

WSZECHŚWIAT

PISMO PRZYRODNICZE

Tom 111 Nr 1-3

Styczeń - Luty - Marzec 2010

*Nadejście
cyborga*

*Mózg
na
dopalaczach*

*Chirurgia
umysłu*

*Kłopoty
z gripą*

*Księżycowe
Góry*



Tydzień Mózgu

„Teraźniejszość i przyszłość metod ingerencji mózgowych”

14-20 marca 2010 w Krakowie

14.03.2010 czwartek
„Neuroplastyczność i regeneracja mózgu”
prof. dr hab. Andrzej Kozłowski
Instytut Neurologii, Uniwersytet Jagielloński, Kraków

15.03.2010 piątek
„Nadzieje cyborga”
prof. dr hab. Andrzej Kozłowski
Instytut Neurologii, Uniwersytet Jagielloński, Kraków

16.03.2010 sobota
„Mózg na dopalaczach”
prof. dr hab. Andrzej Kozłowski
Instytut Neurologii, Uniwersytet Jagielloński, Kraków

17.03.2010 niedziela
„Psychoterapia i neurobiologia”
prof. dr hab. Andrzej Kozłowski
Instytut Neurologii, Uniwersytet Jagielloński, Kraków

18.03.2010 poniedziałek
„Czy możemy sobie poradzić z chorobą?”
prof. dr hab. Andrzej Kozłowski
Instytut Neurologii, Uniwersytet Jagielloński, Kraków

19.03.2010 wtorek
„Chirurgia umysłu - nowe metody i wyzwania”
prof. dr hab. Andrzej Kozłowski
Instytut Neurologii, Uniwersytet Jagielloński, Kraków

20.03.2010 środa
„Współczesne trendy w badaniach nad mózgiem”
prof. dr hab. Andrzej Kozłowski
Instytut Neurologii, Uniwersytet Jagielloński, Kraków

ISSN 0043-9592



9 770043 959009 >



Stale miejsce i czas wykładow: Auditorium Maximum Uniwersytetu Jagiellońskiego, ul. Krupnicza 35, godzina 17:00. Wstęp wolny.

Wydarzenie jest częścią cyklu „Tydzień Mózgu” organizowanego przez Instytut Neurologii Uniwersytetu Jagiellońskiego. Wydarzenie jest częścią cyklu „Tydzień Mózgu” organizowanego przez Instytut Neurologii Uniwersytetu Jagiellońskiego.

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 1-3 (2553-2555)

WSTĘP

Program konferencji „Tydzień mózgu 2010” w Krakowie pod hasłem „Teraźniejszość i przyszłość metod ingerencji mózgowych” ... 3	
Elżbieta Pyza, „Tydzień mózgu 2010”	4

TYDZIEŃ MÓZGU

Małgorzata Kossut, Neuroplastyczność i neurorehabilitacja	5
Ryszard Tadeusiewicz, Nadejście cyborga	8
Jolanta B. Zawilska, Jakub Wojcieszak, Paulina Kuna, Mózg na dopalaczach	11
Dominika Dudek, Psychoterapia w świetle neuronauki	17
Jerzy Vetulani, Czy skalpelem można leczyć duszę? czyli przyszłość psychiatrii z perspektywy biologa	22
Witold Libionka, Chirurgia umysłu – naukowa fantazja czy rzeczywistość	31
Leszek Kaczmarek, Biologia molekularna uczenia się i pamięci: spojrzenie bardzo subiektywne	36

ROK DLA EKOLOGII

Ryszard Laskowski, Pestycydy: za czy przeciw	39
Maria Niklińska, Wpływ zanieczyszczeń na funkcje gleby w środowisku i w życiu człowieka	44

ARTYKUŁY

Barbara Plytycz, Kłopoty z grypą	50
Roman Karczmarek, Wykwintny pobratymiec nanercza i mango	54

ARTYKUŁY INFORMACYJNE

Tomasz Mamos, <i>Freshwater animal diversity assessment</i> – Co wiemy o bioróżnorodności w wodach słodkich świata	58
--	----

DROBIAZGI

Fotograf przyrody a piksel – odcinek 3: o wyższości RAW-ów nad JPG-ami (Adam Walanus)	60
Kamień spadły z nieba (Bożena Wyrozumska)	61

WSZECHŚWIAT PRZED 100 LATY

J. Vetulani, Wszechświat przed 100 laty	63
---	----

WSPOMNIENIA Z PODRÓŻY

Księżycowe Góry (Grzegorz Urban)	65
--	----

RECENZJE KSIĄŻEK

Podpatrywanie, czyli nauka od przyrody (Zenon Jędrzykiewicz)	69
Nutzpflanzenkunde (Wiedza o roślinach użytkowych) (Eugeniusz Kośmicki)	70
Urs Eggli, Sukkulente (Eugeniusz Kośmicki)	71
Richard Bisgrove, Die Gärten der Gertrude Jekyll (Ogrody Gertrudy Jekyll) (Eugeniusz Kośmicki)	72
Eugeniusz Radziul, Ogrodowe pasje (Eugeniusz Kośmicki)	73

KRONIKA

Polskie Eliminacje Konkursu Prac Młodych Naukowców Unii Europejskiej (Elżbieta Auguścińska)	74
---	----

OBRAZKI

Mazurskie impresje (Maria Olszowska)	75
„Boska” modraszka (Przemysław Konrad Wojtaś)	79

PRACE UCZESTNIKÓW OLIMPIAD BIOLOGICZNYCH

Łukasz Sokolowski, W jaki sposób żerują mrówki <i>Formica cinerea</i>	79
---	----

NEKROLOG

Profesor Jerzy Glazek (1936-2009)	83
---	----

Informujemy, że istnieje możliwość zakupienia bieżących i archiwalnych numerów *Wszechświata* bezpośrednio w Redakcji lub poprzez dokonanie wpłaty przelewem na nasze konto, z zaznaczeniem, jakich numerów dotyczyła wpłata.

Cena zeszytu bieżącego i z dwóch poprzednich lat wynosi 9 zł, zeszytów z lat 2000 - 2007 - 2 zł, pozostałych - 1 zł, w miarę posiadanych zapasów.

Redakcja nie dysponuje zeszycem nr 7-9, tom 104, zawierającym płytkę CD z głosami ptaków. Proponujemy również dokonanie prenumeraty Pisma Przyrodniczego *Wszechświat*, poprzez wpłatę 36 zł rocznie.

Polskie Towarzystwo Przyrodników im. Kopernika
Redakcja Pisma Przyrodniczego *Wszechświat*
31-118 Kraków, ul. Podwale 1
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



Rada Redakcyjna
Przewodniczący: Jerzy Vetulani
Z-cy Przewodniczącego: Ryszard Tadeusiewicz, Jacek Rajchel
Sekretarz Rady: Elżbieta Pyza
Członkowie: Stefan Witold Alexandrowicz, Wincenty Kilarski, Jerzy Kreiner, Wiesław Krzeziński, Irena Nalepa, Barbara Plytycz, Marek Sanak, January Weiner, Bronisław W. Wołoszyn

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

Adres Redakcji
Redakcja Pisma Przyrodniczego *Wszechświat*
31-118 Kraków, ul. Podwale 1, tel. (12) 422 29 24
e-mail: wszechswiat@agh.edu.pl; jrajchel@geol.agh.edu.pl
www.wszechswiat.agh.edu.pl

Wydawca
Polskie Towarzystwo Przyrodników im. Kopernika, Kraków, ul. Podwale 1

Projekt i skład
Artur Brożonowicz, www.frontart.pl

Druk
Drukarnia PW Stabil sc, Kraków, ul. Nabelaka 16, tel. (12) 410 28 20

Nakład 800 egz.

Okładka: Plakat promujący „Tydzień Mózgu 2010” autorstwa Wojciecha Kolka.

Wojciech Kółek jest absolwentem Wydziału Grafiki Akademii Sztuk Pięknych w Krakowie, którą ukończył dyplomem w Pracowni Plakatu prof. Piotra Kunce w 2002 roku. Projektuje plakaty, systemy identyfikacji wizualnej firm, realizuje również animacje oraz czołówki filmowe. Uczestnik międzynarodowego projektu „Radar”, koordynowanego w ramach funduszy Komisji Europejskiej Kultura 2000 przez Międzynarodowy Uniwersytet Wenecki. Stale bierze udział w festiwalach, wystawach i konkursach plakatu w Warszawie, Krakowie, Brnie, Hangzhou, Meksyku...

Jego prace można znaleźć w galeriach w Polsce oraz za granicą. Wojciech Kółek jest od kilku lat autorem plakatów na kolejne „Tygodnie Mózgu” w Krakowie, a także plakatu na ubiegłoroczną konferencję „Rok dla ekologii i zdrowego trybu życia”, organizowanej przez Polskie Towarzystwo Przyrodników im. Kopernika.



PISMO POLSKIEGO TOWARZYSTWA PRZYRODNIKÓW IM. KOPERNIKA

WYDAWANE PRZY WSPÓŁDZIAŁE: AKADEMII GÓRNICZO-HUTNICZEJ,
MINISTERSTWA NAUKI I SZKOLNICTWA WYŻSZEGO, POLSKIEJ AKADEMII UMIEJETNOŚCI

TOM 111
ROK 128

STYCZEŃ - LUTY - MARZEC 2010

ZESZYT 1-3
2553-2555

PROGRAM KONFERENCJI „TYDZIEŃ MÓZGU 2010” W KRAKOWIE POD HASŁEM „TERAŹNIEJSZOŚĆ I PRZYSZŁOŚĆ METOD INGERENCJI MÓZGOWYCH”



14.03.2010 - prof. dr hab. Małgorzata Kossut (Instytut Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego PAN w Warszawie, Szkoła Wyższa Psychologii Społecznej):

Neuroplastyczność i neurorehabilitacja

15.03.2010 - prof. dr hab. inż. Ryszard Tadeusiewicz (Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie):

Nadejście cyborga

16.03.2010 - prof. dr hab. Jolanta Zawilska (Uniwersytet Medyczny w Łodzi, Instytut Biologii Medycznej):

Mózg na dopalaczach

17.03.2010 - doc. dr hab. Dominika Dudek (Uniwersytet Jagielloński, Collegium Medicum):

Psychoterapia a neuronauka

18.03.2010 - prof. dr hab. Jerzy Vetulani (Instytut Farmakologii PAN w Krakowie):

Czy skalpelem można leczyć duszę? Perspektywy psychiatrii z punktu widzenia biologa

19.03.2010 - dr Witold Libionka (Uniwersytet Jagielloński, Collegium Medicum):

Chirurgia umysłu – naukowa fantazja czy rzeczywistość

20.03.2010 - prof. dr hab. Leszek Kaczmarek (Instytut Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego PAN w Warszawie):

Współczesne trendy w badaniach zjawiska pamięci

„TYDZIEŃ MÓZGU 2010” W KRAKOWIE

Od 14-go do 20 marca 2010 Polskie Towarzystwo Przyrodników im. Kopernika, wraz z Zakładem Cytologii i Histologii Instytutu Zoologii Uniwersytetu Jagiellońskiego, organizuje tydzień wiedzy o mózgu. W tym roku „Tydzień Mózgu” w Krakowie odbywa się pod hasłem „**Teraźniejszość i przyszłość metod ingerencji mózgowych**”. Krakowski „Tydzień Mózgu” organizowany jest od 1998 roku, zawsze w marcu i jest częścią Światowego Tygodnia Mózgu koordynowanego przez Stowarzyszenie na Rzecz Krzewienia Wiedzy o Mózgu DANA (*DANA Alliance for the Brain*). W tym samym terminie podobne imprezy popularyzujące wiedzę o mózgu organizowane są w wielu miejscach na świecie.

