źródłem cnoty, a ta z kolei gwarantować miała świadome kreowanie dobra kosztem bezrefleksyjnie czynionego, najczęściej z pobudek egoistycznych, zła.

Książka krakowskiego filozofa, co łatwo zauważyć z treści tej krótkiej jej prezentacji, to bardzo dojrzały i pełny pogląd filozoficzny na miejsce człowieka w kosmosie, ukazujący wszelkie możliwe racje do podejścia etycznego człowieka do jego środowiska życia, zarówno przyrodniczego, ale i kulturowego. Choć autor ma pełną świadomość, że dla wielu ludzi taki pogląd nacechowany jest elementami utopii, to jednak, podobnie jak wiele innych utopii, może przysparzać wiele realnych argumentów i podtrzymywać nadzieję dla urzeczywistnienia projektów budowania harmonijnego koegzystowania człowieka ze światem i innymi istotami żywymi, do rodziny których niewątpliwie należy. Warto pochylić się nad nią, by obudzić własne sumienie ekologiczne i uświadomić sobie elementarne składniki naszego godnego egzystowania nie tylko pomiędzy ludźmi, ale również w kosmosie.

Ignacy S. Fiut (Kraków)



Krystyna Wilkoszewska (red.) **Estetyka czterech żywiołów. Ziemia, woda, ogień, powietrze**; rozdz. „Ziemia” — Marzenna Jakubczak; rozdz. „Woda” — Zdeńka Kalnická; rozdz. „Ogień” — Maria Popczyk; rozdz. „Powietrze” — Małgorzata Sacha-Piekło. Wyd. Universitas, Kraków, 2002 r., str. 302

Potęga i piękno żywiołów

Żywioły to coś co nas otacza, istnieje bez ludzkiej ingerencji, ale czy na pewno? Trzęsienia ziemi, huragany, pożary i powodzie wyrządzają spustoszenie i zagrażają życiu ludzi. Jednak bez powietrza, wody, ognia oraz bez ziemi ludzkie życie nie ma prawa przetrwać. Wydaje się, że bunt żywiołów jest formą odwiecznie trwającej relacji między człowiekiem a przyrodą. Można wręcz odnieść wrażenie, iż przyroda prowadzi dialog z ludźmi, nie pozwalając zapomnieć, kto w tej relacji jest stroną silniejszą. Powstawanie i rozwój cywilizacji jest próbą siły, niekończącą się walką między człowiekiem a przyrodą. Powstają wielkie miasta, pokonujemy morza i oceany, a także przestworza, okiełniliśmy także dla własnych potrzeb ogień. Jednak natura nie pozostała bierna, każda zbyt brutalna ingerencja w królestwo przyrody kończy się ludzką tragedią; globalne ocieplenie, tajfuny i huragany, trąby powietrzne i wichury a także inne żywioły wywołują coraz większe spustoszenie ekonomiczne, gospodarcze, ale przede wszystkim śmierć setek osób.

Książka „Estetyka czterech żywiołów” to praca zbiorowa, napisana w duchu filozofii i estetyki, zachowująca szeroką interdyscyplinarną i interkulturową perspektywę.

Każdy z autorów opisuje żywioły od poszukiwania ich korzeni w mitach wszystkich wielkich kultur. Ukazują oni doniosłą rolę żywiołów nie tylko w motywach tłumaczących powstanie świata i ludzkości, ale także zafascynowanie „harmonijną jednością natury” filozofów, artystów i naukowców przeróżnych dziedzin. Wiara w doskonałą jedność i harmonię przyrody, oparta na odwiecznej obserwacji czterech żywiołów: ziemi, wody, ognia i powietrza, przyczyniła się do powstania przekonania możliwości stworzenia „eliksiru życia” na podstawie zgłębiania istoty żywiołów. Symbolika żywiołów i ich geometryczne wyobrażenia odnalazły swoje odpowiedniki w architekturze wszystkich wielkich kultur.

Warto jednocześnie uwypuklić fakt, że żywioły mogą być postrzegane jako abstrakcyjne, mityczno — mistyczne pierwotne elementy kosmiczne, odpowiadające za ład i harmonię. Z drugiej jednak strony odczytywane są jako najprostsze ciała materialne, posiadające właściwości tak fizyczne jak i chemiczne, podlegające ciągłym transformacjom zapewniającym różnorodność natury i jedność świata. W czasach współczesnych wizerunek żywiołów utracił wiele ze swej mistyczności, stały się faktami naukowymi widzianymi oczyma wszystkich i dostępnymi dla każdego. Dzięki takiemu podejściu człowiek stał się „panem przyrody”, triumf cywilizacji i jej zwycięstwa nad siłami natury oraz perspektywy dalszej ekspansji i rozwoju sprawiły, że ludzie określali swą pozycję w hierarchii wszechświata bardzo wysoko. Zaczynamy zapominać, o skutkach niekończącej się ekspansji i eksploatacji, zaślepieni dotychczasowymi zdobyciami technologicznymi i tajemnicami, jakie udało nam się wydobyć z Matki Ziemi i przyrody. Cywilizacja zagłuszyła pierwotną wiedzę o świecie jako żywym organizmie, dzisiaj widzimy go już tylko jako zbiór przedmiotów i dóbr do zdobycia. Nietzsche pisał, że dzi-

siejszy człowiek, poszukuje swej boskości i racji bytu poza Ziemią, która jest przez niego pustoszona i pozbawiana wartości. Nietzsche nie jest jedynym filozofem nawołującym do ratowania Ziemi, którą nie powinniśmy władać ani sobie podporządkowywać. Obecne podejście do przyrody grozi nam ekodestrukcją. Przyroda podobnie jak japońskie ogrody zen oparte w swej ideologii na shintoizmie i buddyzmie powinna nas pobudzać do kontemplacji, a nie chęci ingerencji.

Przywracaniem porządku zawartego w przyrodzie zajmowała się mitologia, następnie sztuka (przez pobudzanie do refleksji), obecnie media podporządkowują swe działania procesom przyrody. Jednak w obecnym świecie rządzone przez technikę i zdobycze cywilizacji, media nie pokazują żywiołów w ich naturalności, pozwalają one jedynie na namiastkę kontaktu z naturą. Sugeruje to zanik lub osłabienie relacji między człowiekiem a przyrodą spowodowany coraz częstszym obcowaniem z surogatami natury. Być może dla współczesnego widza obraz żywiołów w mediach ma za zadanie oswojenia rzeczywistości, tak jak dawniej czyniły to legendy czy mity. Obraz w telewizorze, fotografia i inne utrwalają wrażenie kontaktu, jednocześnie oddalając groźbę

bezpośredniego spotkania z żywiołami. Tracąc kontakt z rzeczywistością, tworząc iluzję świata, sprawiają, że czujemy się bezpiecznie wytwarzając złudne przeświadczenie posiadania kontroli nad przyrodą. Niezliczone mity, podania, legendy, dzieła artystów, jak i filozofów, były próbami spełnienia odwiecznego niespełnionego marzenia o ujarzmieniu budzących groźbę, strach i przerażenie natury i przyrody, snu o staniu się panem świata. Współczesny człowiek otacza się najprzeróżniejszymi zdobyczami cywilizacji oszukując w ten sposób lęk przed żywiołami, wpisując się w ten sposób w nowy rozdział niekończącej się opowieści o odwiecznej konfrontacji człowieka i żywiołów. Ludzkość jest bowiem zbyt krucha w konfrontacji z kapryśną naturą nigdy nie dających się ujarzmić żywiołów.

Książka pod redakcją profesor Krystyny Wilkoszewskiej „Estetyka czterech żywiołów” jest napisana z myślą o odbudowaniu kontaktu człowieka z naturą, próbą powrotu żywiołów w życie każdego z nas.

Kinga Bonenberg (Kraków)

WSPOMNIENIA Z PODRÓŻY

Listy z Antarktydy¹ (c. d.)

Dedukuję Nusi

7. Efekt cieplarniany

A więc, znów jadę na Antarktydę, tym razem na przełomie stuleci 2000/2001. Chyba już po raz ostatni — tak przynajmniej uważa moja kochana Nusia, już od miesiąca zapłakana z powodu mojego wyjazdu. No, bo w tym czasie tyle ważnych świąt: Boże Narodzenie, koniec jednego stulecia i początek nowego, w styczniu imieniny, a w lutym urodziny Nusi, a także pierwsza rocznica naszego ślubu...

Ogromnie mi było przykro, że musiałem Nusię samą zostawić w kraju na trzy miesiące. Ale okazja to była dla mnie jedyna, by jeszcze raz odwiedzić Zatokę Admiralicji, gdzie rozpocząłem badania geologiczne Antarktydy dwadzieścia trzy lata temu, znów zobaczyć Stację imienia Henryka Arctowskiego, której byłem współbudowniczym. Wyjazd ten dawał mi szansę wykonania uzupełniających obserwacji w terenie, potrzebnych do zakończenia opracowania mapy i monografii geologicznej obszaru zatoki. W nowe stulecie miałem wejść już jako pan po siedemdziesiątce, nieco głuchawy od czasu wypadku w tejże Zatoce Admiralicji przed niemal ćwierćwieczem, ale — co mnie podbudowywało na duchu — ciągle jeszcze sprawny na ciele i umyśle.

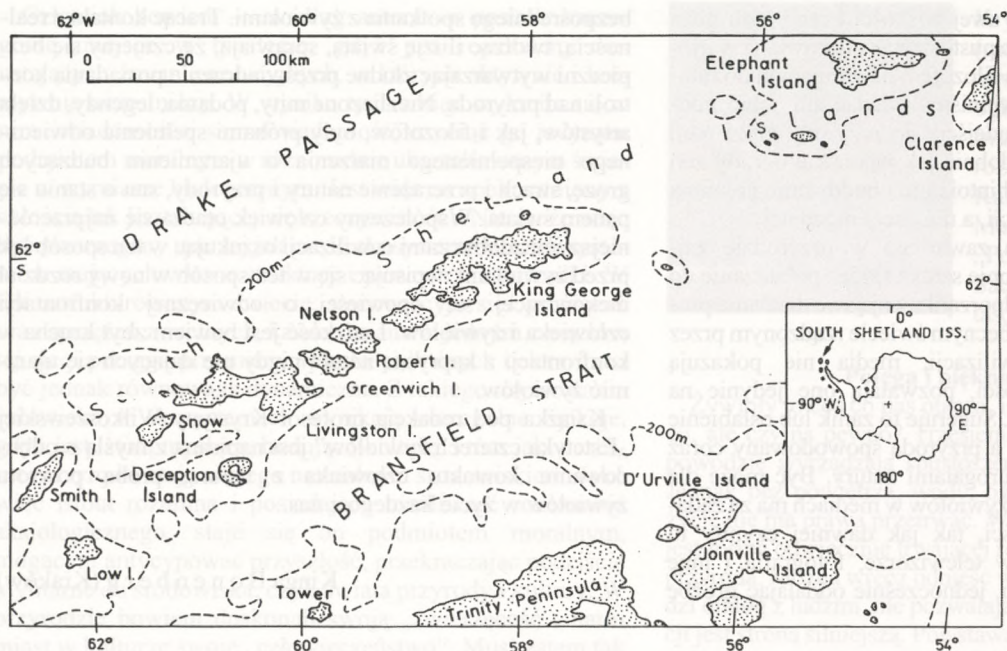
Lot „Lufthansą” z Krakowa przez Frankfurt do São Paulo w Brazylii, potem przejazd autobusem do Santos. Następnego dnia, wraz z dwoma towarzyszami podróży, pro-

fesorem Stanisławem Rakusą-Suszczewskim, dyrektorem Zakładu Biologii Antarktyki PAN, zarazem kierownikiem Stacji im. Arctowskiego, oraz profesorem Emilem Nalborczykiem (późniejszym wiceprezesem PAN), zaokręto- wałem się na wycarterowany przez 25. Wyprawę Antarktyczną PAN statek M/S „Horyzont II”, należący do Wyższej Szkoły Morskiej w Gdyni.