W tym roku głównym tematem „Tygodnia Mózgu” będą obecnie stosowane i przyszłościowe metody poprawiające sprawność mózgu oraz naprawiające niektóre, utracone w wyniku choroby, jego funkcje. Wbrew pozorom nie chodzi tu wyłącznie o bezpośrednie, inwazyjne działania chirurgiczne, ale także psychoterapeutyczne oraz rehabilitacyjne. Od dawna wiadomo, że możliwość naprawy uszkodzonego mózgu jest dość ograniczona, ale u ludzi młodych uszkodzenia mózgu w wyniku wypadków, czy usunięcia tkanki mózgowej na skutek rozwoju nowotworu, mogą być częściowo, a czasem nawet całkowicie, naprawione. Możliwość taka istnieje dzięki temu, że mózg jest organem plastycznym, tzn., że w wyniku odpowiedniego treningu – neurorehabilitacji, funkcje uszkodzonej struktury mózgu może przejąć sąsiednia, a pomiędzy komórkami nerwowymi – neuronami tworzą się nowe połączenia – synapsy. Dzięki synapsom ten nowy ośrodek dla danej funkcji otrzymuje niezbędne informacje z innych struktur mózgu – ważne dla danej jego funkcji oraz przesyła informacje do właściwych struktur docelowych. Zjawisko polegające na zmianach funkcjonalnych i strukturalnych w mózgu w wyniku uszkodzeń, a także w wyniku uczenia się i zapamiętywania oraz odbierania informacji ze środowiska poprzez narządy zmysłów nazywa się neuroplastycznością. Neuroplastyczność jest najsilniejsza w rozwijającym się mózgu, a maleje z wiekiem, chociaż pod wpływem odpowiedniego treningu umysłowego i fizycznego utrzymuje się także u osób starszych. Do poznania zjawiska neuroplastyczności przyczyniły się m.in. badania mechanizmów uczenia się i zapamiętywania. Obecnie wiadomo, że procesy te zależą od siły połączeń pomiędzy neurona-

mi – synaps, poprzez które następuje przepływ informacji pomiędzy neuronami w mózgu. Siła tych połączeń zależy z kolei od wielu białek funkcjonujących w komórce wysyłającej informacje, odbierającej je, a także w komórkach współdziałających z neuronami, w tzw. komórkach glejowych. Komórki glejowe nie przewodzą informacji w postaci impulsów elektrycznych, ale modulują aktywność neuronów.

Podobne jak neurorehabilitacja, stymulujące działanie na mózg ma psychoterapia. Obecnie stosuje się też metody bezpośredniej stymulacji mózgu poddając mózg, poprzez kości czaszki, działaniu pola magnetycznego. Bardziej inwazyjna metoda głębokiej stymulacji mózgu polega na umieszczeniu elektrod w określonych strukturach mózgu. Elektrody te, zasilane przez baterie wszczepione pod skórę klatki piersiowej emitują niskonapięciowy prąd elektryczny, który aktywuje struktury mózgu. Metoda głębokiej stymulacji mózgu stosowana już jest w klinikach neurologicznych do znoszenia objawów zarówno chorób psychicznych jak i dystonii, chronicznego bólu czy chorób neurodegeneracyjnych. Stosuje się też, z sukcesem, pierwsze protezy komórek nerwowych, implanty ślimakowe i siatkówkowe. Są to układy elektroniczne zastępujące uszkodzone komórki nerwowe zmysłowe w narządzie słuchu i wzroku. Sukcesem zakończyły się też próby sterowania aktywnością wyizolowanych neuronów zwierząt przez układy scalone. A zatem w przyszłości można się spodziewać wytworzenia coraz bardziej skomplikowanych i zminiaturyzowanych układów elektronicznych, którymi będzie można zastępować uszkodzone zespoły komórek nerwowych.

Mając na uwadze ciekawą tematykę, która będzie poruszana w czasie tegorocznego „Tygodnia Mózgu” w Krakowie, zapraszam w imieniu organizatorów do uczestniczenia w wykładach oraz zapoznania się z artykułami przygotowanymi przez wykładowców „Tygodnia Mózgu” w bieżącym wydaniu „Wszechświata”.

Prof. dr hab. Elżbieta Pyza
Prezes Zarządu Głównego
Polskiego Towarzystwa Przyrodników
im. Kopernika

NEUROPLASTYCZNOŚĆ I NEUROREHABILITACJA

Małgorzata Kossut (Warszawa)



Zablokowanie przepływu krwi przez naczynie krwionośne mózgu powoduje, że znajdujące się w dorzeczu tego naczynia neurony przestają dostawać krew z tlenem i glukozą, od których zależy ich funkcjonowanie i życie. Już po bardzo krótkim okresie czasu zachodzą w tkance mózgowej głębokie i często nieodwracalne zmiany, prowadzące do śmierci neuronów. Rozmiar uszkodzenia mózgu zależy od tego, które naczynie, jak bardzo i na jak długo zostanie zablokowane. To opis udaru niedokrwinnego mózgu, potocznie chociaż niesłusznie nazywanego wylewem (udary krwotoczne występują rzadziej – w około 15% przypadków). Jak wiadomo, w wyniku udaru mózgu może dojść do paraliżu kończyn, utraty mowy, zaburzeń osobowości.

Uszkodzenia mózgu to poważny problem. W mózgu dorosłego człowieka neurony się nie regenerują, a nowe powstają tylko w hipokampie. Jednak często odbudowa funkcji utraconych na skutek urazu jest możliwa. Dzieje się tak, ponieważ mózg ma zdolność do zmian plastycznych, dzięki którym może przemodelować połączenia pomiędzy poszczególnymi ośrodkami.

Neuroplastyczność to podstawowa własność układu nerwowego, dzięki której możliwa jest nie tylko odbudowa funkcji ale i naprawa zaburzeń rozwojowych, a przede wszystkim uczenie się i pamięć. Definiuje się ją jako trwałą zmianę własności neuronów zachodzącą pod wpływem zmian otoczenia. Na przykład w rozwoju człowieka istnieje okres szczególnej plastyczności układu wzrokowego. Zdarza się, że dzieci rodzą się z defektami pracy mięśni poruszających gałkę oczną – efektem tego jest zez. W ciężkich przypadkach zez powoduje wyłączenie z pracy jednego oka. Dochodzi wtedy do niesymetrycznego ustawienia obrazów biegnących z obu oczu i nieporozumienia informacyjnego w korze wzrokowej. Mózg daje sobie z tym radę blokując sygnały pochodzące ze słabszego oka. Skutkiem tego funkcjonalnego wykluczenia może być zmiana struktury anatomicznej układu wzrokowego – wypustki neuronów niosących informacje z zezującego oka są wycofywane z kory mózgowej. Wtedy oko słabiej widzi, tzn. mózg gorzej odpowiada na dochodzące z niego sygnały, a może nawet stać się funkcjonalnie ślepe. To przykład niekorzystnej zmiany plastycznej. Zasłonięcie jednego oka (powszechnie znana terapia zezu) daje słabszemu oku szansę na utrzymanie swego wpływu

na korę mózgową i uniknięcie amblyopii – to z kolei przykład korzystnego sterowania neuroplastycznością. W obu sytuacjach działają podobne mechanizmy – aksony przynoszące informację wzrokową z jednego lub drugiego oka rywalizują o utworzenie synaps na neuronach kory wzrokowej. Najpierw aksony z informacją z oka mającego prawidłowe ruchy wytwarzają silniejsze i obfitsze połączenia – prawdopodobnie na skutek lepszej korelacji niesionej przez nie informacji wzrokowej z koordynacją wzrokowo-ruchową. Kiedy to oko zostanie zasłonięte, sygnały z drugiego, słabszego oka przynoszą informacje o znaczeniu behawioralnym i odbudowują utracone połączenia. Wiemy, że te zmiany związane są ze wzrostem i cofaniem się aksonów i synaptogenezą lub zanikaniem synaps.

Inny przejaw plastyczności mózgu to uczenie. Istotą uczenia się jest stworzenie nowego obwodu neuronalnego zawierającego informacje o współwystępujących bodźcach, które spowodowały uczenie. Ta zmiana plastyczna (nabieranie nowych, trwałych własności) powoduje, że neuron reaguje na bodźce, na które nie reagował wcześniej lub że jego reakcja na nie została spotęgowana. W kilku zwierzęcych modelach uczenia zidentyfikowano podłoże neuronalne tego rodzaju zmiany plastycznej.

Na przykład wieloletnie badania łuku odruchowego w odruchu warunkowym mrugania okiem, pokazały mechanizm zmiany elektrofizjologicznej zachodzącej w trakcie uczenia, zmiany powodującej wzrost odpowiedzi układu na stosowany przy uczeniu bodziec. Odruch ten polega na tym, że wrodzona reakcja mrugnienia okiem po podrażnieniu spojówki (przez np. dotknięcie lub dmuchnięcie) jest w eksperymencie sprzężona z neutralnym bodźcem czuciowym (np. dźwiękiem), który sygnalizuje moment podrażnienia oka. Po pewnym okresie powtarzania prób, w których dźwięk sygnalizuje dotknięcie spojówki, zwierzęta (i ludzie) mrugają okiem zaraz po usłyszeniu dźwięku. Udowodniono, że do wytworzenia tego odruchu niezbędny jest udział pewnego obszaru kory mózdzku. Podczas uczenia zmieniają się własności błony pobudliwej neuronów w tym obszarze. Zaanżelowanie w uczenie się powoduje, że zmieniają się kanały potasowe błony neuronów, powodując zwiększenie pobudliwości komórki. Może więc ona silniej reagować na nadchodzące sygnały.

Uczenie może zachodzić bardzo szybko, czasem nawet od pierwszego razu. Poznanie mechanizmu takich szybkich zmian w sile połączeń pomiędzy neuronami to owoc wielkiego wysiłku badaczy w ostatnich 30 latach. Zapoczątkowało je genialne odkrycie dokonane przez Tima Blissa i Terje Lomo w 1973 roku. Badacze ci wykryli i opisali długotrwałe wzmocnienie synaptyczne, które uważane jest za model zmian zachodzących w synapsach podczas uczenia. Aby powstało, trzeba prądem o wysokiej częstotliwości (tetanizacja) pobudzać akson dochodzący do synapsy, która ma ulec wzmocnieniu. W wyniku bardzo silnego pobudzenia w synapsie następują zmiany, które powodują, że na następny testowy „zwykły”, pojedynczy impuls, dochodzący tym samym aksonem, synapsa odpowie znacznie silniej niż przed tetanizacją. Taka zmieniona, silniejsza odpowiedź utrzymuje się przez długi czas – godziny, dni, tygodnie. Przez kilka pierwszych godzin, tym, co podtrzymuje zwiększoną odpowiedź, jest wbudowanie w błonę synapsy większej liczby receptorów dla najważniejszego pobudzeniowego neuroprzekaźnika mózgu – glutaminianu. W każdej synapsie proces neurotransmisji przebiega następująco – potencjał czynnościowy dociera do zakończenia aksonalnego i powoduje, że zawartość pęcherzyków synaptycznych, neuroprzekaźnik, uwalniany jest do szczeliny synaptycznej. Po jej drugiej stronie, w błonie postsynaptycznej, są zakotwiczone receptory neuroprzekaźników – sensory neurotransmisji. Przyłączenie się neuroprzekaźnika do swego specyficznego sensora powoduje reakcję postsynaptyczną. Im więcej receptorów będzie w błonie postsynaptycznej, tym większa będzie ta reakcja. I tak, kiedy w wyniku silnego pobudzenia synapsy wywołanego tetanizacją receptory dla glutaminianu, znajdujące się w neuronie postsynaptycznym w pobliżu błony synaptycznej, są mobilizowane i wstawiane do błony w procesie nazywanym eksternalizacją, możliwość pobudzenia tej synapsy rośnie. Następnie uruchamiają się inne mechanizmy, powodujące aktywację genów i syntezę nowych białek, która prowadzi do zmian struktury i liczby synaps. Kiedy na tetanizowanej drodze powstaną synapsy bardziej rozbudowane, lub kiedy będzie na niej więcej synaps, efekt zwiększonego pobudzenia może utrzymywać się bardzo długo.