Ten zupełnie nowy statek, o ładnym wyglądzie, o wyporności około 1300 DWT, posiadał klasę lodową. Sprawdził się on już w bieżącym roku w czasie dwóch polarnych rejsów na Spitsbergen, gdy służył wyprawie naukowej na Stację PAN w Zatoce Białego Niedźwiedzia we fiordzie Hornsund, jak też wyprawom Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej do Bellsundu i Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu do cieśniny Forlandsundet.

Spodziewałem się wobec tego, że „Horyzont II” sprawdzi się także i na Antarktydzie, choć jego poważnym mankamentem było to, że przy bocznej fali kładł się jak „wałka-wstańka” z burty prawej na lewą i z powrotem nawet pod kątem trzydziestu pięciu stopni. Nie było to miłe dla źle znoszących takie morskie kołysanie, do których i ja się zaliczałem, od pierwszej podróży morskiej w 1956 r. chorując zawsze przez kilka pierwszych dni rejsu. W rejsach na Spitsbergen na chorobę morską poza mną zapadali także inni moi przyjaciele — badacze polarni, zwłaszcza taternicy-alpiniści — Staszek (Siaś) Siedlecki, Zbyszek (Baca) Jaworowski, himalaiści — jak Andrzej Zawada, speleolog Maciek Kuczyński, glaciolog Staszek Baranowski i wielu, wielu innych, których wspólną cechą było to, że ich błędnik w uchu był wyczulony na utrzymywanie równowagi w czasie wspinaczki po ścianach skalnych. Razem więc cierpie-

¹ Fragmenty przygotowywanej do druku książki o polskich wyprawach antarktycznych z lat 1980–2001



Ryc. 1. Antarktyczny archipelag Szetlandów Południowych

liśmy, oddając Neptunowi, co jego, w skołatanej głowie licząc godziny, jakie jeszcze pozostały do końca podróży.

Niestety, jak już wspomniałem, „Horyzont II” pod względem kołysania się na fali był jednym z najgorszych wśród dziesiątków morskich statków i okrętów, jakimi przyszło mi pływać po morzach Arktyki i Antarktyki. Jego niebываłe przechyły boczne były efektem odstępstw od oryginalnego projektu autorstwa Dariusza Boguckiego, znanego konstruktora jachtów, znakomitego żeglarza. Dariusz nie przewidywał bowiem tak wysokiej nadbudówki, jaką na życzenie Wyższej Szkoły Morskiej zrealizowano w stoczni, z jego oryginalnego projektu wykorzystując właściwie tylko część odnoszącą się do kadłuba.

Na huśtanie już narzekali uczestnicy 25. wyprawy antarktycznej, dla których pierwszy — choć krótki — odpoczynek od tej wątpliwej przyjemności nastąpił dopiero tutaj, w Santos, po miesiącu rejsu z Gdyni. Zobaczymy zatem jak to będzie w słynącej z paskudnego falowania Cieśninie Drake’a.

Dwudziesta piąta wyprawa PAN na Stację im. Arctowskiego, kierowana przez mgr. Tomasza Janeckiego, miała trzech członków ekipy naukowej: dwóch biologów i chemika, natomiast aż dziewięciu członków ekipy technicznej, w tym lekarza i kucharza. Tak znaczna przewaga personelu technicznego była wynikiem niskiego poziomu technicznego w kraju w latach siedemdziesiątych ubiegłego stulecia, gdy stacja powstawała, a osiągnięcia naukowe uzyskiwano często przez inwestowanie w „ilość”, a nie w „jakość”. Nowoczesna naukowa stacja antarktyczna jest dziś bowiem naładowana elektroniką, ma dużą ekipę naukową, a ilość personelu technicznego, składającego się z fachowców o wielostronnych kwalifikacjach zredukowana jest do minimum.

Już od ćwierć-wieku, najbardziej wszechstronne, a często i najważniejsze wyniki naukowe w dziedzinie biologii uzyskiwano na Stacji Arctowskiego w czasie krótkiego, bo zaledwie dwa-trzy miesiące trwającego lata antarktycznego, gdy pokrywa lodowa fiordów pękała krą wynoszoną stopniowo na otwarte morze, gdy na wyspach archipelagu Sze-

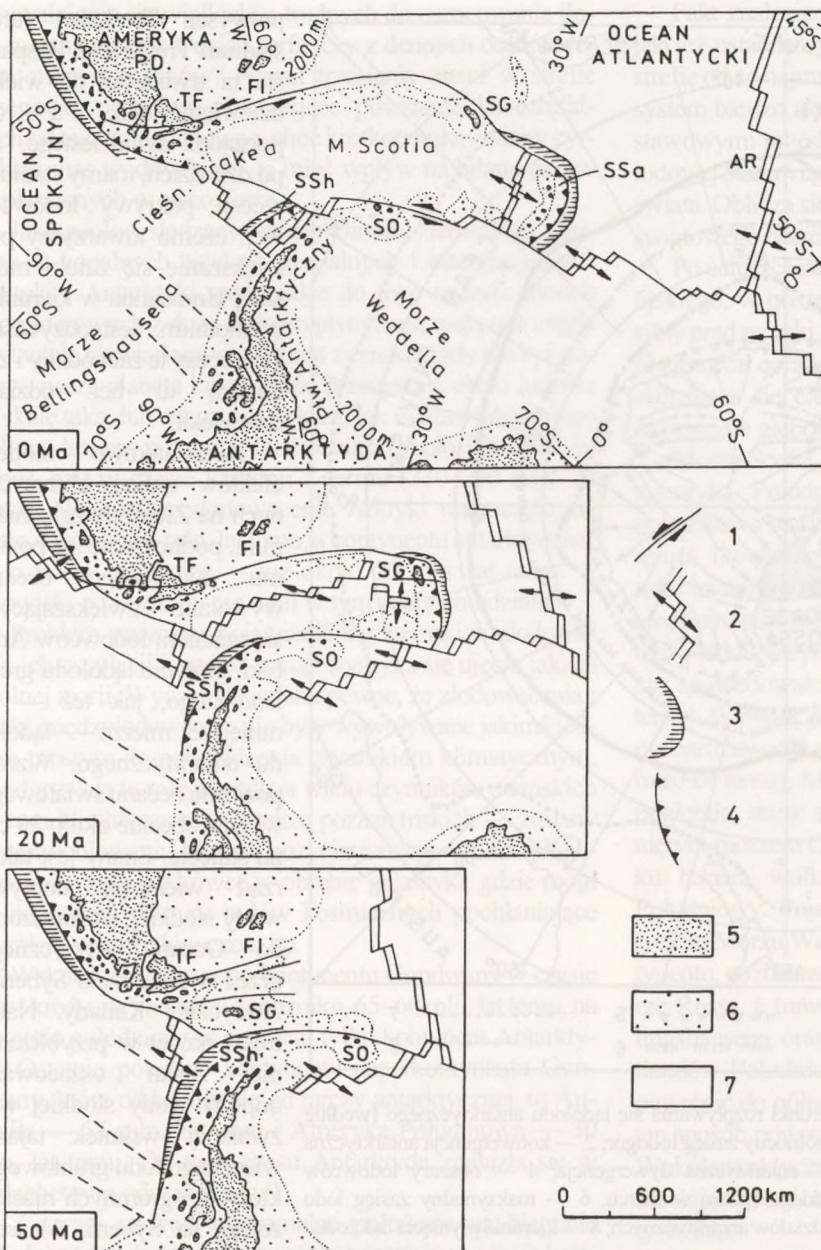
tlandów Południowych roiło się od gniazdujących tu pingwinów, a plaże zalegały haremami słoń morskich i stada uchatki. Oczywiście, obserwacje aktywności całorocznej niektórych zwierząt, a także badania fizjologiczne i psychologiczne polarników pracujących tu w warunkach daleko posuniętej izolacji od świata cywilizowanego, przedłużały się z okresu letniego na zimowy, trwający tutaj dziewięć miesięcy. Całoroczne i wieloletnie były także rejestracje zmian klimatu, składowych magnetyzmu ziemskiego i trzęsień

ziemi, jakie prowadzono w pierwszej dekadzie istnienia stacji. Niestety, już kilkanaście lat temu, te systematyczne, ważne rejestracje zostały zaniechane.

Zdjęcia geodezyjne, wykonywanie map topograficznych zlodowaciałego lądu, sondowania fiordu dla uzyskania danych pozwalających odtworzyć jego podwodną morfologię i historię zmian klimatu w czwartorzędzie zapisaną w jego osadach dennych, a także wszechstronne badania geologiczne klifów nadmorskich, łańcuchów górskich i nunataków wynurzających się spośród lądolodu, prowadzone były tylko w czasie krótkiego, najwyżej trzymiesięcznego sezonu letniego, gdy zimowa pokrywa śnieżna ulegała stopieniu. Dla mnie jako geologa nie miało sensu pozostawianie na dziewięciomiesięczne zimowanie, choć — biorąc pod uwagę świetne warunki na stacji, jej obecne wyposażenie w komputery i laboratoria, ciszę i spokój do pracy — nadawała się ona znakomicie jako placówka do ostatecznego opracowywania wyników badań. Miałem to na uwadze, wioząc ze sobą własny „laptop”, wysławszy już z Gdyni na statek wyprawy chyba z pięćdziesiąt kilogramów literatury geologicznej.



Ryc. 2. Petrel olbrzymi *Macronektes giganteus* w locie.
Fot. K. Birkenmajer



Ryc. 3. Rekonstrukcja wzajemnego położenia Antarktydy Zachodniej i Ameryki Południowej 50 i 20 mln. lat temu (według Birkenmajera i Zastawniak, 1989; stadium obecne — według British Antarctic Survey, 1985). 1 — Czynne uskoki transformujące; 2 — rozbieżne granice kier litosfery; 3 — rów subdukcyjny; 4 — zbieżne granice kier litosfery; 5 — ląd; 6 — szelf i skłon szelfowy (obecnie powyżej izobaty 2000 m); 7 — skorupa oceaniczna; FI — Wyspy Falklandzkie (Malwiny); SG — Georgia Południowa; SO — Orkady Południowe; SSa — Sandwiche Południowe; SSh — Szetlandy Południowe; TF — Ziemia Ognista (Tierra del Fuego)

Na lato antarktyczne 2000/2001 oprócz mnie miał pozostać tylko młody geograf mgr Rafał Pudełko, którego zadaniem było wykonanie szczegółowej mapy topograficznej w obszarze między Stacją Arctowskiego a wylotem Zatoki Admiralicji do Cieśniny Bransfielda, objętym statusem ochronnym Traktatu Antarktycznego jako tzw. *Antarctic Specially Protected Area (SPA) No 8*.