Ważna część zjawisk neuroplastycznych to plastyczność naprawcza i kompensacyjna. Najbardziej znany, klasyczny przykład plastyczności kompensacyjnej, to zmiany tzw. map korowych – reprezentacji receptorów czuciowych w korze mózgowej. Tworzą one mapy topograficznie, choć z pewnym zniekształceniem, odwzorowujące położenie receptorów czu-

ciowych na powierzchni ciała. Na przykład w reprezentacji dłoni w korze mózgowej można wyodrębnić reprezentacje poszczególnych palców. Jeśli jeden palec zostanie amputowany, „należący” do niego obszar kory zostanie szybko „skolonizowany” przez informacje dochodzące z sąsiednich palców. W ten sposób zmiana funkcjonowania nerwu obwodowego zmienia właściwości neuronów kory mózgowej. Dwa procesy leżą u podstaw tych zmian. Jeden to zwiększenie roli istniejących, ale słabych połączeń. Do korowej reprezentacji palca 2. dochodzi główna projekcja z informacją o palcu 2., ale też słabsze informacje o palcach 3. i 1, zagłuszane, czyli wyhamowywane przez dominujące wejście z palca 2. Kiedy nie ma palca 2., hamowanie wejść z sąsiednich palców ustaje i nadchodząca z nich informacja może pobudzać neurony kory w reprezentacji palca 2. Drugim procesem ważnym przy plastyczności kompensacyjnej jest rozgałęzianie się (bocznikowanie, sprouting) aksonów aktywowanych przez ocalałe palce na obszar reprezentacji palca amputowanego. O ile pierwszy proces jest szybki, a jego wyniki widoczne natychmiast, drugi wymaga więcej czasu, wzrostu aksonów i synaptogenezy.

Kiedy mamy do czynienia nie z uszkodzeniem nerwów obwodowych, ale samego mózgu, plastyczność napotyka na dużo większe trudności.

Plastyczność naprawcza uszkodzonego mózgu działa w zupełnie innym otoczeniu, w interakcjach z procesami zapalnymi, obrzękiem, zachwianiem funkcji metabolicznych, procesami śmierci neuronów i degeneracją włókien. Uszkodzona tkanka nerwowa wytwarza substancje hamujące wzrost neurytów i wytwarza bliznę głągową. Pomimo tego można zaobserwować zarówno spontaniczne, jak i dodatkowo pobudzane rehabilitacją zmiany plastyczne. Badania elektrofizjologiczne i neuroobrazowanie udowodniły, że przemapowania mózgu po udarze mają bardzo szeroki zakres. Pokazano aktywację istniejących, ale słabych połączeń pomiędzy ośrodkami mózgu; hamowanie lub odhamowywanie ośrodków nieuszkodzonej półkuli mózgu i mózdzku; szereg danych wskazuje także na wzrost nowych połączeń w uszkodzonym mózgu. Możliwe warianty strategii naprawczej to przejęcie przez nieuszkodzone ośrodki sterowania zaburzoną funkcją mózgu lub wytworzenie nowego ośrodka sterowania tą funkcją w oparciu o pozostałe fragmenty starego. Może też wystąpić kompensacja behawioralna, czyli zastąpienie upośledzonej funkcji przez inną, prowadzącą do tego samego lub podobnego celu, np. zamiast odzyskiwania sprawności paretycznej prawej ręki można wszystko robić ręką lewą.

Uszkodzony mózg trudno jest naprawić, ale w wielu przypadkach można pomóc. Żeby pomagać

skutecznie, terapeuci opierają się na wiedzy o mechanizmach plastyczności mózgu. Neurorehabilitacja, czyli rehabilitacja neurologiczna obejmuje chorych z uszkodzeniami ośrodkowego układu nerwowego. Powstają one z różnych powodów – urazu, udaru, usunięciu guza w chorobie nowotworowej, chorób neurodegeneracyjnych. Niestety, zapotrzebowanie na neurorehabilitację wzrasta – w starzejącym się społeczeństwie rośnie liczba udarów mózgu i chorób neurodegeneracyjnych. Neurorehabilitacja wzmacnia naturalne procesy reorganizacji czynnościowej poprzez trening umiejętności – fizjoterapię, terapię logopedyczną, neuropsychologiczną i zajęciową. Poniżej podaję kilka przykładów zastosowania wiedzy o neuroplastyczności do neurorehabilitacji.

Terapia z wymuszonym unieruchomieniem opiera się na odkryciu, że nie bierne ruchy, ale aktywne używanie porażonej kończyny jest dobrą strategią rehabilitacyjną. W tej terapii pacjenci zmuszeni są do używania porażonej ręki poprzez unieruchomienie ręki sprawnej (zawieszenie na temblaku, zawiązanie za plecami albo noszenie grubej rękawicy kuchennej). Wykonywanie zwykłych czynności domowych niesprawną ręką uczy pacjenta radzenia sobie w domowej codzienności i prowadzi do przekształceń w obszarach czuciowych i ruchowych mózgu. Dzieje się tak na skutek działania na uszkodzony mózg co najmniej 3 czynników.

Pierwszy to powtarzane sygnały startowe do wykonania ruchu, wysyłane przez ośrodki decyzyjne mózgu. Trafiają one na uszkodzone okolice i szlaki, torując sobie drogę po ocalałych połączeniach. Drugi to skupienie uwagi, co ułatwia dotarcie do nowych, tworzących się obwodów neuronalnych sterujących ruchem, sygnałów z układów czuciowych, które dają niezbędną informację zwrotną o wykonaniu komend ruchowych. Trzecim czynnikiem jest działanie emocji i układu nagrody (wzmocnienie pozytywne poprzez zadowolenie z wykonania zadania). Te czynniki składają się na wytworzenie silnej aktywacji nowego obwodu neuronalnego – tak silnej, że doprowadzi ona do powstania długotrwałego wzmocnienia synaptycznego i spowoduje trwałą zmianę siły synaps w tym obwodzie.

Wspomniany wyżej czynnik emocyjny, którym terapeuta może sterować, działa poprzez wpływ na wydzielanie noradrenaliny i dopaminy – neuromodulatorów wspomagających powstawanie długotrwałego

wzmocnienia synaptycznego. Podejmowane są próby aktywacji tych układów, podczas zabiegów neurorehabilitacyjnych, za pomocą leków. Na przykład w zespole dr Joanny Seniów z Instytutu Psychiatrii i Neurologii pokazano, że można polepszyć przebieg terapii afazji po udarze mózgu poprzez podawanie pacjentom leku stosowanego w terapii choroby Parkinsona – L-DOPA, który podwyższa poziom dopaminy w mózgu. W innych ośrodkach prowadzone są też próby kliniczne z zastosowaniem innych substancji podnoszących poziom dopaminy, jak Ritalin (lek stosowany w ADHD) lub amfetamina.

Coraz szerzej stosowaną formą wspomagania neurorehabilitacji jest działanie na mózg przezczaszkową stymulacją magnetyczną lub stymulacją prądem stałym. Efekt tych stymulacji musi zmieniać aktywację mózgu w tym samym czasie, w którym aplikowane są standardowe zabiegi terapeutyczne; musi być ich tłem. Także w tym przypadku zewnętrzna stymulacja magnetyczna lub elektryczna ma spowodować zwiększenie pobudliwości mózgu (w tym wypadku kory mózgowej, bo tam jest odczuwany wpływ tych stymulacji), co ma prowadzić do efektów torujących, wspomagających powstanie długotrwałego wzmocnienia synaptycznego w tych obwodach neuronalnych, które są w trakcie powstawania *in statu nascendii* na skutek terapii zastosowanej przez fizykoterapeutę czy neuropsychologa.

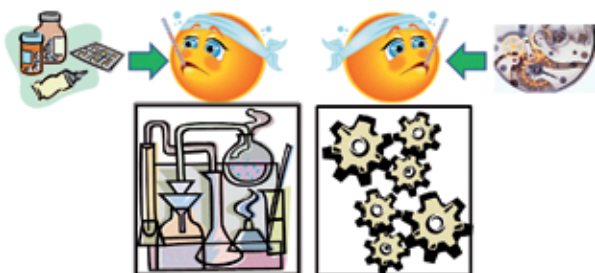
Te krótkie uwagi nie wyczerpują różnorodności sposobów wspomagania neurorehabilitacji, dają jedynie wgląd w jej aspekt szczególnie interesujący dla neurobiologa. Neurorehabilitacja polepsza jakość życia, a w wielu wypadkach przywraca do normalnego funkcjonowania pacjentów po uszkodzeniu mózgu. To, że coraz częściej opiera się na udokumentowanej wiedzy o mechanizmach neuroplastyczności, polepsza jej skuteczność, uzasadnia interwencję farmakologiczną i stanowi inspirację do wprowadzania nowych technik nieinwazyjnego oddziaływania na mózg.



NADEJŚCIE CYBORGA

Ryszard Tadeusiewicz (Kraków)

Jednym z przejawów postępu medycyny jest coraz większe nasycenie procedur medycznych różnymi zabiegami, które odbywają się przy wykorzystaniu wytworów nowoczesnej techniki, a zwłaszcza urządzeń powstających w ramach tak zwanej inżynierii biomedycznej. Wynika to, między innymi, z postępu techniki jako takiej (trudno było myśleć o tomografii komputerowej, gdy jedynymi maszynami matematycznymi były liczydła), ale także ze zmiany sposobu widzenia organizmu człowieka i toczących się w nim procesów. Pomińmy w tych rozważaniach odległe w czasie okresy rozwoju medycyny, gdy zagadnienia zdrowia i choroby uważano za następstwo procesów magicznych („rzucanie uroków”), więc leczenie także odwoływało się do czynności magicznych (okadzanie pacjenta, bicie w bębny, tańce współplemieńców, itp.). Pomińmy także przez chwilę chirurgię, która zawsze polegała i polega na stosowaniu praktyk naprawczych według prostej (w sensie koncepcji, ale oczywiście nie w sensie realizacji) zasady: „uszkodzone – wyrzucić”. Jeśli przy tych założeniach spojrzymy na rozwój medycyny nowożytnej, to obserwujemy ogromną dominację biochemii. Jest to naturalną konsekwencją faktu, że naukowe poznanie procesów biologicznych na przełomie XIX i XX wieku odbywało się głównie właśnie za sprawą odkryć w obszarze chemii. Ponieważ biolodzy potrafili opisać, co się dzieje w organizmie człowieka od strony toczących się tam procesów biochemicznych, a opis ten był medycznie użyteczny – optyka lekarzy zaczęła wyglądać tak, jak to przedstawiono na rycinie 1 po jej lewej stronie: Pacjent był postrzegany jako swoisty reaktor chemiczny, w którym toczą się określone procesy biochemiczne, prowadzące do przyswajania jednych substancji, wydalania innych, syntezy pewnych związków oraz przemiany jednych w drugie itd.



Ryc. 1. Organizm pacjenta widziany jako reaktor chemiczny lub jako zbiór złożonych mechanizmów. Opis w tekście. (Opracowanie własne, w którym wykorzystano clipart z pakietu MS Office)

Naturalną konsekwencją takiego rozumienia natury procesów życiowych było (i jest) oparcie procesów diagnostyki i terapii także na bazie chemii. Aby uzyskać podstawę do rozpoznania choroby lekarz wymaga dziś w pierwszej kolejności wykonania szeregu analiz chemicznych (na przykład składu osocza krwi, moczu, czasem także innych płynów ustrojowych i tkanek) i wiedzę o wykrytych tam substancjach i ich stężeniach wykorzystuje przy podejmowaniu decyzji. Podobnie jest z leczeniem. W dużym uproszczeniu można powiedzieć, że cała współczesna farmakologia opiera się na modelu reaktora chemicznego, do którego czasem trzeba coś „dorzucić” żeby procesy, jakie w nim się toczą przebiegały sprawniej i wydajniej.