Wpływ zimnego Prądu Falklandzkiego zaznaczył się już wkrótce po wypłynięciu statku z Santos. Nad morzem pojawiły się naprzód albatrosy czarnobrewy *Diomedea melanophris*, z kolei także petrele olbrzymie *Macronectes gi-*

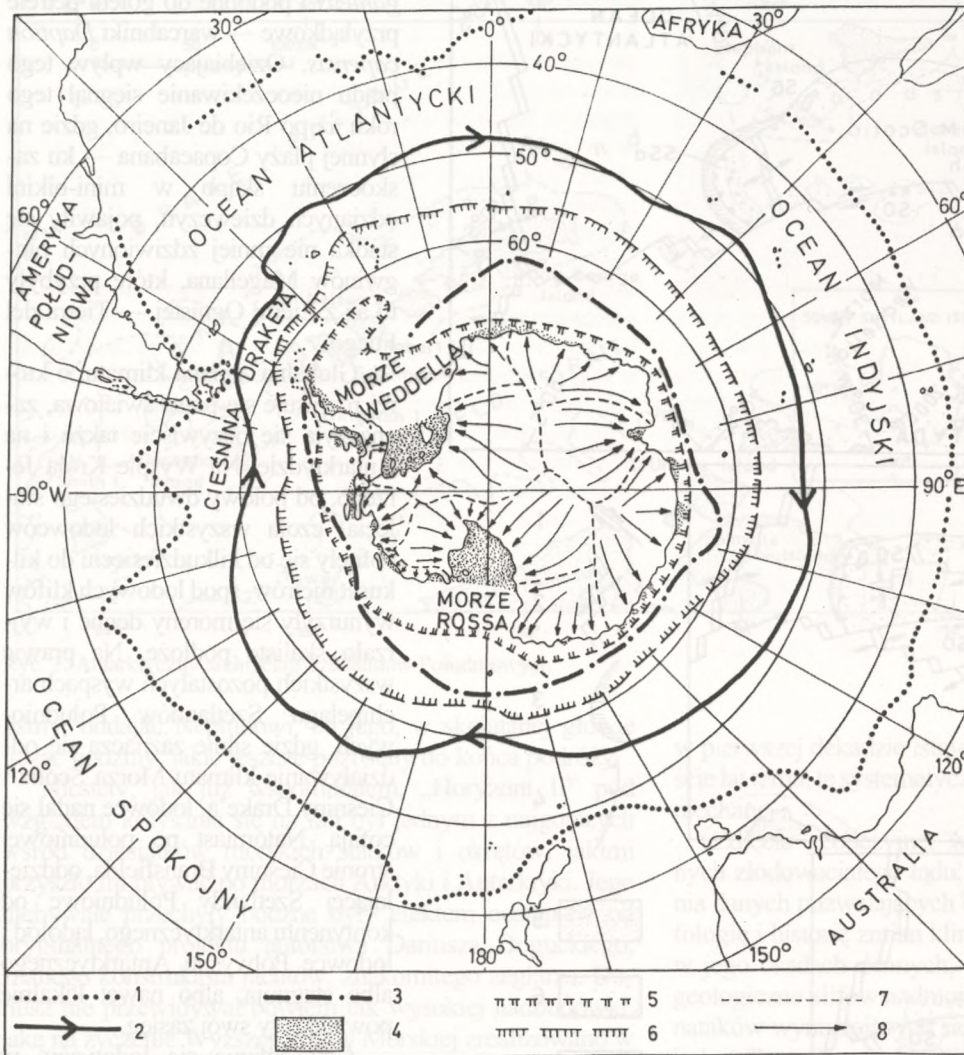
gantus i podobne do gołębi petrele przyładkowe — warcabniki *Daption capensis*. Oziębający wpływ tego prądu nieoczekiwanie sięgnął tego roku aż po Rio de Janeiro, gdzie na słynnej plaży Copacabana — ku zaskoczeniu skąpo w mini-bikini odzianych dziewczyn, pojawiły się stadka nie mniej zdziwionych pingwinów Magellana, które przybyły tu aż z Ziemi Ognistej — Tierra del Fuego.

Globalna zmiana klimatu, o której rozpisyje się prasa światowa, zaznaczyła się oczywiście także i na Antarktydzie. Na Wyspie Króla Jerzego, od połowy dwudziestego stulecia, czoła wszystkich lodowców cofnęły się od kilkudziesięciu do kilkuset metrów, spod lodowych klifów wynurzyły się moreny denne i wyjrzało skaliste podłoże. Na prawie wszystkich pozostałych wyspach archipelagu Szetlandów Południowych, gdzie silnie zaznacza się oddziaływanie klimatu Morza Scotia i Cieśniny Drake'a, lodowce nadal się cofają. Natomiast po południowej stronie Cieśniny Bransfielda, oddzielającej Szetlandy Południowe od kontynentu antarktycznego, lądolód i lodowce Półwyspu Antarktycznego albo stagnują, albo nawet lokalnie powiększyły swój zasięg.

Czy cofanie się lodowców w Szetlandach Południowych związane jest z „efektem cieplarnianym” spowodowanym działalnością człowieka, uwalniającego do atmosfery coraz więcej dwutlenku węgla i innych gazów o podobnym działaniu cieplarnianym? Czy też znajdowaliśmy się na początku nowej epoki geologicznej, charakteryzującej się szybkim ocieplaniem klimatu naszej planety, zachodzącym jednak pod wpływem czynników naturalnych — ziemskich i kosmicznych, ale bez istotnego udziału człowieka?

Od czasu pierwszej wyprawy na Spitsbergen w 1956 roku, obserwowałem proces szybkiego wycofywania się lodowców w jego najbardziej południowej zatoce — fiordzie Hornsund. Do 1995 roku lodowce we wnętrzu fiordu cofnęły się o około 8 km, co daje średnio 200 m/rok. Proces recesji lodowców zaczął się tam jednak znacznie wcześniej, już na początku dwudziestego wieku, a może jeszcze dawniej, co zaświadczały mapy i zdjęcia fotograficzne wykonane przez ekspedycje naukowe już w drugiej połowie dziewiętnastego wieku i na początku wieku dwudziestego.

W okresie do końca drugiej wojny światowej, ilość „gazów cieplarnianych” uwalnianych przez człowieka do at-



Ryc. 4. Strefowość Oceanu Południowego i kierunki rozplywania się lodowców antarktycznego (według Loveringa i Prescottta, 1979). 1 — Maksymalny północny zasięg lodogór; 2 — konwergencja antarktyczna (front polamy: Prąd Wokółantarktyczny); 3 — antarktyczna dywergencja; 4 — obszary lodowców szelfowych; 5 — minimalny zasięg lodu morskiego (paku) w marcu; 6 — maksymalny zasięg lodu morskiego (paku) we wrześniu; 7 — granice lododziałów antarktycznych; 8 — kierunki płynięcia lodowców

mosfery była niewątpliwie zbyt mała, by mogła w sposób istotny wpływać na zmianę ziemskiego klimatu. W przypadku cofających się lodowców spitsbergeńskich, znacznie większą rolę musiała odegrać aktywizacja odnogi ciepłego Prądu Zatokowego (Golfstromu), która omywając wybrzeża Norwegii przekracza ujście Morza Barentsa i sięga aż po północny Spitsbergen.

Skorupki morskich małży zebrane przeze mnie z subfosalnych moren dennych, z wydzwigniętych przez holocenijskie ruchy izostatyczne lądu tarasów morskich i ze spiętrzonych na progach skalnych dennych osadów fiordu Hornsund, zostały datowane radiowęglem na Uniwersytecie w Uppsali przez współpracującą ze mną od wielu lat prof. Ingrid U. Olsson. Wyniki jej datowań przekonały nas, że po wielkiej recesji lodowców spitsbergeńskich, jaka nastąpiła pod koniec plejstocenijskiej epoki lodowej, 9–10.000 lat temu, fiord Hornsund był wolny od pokrywy lodowcowej przez około 8.000 lat. Dopiero około tysiąc lat temu zaczęła się kolejna ekspansja lodowców, które wypełniły lodem wschodnią część rynny fiordu aż po

półwysp Treskelen (tzw. stadium Treskelen). Ekspansja ta trwała aż do wieku dziewiętnastego, a od początku dwudziestego, aż po dziś dzień, mamy stadium recesji pokrywy lodowcowej, czemu towarzyszy powiększanie się zatoki morskiej Hornsundu w kierunku wschodnim. Jest oczywiste, że procesy te zachodziły i zachodzą tu bez udziału człowieka.

Komputerowe modele efektów zmian klimatycznych na Ziemi uwzględniają m.in. podnoszenie się poziomu światowego oceanu wywołane zwiększającym się taniem lodowców Arktyki, głównie lądolodu grenlandzkiego, jak też — w mniejszej mierze — lądolodu antarktycznego. Wzrost poziomu oceanu światowego wynosi obecnie około 30 cm na stulecie. Znany jest także rząd wielkości dopływu wody słodkiej, przynoszonej do Oceanu Arktycznego przez wielkie rzeki Syberii i Arktycznej Kanady. Natomiast nawet w przybliżeniu nie został oszacowany dopływ wody słodkiej wywołanej wskutek tania wiecznego lodu gruntowego, który w ogromnych masach zalega na Syberii, Alasce i wyspach Kanadyjskiego Archipelagu Arktycznego od

czasu plejstocenijskiej epoki lodowej. Taniec to mogło ulec gwałtownemu przyspieszeniu pod wpływem wycinania rosnącej na zlodowaczonym gruncie syberyjskiej tajgi.

Woda słodka, słabo mieszając się z pełnosłoną wodą Oceanu Arktycznego, spływa do Oceanu Atlantyckiego (Morza Grenlandzkiego) przez szeroką Cieśninę Fram, a do Oceanu Spokojnego (Morza Beringa) przez wąską Cieśninę Beringa. Jej rosnąca ilość może zaburzyć stratyfikację i cyrkulację wód oceanicznych, np. odpychając na południe norwesko-spitsbergeńskie ramię Golfstromu, co spowodowałoby powtórne zlodowacenie Skandynawii.

Modele komputerowe wpływ tych procesów mogą do pewnego stopnia uzględniać, podobnie jak wpływ dwutlenku węgla pochłanianego i wydalanego przez szatę roślinną na lądzie oraz plankton roślinny i zwierzęcy w oceanach. Jak jednak obliczyć wpływ na zmianę globalnego klimatu wywołany przez wielkie ilości spontanicznie uwalnianego dwutlenku węgla i siarki oraz zapylenie atmosfery wywołane popiołami wulkanicznymi? A także, samoczyn-

ne uwalnianie się wielkich, a trudnych do oszacowania ilości metanu ze złóż węgla i torfu, czy z dennych osadów jezior, mórz i oceanów? Nawet trzęsienia ziemi w strefie brzegowej oceanów, powodujące powstanie katastrofalnych fal tsunami i raptowne, choć krótkotrwałe, zmiany cyrkulacji mas wodnych, mogą mieć wpływ na bilans gazów cieplarnianych w atmosferze.