Ryc. 2. Przykład badania mechanizmów funkcjonujących w obrębie ciała człowieka – elektroencefalografia (rycina ze strony <http://people.brandeis.edu/~sekuler/imgs/rwsEEG.jpg>)

Taki model biochemiczno-farmakologicznej medycyny trwa do dziś, ale jest już powoli wypierany przez inne modele, które teraz omówimy.

Postęp biofizyki, a także szeroko rozumianej inżynierii biomedycznej sprawił, że obok tego wyżej opisanego tradycyjnego modelu silnie opartego na chemii pojawia się coraz częściej dodatkowy (nie konkurencyjny, ale właśnie dodatkowy) model wnętrza ciała człowieka jako skomplikowanego i bardzo precyzyjnego mechanizmu (patrz ryc. 1 po prawej stronie). To widzenie człowieka jako swoistej maszyny skutkuje tym, że w procesie pozyskiwania informacji diagnostycznych coraz częściej korzystamy z urządzeń, które pozwalają śledzić i analizować określone aspekty działania tej wewnętrznej „maszyny”: Na przykład cewnikowanie umożliwia pomiar ciśnień i przepływów różnych płynów w różnych narządach, fonokardiografia pomaga badać tony i szmery pracującego serca, spirometria bada przepływ gazów w systemie oddychania, elektroencefalografia pozwala śledzić elektryczną aktywność mózgu, gastroscopia umożliwia obejrzenie wnętrza żołądka itd. – patrz ryc. 2.

Również do leczenia wykorzystuje się coraz częściej oddziaływania fizyczne, a nie tylko chemiczne (na przykład leczenie polami elektromagnetycznymi – ryc. 3), a także różne urządzenia techniczne – na przykład roboty chirurgiczne – ryc. 4).



Ryc. 3. Leczenie za pomocą oddziaływania pól elektromagnetycznych na organizm człowieka (rycina ze strony <http://www.bryza.afp.pl/foto/rehabilitacja/fizykoterapia-magnetronik.jpg>)



Ryc. 4. Roboty są coraz częściej wykorzystywane w chirurgii (rycina ze strony http://biomed.brown.edu/Courses/BI108/BI108_2008_Groups/group12/Robotic%20surgery_clip_image001_0000.jpg)

Zdarza się jednak, że choroba jest tak poważna i trudna, że ani leczenie farmakologiczne ani maszyny wspomagające terapię nie są w stanie pacjentowi pomóc. Po prostu pewne narządy zostają tak zniszczone przez chorobę, że nic nie jest w stanie ich uratować. Co więcej, do takiego bezpowrotnego zniszczenia może dochodzić także w wyniku różnego typu wypadków (na przykład drogowych), w następstwie zbrodni (okaleczenie zakładnika przez porywaczy), a także w wyniku procesów związanych z naturalnym, ale wadliwym rozwojem (na przykład dzieci rodzące się z wrodzoną wadą serca). Co wtedy?

Patrząc na ciało człowieka, jako na skomplikowaną maszynę, możemy łatwo odpowiedzieć na to pytanie: niedorozwinięty, uszkodzony lub zniszczony narząd trzeba po prostu wymienić.

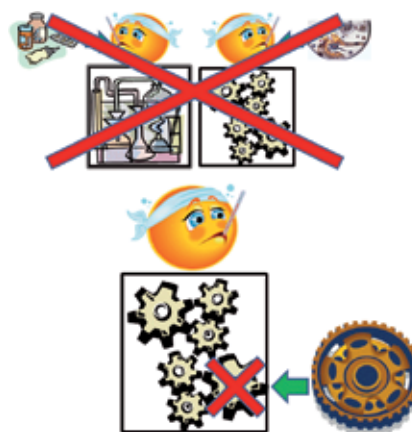
No dobrze – wymienić, ale na co?

Do niedawna jedyną możliwością była transplantacja, czyli pobranie narządu od innego człowieka.

Nie zawsze jednak łatwo jest znaleźć dawcę, zwłaszcza w odniesieniu do tych narządów, które w ciele człowieka występują jako pojedyncze – na przykład serce. Tutaj warunkiem życia człowieka, który jest biorcą narządu, jest śmierć człowieka, który jest jego dawcą. Rodzi to szereg problemów natury

prawnej i moralnej. Nie dość na tym – istnieje bariera immunologiczna, która powoduje, że nie każda operacja przeszczepienia narządu może się udać. Nie jest to tematem tego artykułu, więc problem ten tylko wzmiankujemy, ale nie rozwijamy go, chociaż przy okazji warto zasugerować Czytelnikom celowość poszukiwania i studiowania informacji także i na ten temat, który jest jednym z bardziej frapujących problemów współczesnej biologii i medycyny.

Na szczęście obok rozwiązań bazujących na transplantacji organów od innych ludzi istnieje dziś alternatywa techniczna. Wynika ona z osiągnięć wzmiankowanej wyżej inżynierii biomedycznej, które nie tylko oznaczają rozwój aparatów wspomagających diagnostykę oraz klasyczną terapię, ale również zmierzają do budowy technicznych „części zamiennych” dla człowieka. Dziedzina inżynierii biomedycznej zwana techniką sztucznych narządów rozwija się dziś niezwykle szybko. Dzięki niej problem, co zrobić z uszkodzonym lub utraconym naturalnym narządem jest łatwy do rozwiązania: Po prostu należy zastosować odpowiednią maszynę! (ryc. 5).



Ryc. 5. Sztuczne narządy mogą coraz skuteczniej zastępować narządy naturalne. (Opracowanie własne w którym wykorzystano clipart z pakietu MS Office)

Jako pierwsze sztuczne narządy pojawiły się protezy utraconych kończyn i chociaż postęp w tej dziedzinie jest także ogromny (ryc. 6) – sama zasada ich budowy nie uległa zmianie od stuleci.

Dla naprawy kończyny nie koniecznie trzeba zresztą wymieniać ją w całości – bardzo popularne są tak zwane endoprotezy, to znaczy wszczepiane do ciała człowieka sztuczne elementy zastępujące wybrane elementy szkieletu (ryc. 7) albo na przykład ścięgna.

Majstrując wewnątrz ciała człowieka możemy wymieniać poszczególne narządy na urządzenia techniczne. Zmierzamy do stworzenia sztucznej wątroby (ryc. 8), wciąż niedoścignym marzeniem jest sztuczne serce (ryc. 9), coraz śmielej poczynamy sobie z protezowaniem fragmentów systemu nerwowego.

Zwłaszcza ten ostatni wątek wart jest obszerniejszego komentarza – chociażby z tego powodu, że ten artykuł ukazuje się w kontekście „Tygodnia mózgu”. Otóż zastępowanie fragmentów systemu nerwowego przez sztuczne urządzenia protetyczne rozpoczęło się już jakiś czas temu od protezowania narządów zmysłów. Przykładem udanego i szeroko stosowanego urządzenia tego typu może być implant ślimakowy (ryc. 10), który wszczepiany jest do ucha wewnętrznego osób z całkowitą wrodzoną lub nabytą głuchotą – i przywraca im słuch w takim stopniu, że mogą się swobodnie porozumiewać z innymi ludźmi, słysząc dźwięki otoczenia, a nawet muzykę.



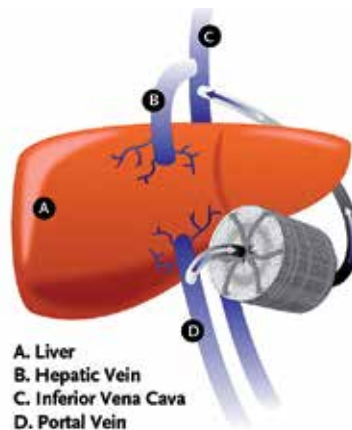
Ryc. 6. Proteza ręki – dawniej i dziś (wykorzystano obrazy ze stron http://www.myhandicap.com/uploads/pics/i-LIMB_01.jpg oraz <http://stores.chrisboonearts.com/catalog/Pirate%20Hook.jpg>)



Ryc. 7. Endoproteza stawu biodrowego – element z metalu i ceramiki zastępujący fragment naturalnego szkieletu (rycina ze strony <http://www.pzwl.pl/cms/portal2/gfx/upload/181.jpg>)

Wielki wysiłek wkładany jest na całym świecie w prace, których celem jest łączenie za pomocą urządzeń elektronicznych fragmentów systemu, które utraciły ze sobą kontakt. Problem ten ma autentycznie dramatyczny wymiar, ponieważ jest ogromna liczba ludzi (szacuje się, że w samych Stanach Zjednoczonych dotyczy to 2,8 miliona potencjalnych pacjentów), którzy są przykuci do wózka inwalidzkiego przez zranienia lub choroby, które doprowadziły do przerwania rdzenia kręgowego. U tych ludzi pojawia się problem określany jako tetraplegia albo paraplegia, co w przekładzie na język potoczny oznacza po prostu paraliż, objawiający się bezwładem jednej albo obu nóg. Problem jest o tyle dramatyczny, że w od-

różnieniu od paraliżu wywołanego innymi przyczynami (na przykład udarem mózgu) mamy tu w pełni sprawne ośrodki sterowania ruchem w samym mózgu jako takim, ale sterowanie jest nieskuteczne, bo sygnały od mózgu do odpowiedniego segmentu rdzenia po prostu nie dochodzą.



Ryc. 8. Schemat sztucznej wątroby (rycina ze strony http://www.hivan-dhepatitis.com/0_images2009/liver_artificial.gif)



Ryc. 9. Jedna z konstrukcji wciąż niedoskonałego sztucznego serca (rycina ze strony http://dsc.discovery.com/news/2006/09/06/gallery/artificial-heart_zoom.jpg)



Ryc. 10. Najbardziej znane urządzenie techniczne współpracujące wprost z nerwami – implant ślimakowy (rycina ze strony http://www.slyszymy.pl/data_images/11/uszy.jpg)

Ponieważ po drugiej stronie wzmiankowanej przerwy w rdzeniu kręgowym są także sprawne układy motoneuronów zlokalizowanych w rdzeniu kręgowym, które bezpośrednio sterują mięśniami, więc gdyby udało się te elementy połączyć, to pacjent byłby

uzdrowiony. Potrzebny jest tylko układ pośredniczący, którego przykładowe rozwiązanie pokazano na ryc. 11.



Ryc. 11. Urządzenie do przesyłania sygnałów od żywych neuronów do układów scalonych i odwrotnie jest kluczem do systemów, z pomocą których elektronika mogłaby zastępować fragmenty mózgu (rycina ze strony <http://www.abc.net.au/science/news/img/techno/neuronchip290306.jpg>)

Postęp techniki w zakresie tworzenia sztucznych narządów jest niezwykle szybki, podobnie jak postęp medycyny w zakresie ich coraz skuteczniejszego stosowania. Niezbyt odległa jest więc sytuacja, w której sztuczne narządy, jako części zamienne dla człowieka, będą równie popularne jak elementy wykorzystywane dziś przy naprawie samochodów. W tej sytuacji lekarz zamiast leczyć chory narząd będzie mógł zalecić jego wymianę – i będzie to w wielu przypadkach rozwiązanie najkorzystniejsze dla pacjenta. Ale na marginesie tych niewątpliwych sukcesów nauki i techniki pojawia się wizja, która do tej pory była obecna wyłącznie na kartach powieści fantastycznych. Chodzi o problem tak zwanego cyborga, tworu po części biologicznego, ale po części sztucznego, cybernetycznego (stąd nazwa). W literaturze fantastycznej mówi się głównie o cyborgach budowanych celowo jako hybryda maszyny i człowieka – najczęściej z przeznaczeniem do walki

(Terminator, RoboCop), albo do eksploracji Kosmosu. Tymczasem postępująca wymiana narządów może spowodować, że całkiem zwykły człowiek, trochę pechowy (wypadki) albo chorowity – może stać się w niezauważalny dla siebie sposób cyborgiem, bo coraz więcej części jego ciała będzie w istocie wytworami techniki. Pojawia się w tym kontekście także wątek pewnego niepokoju, czy ten proces powolnej transformacji człowieka w maszynę nie posunie się za daleko – i ile musi być człowieka w człowieku, żeby to jeszcze nadal był człowiek?

Takich i podobnych pytań można stawiać wiele, a postęp techniki będzie powodował, że będą one coraz bardziej aktualne i będą dotyczyły nie jakichś tam bohaterów filmowych, tylko naszych najbliższych lub nas samych. Postępu jednak zatrzymać się nie da, a jego hamowanie w dziedzinie omawianych tu sztucznych narządów będzie prowadzić do tego, że ludzi, których te techniczne części zamienne dla ludzkiego ciała mogłyby uratować, po prostu skazemy na śmierć (ryc. 12).



Ryc. 12. Przeciwnikom sztucznych narządów, którzy straszą nas wizją cyborga, warto przypomnieć jaka jest alternatywa... (Wykorzystano clipart z pakietu MS Office oraz rycina ze strony <http://media.photobucket.com/image/cyborg/silverbeam/A%20CSM%20Blog/cyborg.jpg>)

Prof. zw. dr hab. inż. Ryszard Tadeusiewicz jest kierownikiem Katedry Automatyki Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie oraz Laboratorium Biocybernetyki w tej Katedrze. Jest członkiem Polskiej Akademii Nauk (prezes Krakowskiego Oddziału PAN) oraz Polskiej Akademii Umiejętności (przewodniczący Komisji Nauk Technicznych). E-mail: rtad@agh.edu.pl

MÓZG NA DOPALACZACH

Jolanta B. Zawilska, Jakub Wojcieszak, Paulina Kuna (Łódź)



W 2008 roku otworzono pierwszy w Polsce sklep z tzw. dopalaczami. Towarzyszyło temu duże zainteresowanie nie tylko potencjalnych klientów i osób szukających nowych wrażeń, ale również mediów. Obecnie sklepy tego typu można spotkać w różnych miastach. Są reklamowane na wiele sposobów, tak, aby oferowany w nich asortyment mógł dotrzeć do jak najszerszej grupy odbiorców. Burza wywołana pojawieniem się dopalaczy spowodowała, że szybko zostały objęte regulacjami prawnymi.

Uchwalona 20 marca 2009 r. nowelizacja ustawy o przeciwdziałaniu narkomanii zaliczyła wiele z substancji zwanych dopalaczami, dotychczas dostępnych w wolnej sprzedaży, do środków odurzających grupy I-N i uznała ich posiadanie za nielegalne. Nie ulega wątpliwości, że dopalacze cieszą się, poniekąd zasłużoną, złą sławą. Większość z nas o dopalaczach słyszała bądź czytała. A jednak, czy potrafimy wymienić te najczęściej stosowane, powiedzieć jak działają i dlaczego mogą być niebezpieczne?

Termin „dopalacze” może sugerować, że są to związki o działaniu psychostymulującym, które powodując przypływ energii, pozwalają intensywnie żyć, bawić się i – otwierając wrota pamięci – uczyć się. Tak jednak działają tylko niektóre z nich. Wśród dopalaczy dominują bowiem, ku powszechnemu zdziwieniu, związki psychozomimetyczne pochodzenia roślinnego, w tym enteogeny, którym będzie poświęcona znaczna część niniejszego artykułu.



Ryc. 1. Szałwia wieszcząca (*Salvia divinorum*). Źródło: commons.wikimedia.org/wiki

Jest wiele potocznych definicji dopalaczy. Pierwotnie termin „dopalacze” używano w stosunku do różnych substancji, lub ich mieszanek, o działaniu psychoaktywnym, które nie występowały w wykazie substancji kontrolowanych przepisami o przeciwdziałaniu narkomanii. Możemy jednak przyjąć, że obecnie szeroka, bardzo zróżnicowana i stale rozrastająca się rodzina dopalaczy obejmuje trzy grupy związków: tzw. poprawiacze i wzmacniacze czynności mózgu (w języku angielskim nazywane *smart drugs* i *neuroenhancers*) – poprawiające pamięć i funkcje poznawcze, pochodne amfetaminy i związki o działaniu amfetaminopodobnym (część z nich to wzmacniacze mózgu) oraz związki halucynogenne.

Do pierwszej grupy należą m.in. znana nam dobrze kofeina – podstawowy składnik napojów energetyzujących, metylofenidat (Ritalin, Concerta) – lek stosowany w zespole nadreaktywności ruchowej z deficytem uwagi, modafinil (Provigil, Alertec) – stosowany w leczeniu narkolepsji i piracetam (Memotropil, Nootropil) – stosowany w celu poprawy metabolizmu i krążenia mózgowego, pamięci i koncentracji u osób z miażdżycą naczyń mózgowych, po urazach i udarach mózgu oraz u dzieci z zaburzeniami czytania i zachowania. Z piracetamu korzystają też, o zgrozo, licealiści bez w/w zaburzeń, częstokroć

za radą „troskliwego” rodzica. Na temat tej grupy związków ukazał się w listopadzie ubiegłego roku artykuł w Świecie Nauki w znakomitym tłumaczeniu prof. Jerzego Vetulaniego.

Większości z nas dopalacze kojarzą się tylko z amfetaminą i związkami o działaniu amfetaminopodobnym. Niewątpliwie amfetamina, która wywołuje aktywację sensomotoryczną, jest matką dopalaczy. Oprócz popularnej amfetaminy stosuje się całą gamę jej pochodnych, w tym: metamfetaminę, p-metoksyamfetaminę (PMA), p-metoksymetamfetaminę (PMMA; związek ten w połączeniu z PMA występuje w tabletkach o wdzięcznej nazwie UFO), 4-metylotioamfetaminę (4-MTA), czy 3,4-metylenodioxymetamfetaminę (MDMA, ekstaza). Działanie amfetaminopodobne wywierają syntetyczne pochodne piperazyny: benzylopiperazyna (BZP) i trifluorometylofenylopiperazyna (TFMPP). Powodów, dla których sięgamy po amfetaminę i związki amfetaminopodobne jest wiele: ucieczka przed frustracją i przygnębieniem, podniesienie poczucia wartości i pewności siebie, ułatwienie nawiązywania kontaktów z innymi, wspomaganie procesu uczenia się. Niestety wiedza amfetaminowa przychodzi tak szybko, jak szybko znika z obszarów pamięci krótkotrwałej. Znane są tragiczne przypadki chociażby maturzystów, którzy po nauce wspomaganą amfetaminą stracili przytomność na sali egzaminacyjnej i nigdy jej nie odzyskali. Uzależnienie od związków amfetaminopodobnych może też być wynikiem lekkomyślnego odchudzania się na własną rękę przy pomocy leków kupionych za pośrednictwem Internetu, a niedopuszczonych do obrotu w Polsce.

Mechanizm ośrodkowego działania w/w związków polega na nasilaniu transmisji dopaminergicznej i noradrenergicznej. Niektóre z nich zwiększają także ośrodkową transmisję serotonergiczną. Małe dawki amfetaminy hamują apetyt, wywołują wzmożone samopoczucie, zwiększoną czujność, nadmierną pewność siebie, podwyższenie progu odczuwania zmęczenia, bezsenność, przyspieszenie akcji serca, zwiększenie przemiany materii i zużycia tlenu, bóle głowy, suchość w ustach, szybki i nieregularny oddech. Po dużych dawkach przyjmowanych przez krótki okres czasu może wystąpić silne pobudzenie psychoruchowe, agresywne zachowanie, zlewne poty, bóle wieńcowe, niebezpieczny wzrost ciśnienia tętniczego krwi, a nawet udar krwotoczny mózgu. Długotrwałe przyjmowanie amfetaminy wywołuje zaburzenia myślenia o treści urojeniowej, wyniszczenie fizyczne i psychiczne, pogłębiający się deficyt snu, zaburzenia rytmu serca. W wyniku utraty łaknienia dochodzi do dramatycznego spadku masy ciała.

Powtarzające się zachowania rzekomocelowe, tzw. stereotypie (m.in. bezcelowe przemieszczanie się, żucie i lizanie warg, przymusowe sortowanie małych przedmiotów, manipulacje przy jednym małym przedmiocie, demontaż i składanie skomplikowanych przedmiotów, np. radia czy telewizora) niejednokrotnie poprzedzały pojawienie się psychozy amfetaminowej. Bardzo niebezpieczny jest nagły wzrost ciepłoty ciała (hipertermia), będący częstokroć wynikiem połączonego działania amfetaminy, jej pochodnej i zanieczyszczeń obecnych w tabletkach. Niejeden młody człowiek, który skorzystał z takiej mieszanki zginął właśnie na skutek hipertermii. Nagłe odstawienie amfetaminy przez osoby przewlekłe ją stosujące powoduje w ciągu kilkunastu godzin wystąpienie zespołu abstynencyjnego z objawami depresji, uczucia niepokoju i lęku, męczliwości i znużenia, senności a nawet snu, który trwa od kilku godzin do kilku dni. Towarzyszy temu intensywne pragnienie ponownego przyjęcia związku.

Nowa generacja dopalaczy, która zdobywa rynki zachodnie i polski, to enteogenne związki halucynogenne pochodzenia roślinnego. Enteogen to związek psychodeliczny, który stosuje się dla celów religijnych bądź uzdrawiających. Pierwotnie enteogeny były (i wciąż są) stosowane przez szamanów, ponieważ dają uczucie kontaktów z bogiem i wizje, nieodzwonne w ich „zawodzie”. „Królową” ziołowych dopalaczy bez wątpienia jest *Salvia divinorum* – roślina z rodziny Lamiaceae (jasnotowate), której z racji jej pozycji poświęcimy najwięcej uwagi. *Salvia divinorum* oryginalnie rośnie w górach Sierra Mazateca (region Oaxaca) w środkowym Meksyku i przez stulecia była stosowana przez szamanów Indian Mazatec w celu doświadczania boskich wizji, przepowiadania przyszłości (stąd nazwa *divinorum* od angielskiego *divination* – wróżenie), leczenia *panzón de barrego* (opuchlizny brzusznej wywołanej wg wierzeń kłutwą złego czarnoksiężnika), reumatyzmu, bólów głowy, biegunek. Roślina znana w Polsce jako szaflwia wieszczka ma wiele potocznych nazw, m.in. szaflwia wróżbity, boska szaflwia, czarodziejska mięta, szaflwia szamana, szaflwia meksykańska, lady SD.

Związkiem biologicznie czynnym w *Salvia divinorum* jest diterpen – salwinoryna A (wcześniej nazywana też diwinoryną A), najsilniejszy znany dotychczas naturalny halucynogen, o sile działania tylko 4-krotnie mniejszej od syntetycznego LSD (dietyloamidu kwasu lizergowego). Wypalenie porcji szaflwii zawierającej około 200-500 µg salwinoryny A powoduje silne halucynacje. Działanie to pojawia się bardzo szybko, w ciągu kilkunastu sekund i utrzymuje nawet do kilkunastu minut. Czas

halucynacji zależy od dawki salwinoryny, interakcji z innymi związkami psychoaktywnymi i predyspozycji osobniczych. Związek przyjęty doustnie poprzez żucie namoczonych liści działa słabiej, ale dłużej, do 1 godziny. Wśród związków halucynogennych salwinoryna A wyróżnia się nietypowym profilem działania farmakologicznego – jest wybiórczym i silnym agonistą receptorów κ -opiodowych, nie działa natomiast na receptory: serotoninowe 5-HT_{2A}, cholinergiczne muskarynowe i nikotynowe, kannabinoidowe, μ -opiodowe, sigma (σ). Przypuszcza się, że salwinoryna może pośrednio aktywować układ endokannabinoidowy lub wchodzić z nim w dodatnią interakcję.