Jako geolog, śledzący zmiany klimatu ziemskiego zapisane w kopalnych osadach glacialnych i interglacialnych Arktyki i Antarktyki, podchodzę do tego rodzaju modeli komputerowych z dużą dozą sceptycyzmu; mają one ciągle zbyt wiele niewiadomych. Klimat ziemski nigdy nie był stabilny, nasza planeta kilkakrotnie przeżywała epoki lodowe na skalę taką, lub znacznie większą, jak w czasie ostatniego miliona lat, np. u zarania fanerozoiku (około 600 mln. lat temu), czy w czasie karbonu i permu (330–270 mln. lat temu). Nowożytny zlodowacenie Arktyki rozpoczęło się nieco więcej niż 3 mln. lat temu, a kontynentu antarktycznego o wiele wcześniej — już około 50 mln. lat temu. A człowiek, oczywiście, nie miał w tym żadnego udziału.

Problem przyczyn pojawiania się ziemskich zlodowaceń, ich oscylacji i zaniku, wciąż wymyka się ujęciu jakiegś ogólnej teorii. Wydaje się jednak pewne, że zlodowacenia i epoki międzylodowcowe nie były wywoływane jakimś jednym prostym do przewidzenia czynnikiem klimatycznym, że odgrywała tu rolę interakcja wielu czynników ziemskich (w tym klimatycznych), a także pozaziemskich — zmiany w promieniowaniu Słońca, pozycja naszego układu planetarnego w jego wędrówce w obrębie galaktyki, gdzie mógł on napotykać chmury pyłów kosmicznych pochłaniające promieniowanie słoneczne, itp.

Wskutek rozpadu superkontynentu Gondwany w czasie jury i kredy, na początku kenozoiku, 65–60 mln. lat temu, na biegunie południowym pozostał tylko kontynent Antarktydy. Ostatnie potomne kontynenty superkontynentu Gondwany, które oddzieliły się od tarczy antarktycznej, to Australia — 55 mln. lat temu i Ameryka Południowa — 30 mln. lat temu. Od tego czasu Antarktyda znalazła się w „szlachetnym odosobnieniu”.

Z uwagi na swe ekstremalne położenie na biegunie południowym, lodowy kontynent otrzymuje w czasie krótkiego lata polarnego najmniej promieniowania słonecznego, a przez wiele miesięcy zimowych jest pogrążony w mroku.

Fakt znalezienia się Antarktydy w strefie biegunowej, jak też ustabilizowanie się jej geograficznej pozycji w tej strefie od co najmniej 65 mln. lat, gdy pierścieniem opasał ją system bardzo aktywnych ryftów oceanicznych, były podstawowymi przesłankami dla powstania jej potężnej czapy lodowej stanowiącej magazyn 95% zasobów wody słodkiej świata. Oblicza się, że gdyby nastąpiło jej stopnienie, poziom światowego oceanu podniósłby się o około 65 m.

Po ucieczce na północ od Antarktydy kontynentu australijskiego, w poszerzającej się szybko cieśninie pojawił się silny prąd morski, płynący w kierunku wschodnim. Prąd ten obejmował coraz to głębsze warstwy wód, w miarę jak poszerzająca się cieśnina uzyskiwała coraz to większe, już oceaniczne głębokości.

Morze Scotia, które otwarło się pomiędzy Antarktydą a Ameryką Południową około 30 mln. lat temu, było początkowo wąskie i płytkie, zapewne usiane licznymi wyspami. Dzięki temu, w czasie interglacjalu Wawelu (26–22 mln. lat temu), lasy i zarośla buka południowego *Nothofagus* i krzewiastych podokarpów na nowo zasiedliły Szetlandy Południowe po totalnym zniszczeniu szaty roślinnej, jakie spowodowało zlodowacenie Polonez (32–30 mln. lat temu). W miarę, jak Ameryka Południowa odsuwała się coraz bardziej od Antarktydy, we wczesnym miocenie (22–20 mln. lat temu), Morze Scotia znacznie się już poszerzyło i pogłębiło, stając się zarazem najbardziej na wschód wysuniętym morzem Oceanu Spokojnego, odcięty od Atlantyku barierą wulkanicznego łuku wyspowego Sandwicz Południowy. Prąd Wokółantarktyczny, zrodzony w atlantyckim Morzu Weddella, płynął teraz wokół lodowego kontynentu, pozostawiając za sobą kolejno Morze Dajwida i Morze Rossa, a trawersując Morze Amundsena i Morze Bellingshausena oraz omywając od północy archipelag Szetlandów Południowych docierał do Cieśniny Drake’a, by powrócić do północnego ograniczenia Morza Weddella. W ten sposób powstał jednolity system prawoskrętnego Prądu Wokółantarktycznego — konwergencji antarktycznej, oddzielającej bardzo zimne południowe wody polarne od reszty świata.

Autor jest emerytowanym profesorem zwyczajnym w Polskiej Akademii Nauk w Krakowie

Krzysztof B i r k e n m a j e r (Kraków)

INFORMACJE

„Ogród wita”

Wrocławski Ogród Botaniczny — który od 1995 roku wydaje w serii *Acta Universitatis Wratislaviensis* własny cykl publikacji naukowych pt. *Prace Ogrodu Botanicznego Uniwersytetu Wrocławskiego* — rozpoczął wiosną 2006 roku edycję drugiego czasopisma: popularnonaukowego miesięcznika przeznaczanego dla ogółu zwiedzających, zwłaszcza miłośników roślin i ogrodnictwa oraz osób zainteresowanych historią Dolnego Śląska i jego stolicy. Pismo *Ogród wita*, którego tytuł nawiązuje do motto widniejącego przy bramie wejściowej („Witam Cię, mój Miłośniku, ja, Twój ogród stary”), ukazuje się w siedmiu zeszytach od kwietnia do października. Można je nabywać w kasach Ogrodu.