Ryc. 2. Szaman Mazatec

W przeciwieństwie do Indian Mazatec, którzy powoli żuli świeże liście *Salvia divinorum* (wchłanianie substancji czynnej z błon śluzowych jamy ustnej), obecnie najczęściej stosowana metoda zażywania salwinoryny to palenie wysuszonych liści szaflwii lub liści wzmocnionych suchym ekstraktem z nich otrzymanych, bądź samych ekstraktów z liści. Aż dwie trzecie ankietowanych osób, które paliły szaflwię wieszczą przyznało, że stosowało preparaty wzmocnione, o zwiększonej od 5-ciu do 50-ciu razy zawartości salwinoryny. Ponieważ salwinoryna A rozkłada się w przewodzie pokarmowym rzadziej pije się ekstrakty z utartych liści, napary z suszonych liści, lub „herbatki ziołowe”, zmieszane dla zabicia nieprzyjemnego smaku z sokami owocowymi.

„Psychonauści” i „duchowi przewodnicy” mówią: „Masz podjąć ważną decyzję i nie wiesz co zrobić? Szaflwia wieszczka wskaże Ci drogę, pozwoli spojrzeć na problem z innej perspektywy, wyzwolić z pułapki logicznego myślenia, przebudować system wartości.

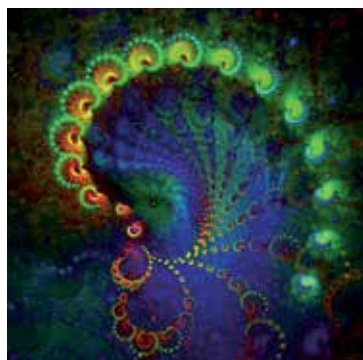
Nie masz w sobie odwagi, aby stawić czoła prawdzie, ponurej rzeczywistości? Szałwia doda Ci siłę i przeprowadzi do bezpiecznego świata”. A jak naprawdę działa salwinoryna? Przyjrzyjmy się stanom naszego ducha, umysłu i ciała pod wpływem szałwii wieszczej. Działanie salwinoryny zależy od dawki i często możemy spotkać się z sześciostopniową skalą objawów:

1. Mała dawka wywołuje łagodne zmiany zachowania – zrelaksowanie, uczucie lekkości, euforii, mistycyzmu; wzrost percepcji zmysłów. Ten etap jest często wykorzystywany do medytacji.
2. Po zwiększeniu dawki pojawiają się zaburzenia percepcji: nasilenie odbioru kolorów, kształtów, dźwięków; przestrzeń może być głębsza lub płytsza. Występuje uczucie ściskania, rozciągania lub szarpa-

koniecznie ludzkiej. Na tym poziomie wkracza się w świat szamana lub w świat rodem z matrixa.

4. Byt niematerialny – całkowita utrata poczucia rzeczywistości. Wrażenie połączenia się z bogiem, kosmosem bądź świadomością zbiorową; zawirowania czasoprzestrzeni. Poczucie wieczności, doświadczanie fuzji z innymi obiektami, przyrodą, wszechświatem. Wrażenie uaktywnienia wszystkich ośrodków energetycznych organizmu. Świat realny zlewa się ze światem z wizji szałwii wieszczej. U niektórych osób może wystąpić poczucie przerażającej pustki oraz paniczny strach, któremu towarzyszyć mogą zachowania agresywne lub chęć ucieczki.

5. Na ostatnim poziomie pojawiają się efekty amnestyczne wiążące się z utratą świadomości, niepamięcią, a osoba która osiągnęła ten poziom może



Ryc. 3. Przykłady fraktali powstałych pod wpływem szałwii wieszczej

nia. Na tym poziomie brak jest omamów, ale myślenie staje się mniej logiczne i dochodzi do zaburzeń pamięci krótkotrwałej. Pojawia się niekontrolowany śmiech; przy zamkniętych oczach występują bardzo charakterystyczne halucynacje wzrokowe: ostre, żywe kolory; fraktale, wzory geometryczne, abstrakcyjne wizje obiektów, roślin, obrazów, często dwuwymiarowe. Otwarcie oczu spłyca lub nawet znosi halucynacje. Dochodzi do synestezji – łączenia wrażeń odbieranych przez jeden ze zmysłów z doznaniem związanym z innym zmysłem, np. przekształcanie wrażeń słuchowych we wzrokowe, wzrokowych w smakowe bądź słuchowe. Ponadto, mózg na salwinorynie rejestruje wrażenia zmysłowe jako uczucia emocjonalne.

3. Poziom bardzo żywych halucynacji wzrokowych – złożone obrazy trójwymiarowe zbliżone do rzeczywistości. Czasami halucynacje słuchowe. Uczucie stanu odrealnienia, dysocjacja umysłu od ciała, utrata samoświadomości (depersonalizacja). Z zakamarków pamięci wydobywane są, na przykład, obrazy z dzieciństwa. Przy zamkniętych oczach można całkowicie zapomnieć o rzeczywistości. Wówczas często podróżuje się do innych lądów, wymiarów przestrzeni lub czasu, żyje życiem innej istoty, nie-

upaść, zastygnąć w danej pozycji. Uszkodzenia ciała tym groźniejsze, że nie towarzyszy im ból.

Wbrew opiniom utartym wśród „psychonautów”, podróż z boską szałwią niejednokrotnie daje efekty przeciwne do tych, o których czytaliśmy na blogach internetowych lub usłyszeliśmy w czasie mistycznych opowieści innych „podróżników”. Zaburzenia percepcji, wrażenie przejścia do innego wymiaru czasu i przestrzeni, przekonanie, że możemy chodzić po każdej powierzchni, że potrafimy lekceważyć prawa grawitacji, w zetknięciu z rzeczywistością dają tragiczne skutki. Napady omamów naśladują psychozy. Szałwia wieszcza może wyzwolić w nas przysłowiowego Mr. Hyde’a, a w czasie niekontrolowanych napadów agresji potrafimy zranić zarówno samego siebie, jak i innych. Dotykane osoby będącej pod wpływem salwinoryny może być odebrane przez nią jako próba ataku i wywołać agresję. Zmiana oświetlenia, dodatkowe dźwięki mogą gwałtownie zmienić „dobrą podróż” w koszmar „złej podróży”, ucieczka od którego może zakończyć się samobójstwem.

Poza działaniami halucynogennymi salwinoryna wywołuje dodatkowe objawy utrzymujące się do kilkudziesięciu minut po ustaniu wizji: zlewne poty, wzmożone odczuwanie bólu, bełkotliwą mowę, go-

nitwę myśli, stany splątania, zaburzenia koncentracji, zawroty głowy, uczucie przytłaczającej depresji, uczucie zimna lub gorąca, dreszcze, nudności, wymioty, zwolnienie lub przyspieszenie pracy serca, ciężkie zaburzenia koordynacji powodujące upadki i urazy, głównie głowy. „Filmy krótkometrażowe” rejestrowane przy pomocy telefonu komórkowego, pokazują przypadki silnych przykurczy mięśni szkieletowych, bezwiednego oddawania moczu.

Kolejny, nie mniej egzotyczny, enteogenny dopalacz to dimetylotryptamina. Przez wieki Indianie z doliny Amazonii dla celów religijnych i leczniczych stosowali zawierający N,N-dimetylotryptaminę rytualny napój *ayahuasca*, co w języku Quechua oznacza „liana duszy”. Podczas seansu leczniczego, lub spirytystycznego, *ayahuasca* pije się zawsze w obecności szamana nazywanego *curandero*, który też znajduje się pod wpływem dimetylotryptaminy. Pełni on rolę przewodnika, doświadcza i tłumaczy wizje, w których duchy dyktują w jaki sposób ma przebiegać kuracja lub co wydarzy się w przyszłości. *Curandero* czuwa nad tym, aby w czasie seansu nie zdarzyło się nic złego. Do produkcji *ayahuasca* wykorzystywano głównie rosnący w dolinie Amazonii krzew z rodziny marzanowatych *Psychotria viridis* (Chacruna). Ponieważ N,N-dimetylotryptamina jest rozkładana w jelitach i wątrobie przez enzym monoaminooksydazę A (MAO-A), wyciąg z liści *Psychotria viridis* wzbogaca się w ekstrakt uzyskany z pnącza *Banisteriopsis caapi*, który zawiera pochodne β -karboliny: harmalinę, harminę i 1,2,3,4-tetrahydroharminę. W/w pochodne β -karboliny hamują aktywność MAO-A pozwalając tym samym N,N-dimetylotryptaminie na dotarcie do mózgu w dużych ilościach. Ponadto, 1,2,3,4-tetrahydroharmina hamując wychwyt zwrotny serotoniny nasila ośrodkową transmisję serotonergiczną. Pochodne β -karboliny mają także właściwości halucynogenne i nasenne. Działanie *ayahuasca* osiąga najwyższe natężenie w ciągu godziny po wypiciu i zwykle otrzymuje się do 3-4 godzin. Obecnie terminem *ayahuasca* określa się napoje, w skład których wchodzi dimetylotryptamina i inhibitor MAO-A, bez względu na pochodzenie tych związków. Źródłem dimetylotryptaminy mogą być: *Desmanthus illoensis* (mimoza stepowa), kora korzeni *Minosa tenuiflora* (*Mimosa hostilis* – gatunku wieloletniego krzewu zimozielonego naturalnie występującego w północno-wschodniej Ameryce Południowej i w Meksyku) oraz niektóre gatunki traw: *Phalaris tuberosa*, *Phalaris arundinacea* i *Phalaris aquatica*. Związek otrzymuje się także na drodze syntezy chemicznej. Inhibitory MAO-A, pochodne β -karboliny, występują w innych roślinach, w tym

w dostępnych w Polsce (i wymienionych w ustawie z 20 marca 2009 r.): *Peganum harmala* (rucie stepowej) i *Passiflora incarnata* (męczennicy cielistej).

Po wypiciu *ayahuasca* początkowo pojawiają się nudności i wymioty. Następnie występują silne halucynacje słuchowe i wzrokowe, wrażenie przekształcania się w zwierzęta (np. węża czy jaguara), wizje bogów i rozmów z nimi, podróży w przestrzeni kosmicznej, zaburzenia odczuwania i upływu czasu. Dochodzi do zaburzeń nastroju: euforii lub agresji. Pod wpływem *ayahuasca* falują ziemia, ściany, podłoga, meble. Możemy też, co zdarza się bardzo rzadko, widzieć drapieżne pająki wielkości lwa, które powolutku, rozkoszując się wizją czekającej na nie uczy, zbliżają się do nas. Działania dimetylotryptaminy opisuje poniższe zdanie: „Załaduj



Ryc. 4. Serdecznik (*Leonotis leonurus*), Mercer Arboretum & Botanic Gardens, USA

Wszechświat do działa. Wyceluj w mózg. Strzelaj!” Dla „psychonautów” *ayahuasca* jest „lekarzem i nauczycielem duchowym. To dar natury, który w bezpieczny sposób wychodzi naprzeciw ludzkiej potrzebie doznań duchowych i zaspokajania głodu wiedzy o wszechświecie”. Niestety rzeczywistość potrafi być bardzo brutalna – opisywano niekontrolowane zachowania, zaburzenia psychiatryczne, urazy, a nawet silne zatrucia.