Redaktorem prowadzącym jest znany wrocławski dziennikarz Wojciech Chądzyński, autor poczytnych książek o dziejach Wrocławia i Dolnego Śląska. Zespół autorski składa się z pracowników Ogrodu prowadzących poszczególne działy.

Stałe rubryki pisma to: „Warto zobaczyć” — prezentacja najciekawszych gatunków z kolekcji roślinnych Ogrodu; „Ze starych ksiąg” — cytaty z dziewiętnastowiecznych prac botanicznych i ogrodniczych; „Z dziejów Ogrodu” — gawędy o przeszłości zakładu naukowego, który za 4 lata będzie świętować 200-lecie swojego istnienia; „Rośliny dla ciała” — informacje o właściwościach ziół leczniczych i kosmetycznych; „Roślina Roku” — rubryka poświęcona roślinie, która w bieżącym sezonie dominuje w kompozycji rabat; w roku 2006 był to bluszcz w niezliczonych odmianach, w 2007 — fuksja; „Co nam grozi?” — porady na temat zwalczania chorób i szkodników roślin ozdobnych; „Więści z Wojsławic” — cykl artykułów o filii Ogrodu Botanicznego, zabytkowym Arboretum w Wojsławicach koło Niemczy, znanym przede wszystkim z najbogatszej w Polsce kolekcji różaneczników i azalii; „Było, jest, będzie” — kalendarium imprez organizowanych w Ogródku oraz relacje z ważnych wydarzeń.

Od tego roku objętość pisma zwiększy się o cztery strony, na których znajdują się następujące rubryki: „Działy Ogrodu”, „Z archiwum fotografii przyrodniczej”, „Z prac studentów i pracowników Ogrodu”, „Nasze pasje”.

Całość jest bogato ilustrowana oryginalnymi fotografiami wykonanymi przez pracowników, a także starymi zdjęciami i rycinami z Archiwum Ogrodu Botanicznego oraz zaczerpniętymi z dawnych dzieł przyrodniczych.

Pismo Ogrodu Botanicznego Uniwersytetu Wrocławskiego

OGRÓD WITA

Kwiecień 2006

Paralizujący narcyz

Wieloletni narcyz jest to gatunek, który w naszym ogrodzie występuje od lat. Jest to gatunek, który w naszym ogrodzie występuje od lat. Jest to gatunek, który w naszym ogrodzie występuje od lat.



Pismo Ogrodu Botanicznego Uniwersytetu Wrocławskiego

OGRÓD WITA

Czerwiec 2006

Heliamfora – kapryśna księżniczka

Heliamfora jest to gatunek, który w naszym ogrodzie występuje od lat. Jest to gatunek, który w naszym ogrodzie występuje od lat.



Pismo Ogrodu Botanicznego Uniwersytetu Wrocławskiego

OGRÓD WITA

Sierpień 2006

Gorzka cytryna

Gorzka cytryna jest to gatunek, który w naszym ogrodzie występuje od lat. Jest to gatunek, który w naszym ogrodzie występuje od lat.



Pismo Ogrodu Botanicznego Uniwersytetu Wrocławskiego

OGRÓD WITA

Październik 2006

Ogrodowy grubas

Orodowy grubas jest to gatunek, który w naszym ogrodzie występuje od lat. Jest to gatunek, który w naszym ogrodzie występuje od lat.



Numery archiwalne *Ogród wita* dostępne będą wkrótce na stronie internetowej Ogrodu Botanicznego: www.biol.uni.wroc.pl/obuwr/

Kontakt z redakcją:

Magdalena Mularczyk, Ogród Botaniczny Uniwersytetu Wrocławskiego, ul. Sienkiewicza 23, 50-335 Wrocław, tel.: (071) 322 59 57 w. 14.

e-mail: mularm@biol.uni.wroc.pl

Magdalena Mularczyk (Wrocław)

Nowy konkurs dla studentów o Nagrodę Prezesa Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika na najlepszy artykuł popularno-naukowy

Popularyzowanie nauki, wbrew pozorom, nie jest łatwym zajęciem, ponieważ wymaga umiejętności mówienia i pisania o rzeczach nowych i trudnych w sposób przystępny i zrozumiały. Zdobycie tej umiejętności wymaga odpowiedniego treningu. Konkurs ten stwarza taką okazję i ma na celu wyłonienie najlepszych, młodych popularyzatorów nauki.

Uczestnikiem konkursu może być student dowolnego kierunku studiów, który opublikuje w 2007 roku artykuł w czasopiśmie *Wszechświat*. Zostanie przyznana Nagroda w wysokości 1000 PLN za pierwsze miejsce w konkursie.

Wyniki konkursu zostaną ogłoszone w pierwszym zeszycie *Wszechświata* w marcu 2008 roku.

Prof. dr hab. Elżbieta Pyza

Tropikalne motyle schwytane w Wenezueli obiektywem prof. Janusza Wojtusiaka



Caligo atreus (Brassolidae). Fot. J. Wojtusiak



Eumorpha labruscae (Sphingidae). Fot. J. Wojtusiak



Amonit *Euaspidoceras paucituberculatum* Arkell. Jura górna, oksford, Zalas koło Krzeszowic. Wymiary: 370x350x120 mm. Okaz wydobyty w 1998 roku z wapieni występujących w nadkładzie kamieniołomu porfiru. Ze zbiorów Muzeum Geologicznego na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH. Fot. R. Słaboński