Kolejna roślina z rodziny dopalaczy to *Leonotis leonurus* (serdecznik). Jest to bylina z rodziny jasnotowatych o ozdobnych kwiatach w kształcie lwiego ucha i kolorze lwiego futra (stąd nazwa wywodząca się z języka greckiego, a w języku angielskim: *Lion's tail*, *Lion's ear*). Roślina oryginalnie pochodzi z południowo-wschodniej Afryki. Nazywana też jest Dziką Dagga (Dagga – marihuana), albowiem plemiona Huttentotów i Xhasu stosują ją jako substytut konopi indyjskich. Wśród „psychonautów” nazywana pieszczotliwie „marihuaniła”, ponieważ zawarta w niej leunoryna ma działanie zbliżone do kannabinoidów występujących w marihuanie. Serdecznik jest częstym składnikiem ziołowych mieszanek do palenia lub parzenia. Najczęściej wykorzystuje się suszone kwiaty lub ekstrakty z liści, rzadziej

suszone liście, których dym daje gorzki posmak. Dziś Dagga używana jest w tradycyjnej medycynie jako lek przeciwpadaczkowy, przeciwgorączkowy i przeciwzapalny, odtrutka na jad węża, amulet odstraszający węże. Pod wpływem leunoryny jesteśmy pobudzeni, mamy świetny nastrój (euforia), doświadczamy nagle i silnego przyływu empatii (inni są nam bliscy, odczuwamy ich smutki i niepokoje), łatwiej nawiązujemy kontakty i wymieniamy poglądy z nieznajomymi. W miarę upływu czasu zaczynamy odczuwać senność i podróż z leunoryną dobiega końca.

Amid kwasu lizergowego (LSA) w dużych ilościach występuje w nasionach roślin z rodziny powojowatych: *Ipomoea violacea*, *Ipomoea corymbosa*, *Rivea corymbosa* i *Argyreia nervosa*. Działanie halucynogenne, które utrzymuje się przez 4-8 godzin, występuje po zażyciu 2-5 mg LSA. Nasiona kruszy się, je w całości lub po namoczeniu pije się uzyskany wyciąg. Właściwości halucynogenne nasion *Ipomoea violacea* i *Ipomoea corymbosa* przez stulecia wykorzystywali szamani plemion indiańskich zamieszkujących Amerykę Środkową. Nadal są one stosowane w obrzędach religijnych Indian Mazatec w Meksyku. Amid kwasu lizergowego, podobnie jak jego syntetyczny kuzyn, LSD, pobudzając receptory serotoninowe typu 5-HT_{2A} powoduje, że większa ilość informacji sensorycznych dociera do kory mózgowej. Pojawiają się halucynacje, głównie wzrokowe: obrazy plastrów miodu, labiryntów, szachownic, tunele, witraży, spirali; silne światło w środkowym polu widzenia, obiekty przesuwają się z obwodu do centrum pola widzenia, zaburzenia odbioru barw (bardzo intensywne, często dominuje kolor czerwony), zaburzone postrzeganie kontrastu, uczucie widzenia przez skórę i tkanki. Występują zaburzenia odbioru wrażeń zmysłowych – synestezje.

Przedawkowanie pochodnych kwasu lizergowego może prowadzić do bardzo intensywnych omamów wzrokowych, słuchowych i dotykowych. Ponadto mogą wystąpić nudności, zwolnienie pracy serca i spadek ciśnienia tętniczego krwi, hiperglikemia, hipertermia, bezsenność, gęsia skórka, rozszerzenie źrenic, nasilenie wcześniejszych lub utajonych zaburzeń psychicznych. Dobra podróż może przekształcić się w złą, z zaburzeniami percepcji własnego ciała, poczuciem utraty kontroli nad sytuacją, przerażającymi halucynacjami, strachem przed obłędem i myślami samobójczymi.

Lista roślinnych dopalaczy jest znacznie dłuższa – meskalina, psylocybina, psylocyna, muskaryna, kwas ibotenowy, alkaloidy tropanowe, mitragynina, mitrafinina, 7-hidroksymitragynina, khat..., ale zostawmy je na następne spotkanie z *Wszechświatem*. Do tego zanieczyszczenia, przeróżne połączenia związków naturalnych, naturalnych z syntetycznymi. Częstym składnikiem zapachowych mieszanek ziołowych był halucynogeny naftalen-1-ylo(1-penty-lindol-3-ylo)metanon znany pod symbolem JWH-018, obecnie zastępowany przez JWH-073. Kreatywność twórców dopalaczy nie zna granic, hulaj dusza, piekła nie ma. Kupując produkty ziołowe w sklepie zielarskim czy aptece mamy pewność co, w jakiej ilości i o jakiej aktywności zawiera opakowanie. Produkty ziołowe dla kolekcjonerów (cóż za hipokryzja) swoim rzeczywistym składem niejednokrotnie wprawiłyby toksykologa i farmakologa w stan absolutnego zdumienia. Nie są zatem prawdą informacje, które otrzymujemy od sprzedawców, że kupując dopalacz pochodzenia naturalnego mamy gwarancję braku związków chemicznych w danej mieszance. Nigdy nie możemy mieć pewności, że kupiony przez nas dopalacz zadziała w taki sam sposób jak ten kupiony przez nas wcześniej. Możemy też się spotkać z argumentem, że jako produkty naturalne są one całkowicie bezpieczne. To także nie jest to zgodne z prawdą, ponieważ matka natura stworzyła całą gamę silnie toksycznych a nawet śmiertelnie niebezpiecznych związków.

Na stronach internetowych znajdujemy informacje na temat badań rzekomo potwierdzających brak szkodliwości danej substancji (dopalacza) i zaliczenie niektórych z nich do grupy „bezpiecznych alternatyw dla szkodliwych efektów nielegalnych i uzależniających narkotyków”. Musimy być jednak czujni, ponieważ liczba wiarygodnych badań na temat dopalaczy, w tym nowo zsyntetyzowanych związków, jest w wielu przypadkach ograniczona jedynie do stwierdzenia faktu, że nie zawierają one substancji objętych kontrolą prawną. Nie mamy zatem żadnej gwarancji bezpieczeństwa, a co gorsza możemy przypuszczać, że producenci dopalaczy testują swoje „wynalazki” właśnie na nas, potencjalnych użytkowników. Podróżujmy zatem bezpiecznie, korzystając nie z chemii ale z dziedzictwa filozofii, kultury i sztuki, a przede wszystkim zdrowego umysłu.

PSYCHOTERAPIA W ŚWIETLE NEURONAUKI

Dominika Dudek (Kraków)



Wstęp

Laureat Nagrody Nobla w dziedzinie fizjologii i medycyny, amerykański neuropsycholog i neurobiolog, Roger Sperry pisał „Pozornie niedające się pogodzić dychotomie i paradoksy, występujące dawniej w wyjaśnieniach relacji pomiędzy umysłem a materią (...) można dzisiaj pogodzić w jednym zrozumiałym i spójnym ujęciu umysłu, mózgu i człowieka w przyrodzie”. Słowa te stanowią odzwierciedlenie tęsknoty człowieka za zrozumieniem natury swoich myśli, emocji, dążeń. Dziedziną medycyny szczególnie związaną z tymi tęsknotami jest psychiatria, której od wieków towarzyszyło pytanie o istotę szaleństwa; o to czy stanowi ono chorobę mózgu, umysłu, czy może duszy.

Burzliwy rozwój nauki o fizjologii i patologii mózgu w drugiej połowie XIX wieku oraz narodziny psychologii jako samodzielnej gałęzi nauki, pozwoliły na przyjęcie w tym okresie w miarę nowoczesnego spojrzenia na klinikę i etiologię zaburzeń psychicznych. Powstała wówczas „szkoła somatyczna”, która uważała, że choroby psychiczne są wynikiem patologii mózgu. Przeciwnie poglądy reprezentowała „szkoła psychologiczna”, uznająca czynniki psychospołeczne za przyczynę zaburzeń psychicznych. Te dwa kierunki przez długi czas rozwijały się niezależnie od siebie, niekiedy wręcz pozostając do siebie w opozycji. Jeszcze nie tak dawno w podręcznikach psychiatrii wyodrębniano zaburzenia „psychogenne”, które należy leczyć psychoterapią, w przeciwieństwie do „dużych”, „endogennych” psychoz, gdzie rację bytu mają tylko metody biologiczne (jak farmakoterapia czy elektrowstrząsy). Zdania domagające się integracji podejść uchodziły w tym okresie śmiało i niemal rewolucyjne. Warto pamiętać, że w Krakowie, takie, na owe czasy, bardzo nowatorskie poglądy, wypowiadał w 1905 roku prof. Jan Piltz, kierownik Katedry Psychiatrii i Neuropatologii Uniwersytetu Jagiellońskiego: „Dusza, objawy psychiczne, czynność mózgu i czynność nerwowa – są to synonimy. Nie ma objawów psychicznych bez czynności nerwowej, to samo widzimy w dziedzinie patologii”.

Ostatnie lata przyniosły ze sobą gwałtowny rozwój nauk podstawowych, a przede wszystkim biologii molekularnej, genetyki, neuroendokrynologii. Postępy badań w tych dziedzinach implikują odchodzenie od

dualizmu biologiczno-psychologicznego i przyjęcie, że obie te sfery są ściśle ze sobą powiązane. Stało się jasne, że zarówno patologia mózgu wpływa na emocje i zachowanie, jak i oddziaływanie na psychikę może do pewnego stopnia wywoływać efekt w układzie nerwowym. Rozróżnienie pomiędzy schorzeniami „biologicznymi” a „psychologicznymi” traci więc w psychiatrii na znaczeniu. Implikuje to coraz szerzej propagowane kompleksowe podejście do leczenia zaburzeń psychicznych, złączeniem farmakoterapii i psychoterapii.

Psychoterapia

Istnieją bardzo różne definicje psychoterapii. W ujęciu medycznym jest to metoda leczenia za pomocą metod psychologicznych, wpływająca na stan i funkcjonowanie człowieka w sferze czynności psychicznych i somatycznych. Terapeuta wywiera oddziaływanie na pacjenta w sposób świadomy, planowy i systematyczny w celu uruchomienia procesu zmian, poprawy stanu psychofizycznego pacjenta i jego funkcjonowania społecznego. Odbywa się to w ramach określonej relacji terapeutycznej, środkami oddziaływania są wzajemne zachowania oraz słowne i niewerbalne komunikaty. Psychoterapia może być podstawową metodą leczenia, np. w nerwicach, zaburzeniach zachowania u dzieci i młodzieży, zaburzeniach osobowości lub pełnić rolę pomocniczą np. w psychozach, zaburzeniach afektywnych, uzależnieniach, zaburzeniach psychosomatycznych, chorobach somatycznych, którym towarzyszą zaburzenia emocjonalne (np. w nowotworach).

Psychoterapię można podzielić ze względu na czas jej trwania na długoterminową (trwającą nawet kilka lat) i krótkoterminową (obejmującą kilkanaście sesji). Może być ona prowadzona jako terapia indywidualna (indywidualne sesje pacjenta z terapeutą), grupowa (sesje w grupie terapeutycznej kilkunastu osób), małżeńska, rodzinna. Istnieje cały szereg szkół i metod prowadzenia psychoterapii. Wśród najważniejszych z nich należy wymienić terapię psychodynamiczną, wywodzącą się z psychoanalizy, terapię behawioralną, poznawczą, interpersonalną, egzystencjalną, systemową. Różnią się one podstawą teoretyczną, techniką i sposobem osiągania zmiany i uświadomienia sobie przez pacjenta własnych

emocji, myśli i zachowań. Wbrew oczekiwaniom, że jedne metody psychoterapii okażą się lepsze od innych, wyniki współczesnych badań wskazują na podobne efekty różnych szkół terapeutycznych.

Za ojca psychoterapii uchodzi żyjący w latach 1856–1939 i praktykujący w Wiedniu neurolog i psychiatra Zygmunt Freud. W swojej pracy lekarskiej dość szybko zniechęcił się do panującego w medycynie akademickiej ścisłego podziału na mózg i umysł. W latach 1885 – 1886 Freud odbył kilkumiesięczną praktykę w szpitalu Salpetriere u Jeana Martina Charcota (1825-1893). Charcot był wybitnym ekspertem w dziedzinie neurologii i psychiatrii. Specjalizował się w leczeniu tzw. hysterii, której objawy przypominają poważne zaburzenia neurologiczne (np. epileptoidalne drgawki, paraliż, ruchy mimowolne), jednak nie można stwierdzić podłoża organicznego. Freud pod wpływem praktyki w Salpetriere był zafascynowany możliwością wywołania oraz cofnięcia symptomów histerycznych za pomocą hipnozy. Wierzył, że ukryte procesy psychiczne wywierają silne działanie na świadomość, a objawy „hysterii” nie są wynikiem symulacji czy wmawiania sobie choroby, lecz dziełem subtelnych struktur neurologicznych w mózgu. Dalsze lata pracy Zygmunta Freuda zaowocowały rozwojem nowej metody leczenia zaburzeń emocjonalnych i funkcjonalnych – psychoanalizy.

Klasyczna psychoanaliza zmieniła się na przestrzeni lat, przybierając formę koncepcji psychodynamicznych. Mimo znacznej ewolucji teorii psychoanalitycznej, główne założenia przyjęte przez Freuda oparły się próbie czasu i pozostają nadal aktualne. Bezsporny okazał się pogląd, że trwałe aspekty osobowości zaczynają się krystalizować w dzieciństwie, że doświadczenia z okresu dzieciństwa są istotne dla rozwoju osobowości i kształtowania dalszych relacji interpersonalnych oraz że psychiczne reprezentacje własnej osoby, innych ludzi i relacji sterują interakcjami jednostki i mają wpływ na szereg zjawisk psychopatologicznych. Zachowanie człowieka wynika ze współdziałania świadomych i nieświadomych fenomenów psychiki. To, co świadome stanowi tylko niewielką część życia psychicznego, które jest w dużej mierze nieświadome. Treści przedostają się w formie szczątkowej (np. sny, czynności pomyłkowe, symptomy).

W swojej teorii Freud podzielił cały aparat psychiczny na trzy struktury: id, ego i superego. **Id** stanowi rezerwuuar energii psychicznej zawartej w popędach, z których najważniejszymi są popęd seksualny i popęd destrukcyjny, niszczycielski (agresja). Popędy wymagają natychmiastowej gratyfikacji, nie

liczą się z realnością i konsekwencjami. **Id** obejmuje część nieświadomą psychiki. **Ego** jest centralną częścią psychiki, łącznikiem ze światem zewnętrznym. Odpowiada za adaptację społeczną, tolerancję frustracji, panowanie nad lękiem, zdolność do satysfakcjonujących kontaktów międzyludzkich. Działa w oparciu zarówno o procesy świadome, jak i nieświadome. Kontroluje popędy id, uwzględniając wymagania świata zewnętrznego. Rozwój **superego** związany jest z wchłonięciem norm reprezentowanych przez znaczące osoby dorosłe (rodziców). Jest ono w znacznej mierze nieświadome i zawiera karzące sumienie i nagradzające poczuciem dumy z samego siebie ja idealne.

Freud marzył, aby podstawą psychologii i psychoterapii była znajomość układu nerwowego. W „Projekcie naukowej psychiatrii” pisał: „To, czego doświadczaamy jako świadome i nieświadome przetwarzanie informacji, ma odzwierciedlenie w architekturze neuronalnej mózgu i układu nerwowego. „Kuracja mówieniem” może przekształcić połączenia nerwowe i zmienić charakter doświadczeń psychicznych”. Były to radykalne poglądy, odrzucane przez współczesnych Freuda. W tym okresie konserwatywne środowisko medyczne nie było skłonne wiązać funkcji z psychiki z mózgiem i układem nerwowym.

Psychika i płaty czołowe

W 1848 roku Phineas Gage – robotnik pracujący przy budowie kolei w pobliżu miasteczka Cavendish w stanie Vermont w USA, doznał w wyniku wypadku poważnego uszkodzenia mózgu. Pręt o długości 1 m, średnicy ponad 3 cm i wadze 6 kg uderzył go w twarz pod lewą kością policzkową, przebił mózg uszkodzając znaczną część płatów czołowych, po czym przebił górną pokrywę czaszki. Phineas przeżył, po kilku minutach od wypadku odzyskał świadomość i był w stanie mówić. Po stosunkowo krótkiej rekonwalescencji powrócił do pracy. Według wielu relacji, wydarzenie to zmieniło znacząco cechy osobowości i temperament Gage’a. Przed wypadkiem miał opinię człowieka pracowitego i zrównoważonego. Po wypadku stał się porywczy, wulgarny, niezdolny do dążenia do celu.

Przypadek Gage’a jest cytowany jako jeden z pierwszych udokumentowanych dowodów na to, że uszkodzenie płatów czołowych może wpływać na osobowość i interakcje społeczne jednostki. Wcześniej uważano powszechnie, że ta część mózgu nie odgrywa szczególnej funkcji w tworzeniu osobowości człowieka.

Uszkodzenie płatów czołowych może mieć różne przyczyny (np. urazy, guzy mózgu itp.). Przykładem

zmian osobowości związanych z procesem chorobowym jest choroba Picka. Schorzenie należy do grupy otępień pierwotnie zwyrodnieniowych okresu przedstarczego i charakteryzuje się zanikami okolic skroniowych i czołowych kory mózgowej. U chorego następują zaburzenia uczuciowości wyższej; do tej pory wrażliwy człowiek, respektujący normy społeczne, zaczyna kraść, jest niezdyscyplinowany, bezwstydy w słowach i czynach, zatracą poczucie dystansu i taktu, staje się leniwy, beczelny, grubiański, żarłoczny i wyuzdany. Z czasem zanika napęd psychoruchowy. Pacjent zaniedbuje się, staje się ociężały, zaczynają dominować cechy zespołu otępiennego. Choroba jest nieuleczalna i prowadzi do śmierci.

Stwierdzono wyraźne różnicowanie funkcjonalne pomiędzy poszczególnymi obszarami tworzącymi strukturę okolic czołowych mózgu. Kora przedczołowa grzbietowo-boczna odpowiada za integrację informacji ze zmysłów, ciała i pamięci, rozwiązywanie problemów, pamięć operacyjną, kierowanie uwagą, radzenie sobie z nowymi sytuacjami, organizację zachowania w aspekcie informacji werbalnych. Obszar ten dojrzewa najwolniej (w wieku kilkunastu lat). W wyniku jego uszkodzenia obserwuje się persewacje, zaburzenia organizacji zachowania względem wymogów otoczenia i sytuacji, osłabienie decyzyjności. Kora przedczołowa grzbietowo-boczna uchodzi za neurologiczny obszar działania psychoterapii werbalnej. Kora przedczołowa oczodołowa oraz jej połączenia z zakrętem przednim i ciałami migdałowatymi oraz układem autonomicznym są obszarem odpowiedzialnym za regulację afektu przez kary i nagrody, warunkowanie lęku, tworzenie więzi i przywiązania, uwagę, zachowania macierzyńskie, uczenie się w wyniku nagradzania, unikanie ryzyka. Uszkodzenie tego obszaru wywołuje impulsywność, niedostosowanie społeczne, brak zahamowań, niezwracanie uwagi na reguły i konsekwencje zachowań. Okolica zakrętu obręczy, mająca połączenia z jądrem półleżącym związana jest z motywacją, uwagą, działaniem w celu otrzymania nagrody, gratyfikacji, przyjemności. Ułatwia integrację emocjonalno-kognitywną przez generowanie stanu emocjonalnego stosownego do treści poznawczej. Przy uszkodzeniu tego obszaru pojawia się apatia, spadek reaktywności na bodźce zewnętrzne, a w skrajnych przypadkach mutyzm akinetyczny.

Poszukiwanie regionów anatomicznych odpowiadających freudowskiemu strukturalizmowi psychiki jest na pewno znacznym uproszczeniem. Jednakże aż prosi się, aby powiązać korę przedczołową grzbietowo-boczną z funkcjami ego, obszar przedczołowy oczodołowy z kontrolującym superego, zaś zakręt

obróczy z koncepcją dążącego do przyjemności i zaspokojenia impulsów id.

Pamięć i nieświadomość

Zgodnie z założeniami Freuda w życiu psychicznym dominują procesy nieświadome, a proces terapii psychoanalitycznej skłania do poszerzenia obszarów świadomości. Powstaje pytanie, czy za pomocą odkryć współczesnej neurobiologii i neuropsychologii możemy potwierdzić istnienie nieświadomości – kluczowego konstruktów z punktu widzenia psychoterapeutów.

Zgodnie z dawnym założeniem myśli, motywy, emocje mogą wpływać na działanie, jeśli zostaną spostrzeżone, zarejestrowane, świadomie przetworzone, przesłane do pamięci długotrwałej, a następnie wydobyte i przekazane do świadomości. Jednakże liczne dowody przeczą takiemu, pozornie zgodnemu z codziennym doświadczeniem i intuicją, stwierdzeniu. Przełomowe znaczenie miały tutaj badania Brendy Milner i jej wnikliwy opis przypadku pacjenta HM. Chory ten cierpiał na ciężką padaczkę, oporną na wszelkie próby leczenia farmakologicznego. W 1957 r., mając 27 lat, przeszedł radykalną operację usunięcia ognisk padaczkowych z płatów skroniowych. Podczas operacji usunięto obustronnie korę płatów skroniowych, ciała migdałowate oraz 2/3 hipokampa. Po zabiegu napady padaczkowe ustąpiły, jednak pacjent całkowicie stracił funkcje pamięci. Stwierdzano częściową niepamięć wsteczną i całkowitą amnezję następczą. HM nie był w stanie niczego nowego zapamiętać, ani nauczyć się. Nie był w stanie na przykład przypomnieć sobie osoby, którą poznał poprzedniego dnia ani też żadnych bieżących faktów i wydarzeń. Okazało się jednak, że jest zdolny do wytwarzania nieświadomych asocjacji i do emocjonalnego wiązania bodźców z emocjami, bez świadomości tych bodźców. Na przykład odwiedzał chorą matkę w szpitalu. Następnie nie pamiętał tego faktu, a jednak miał niejasne, nieprzyjemne uczucie, że coś złego dzieje się z jego matką. Badająca go przez dłuższy czas neuropsycholog Brenda Milner musiała za każdym razem od nowa mu się przedstawiać, gdyż nie był zdolny do zapamiętania poznanej osoby. Pewnego dnia, podając rękę na przywitanie, Milner ukłuła go igłą ukrytą w dłoni. Następnego dnia pacjent oczywiście nie pamiętał ani pani psycholog, ani wydarzenia, a jednak odruchowo cofnął rękę, kiedy Milner chciała się z nim przywitać. Nie umiał przy tym w racjonalny sposób wytłumaczyć swojego zachowania.

Wnikliwy opis tego przypadku, jak i szeregu eksperymentów psychologicznych pozwolił na

wyodrębnienie dwóch różnych systemów pamięciowych: pamięci jawnej i pamięci utajonej. Pamięć jawna rozwija się później, dojrzewa wraz z hipokampem i strukturami korowymi. Na pamięć utajoną – rozwijającą się wcześniej i sprawną już od urodzenia – składa się pamięć proceduralna (jak się to robi?) oraz pamięć asocjacyjna (tworzenie skojarzeń, które kierują procesami psychicznymi i zachowaniami poza świadomością). Ludzie mogą kojarzyć pewne aspekty sytuacji czy osób znaczących z przyjemnymi lub nieprzyjemnymi uczuciami nie zdając sobie z tego sprawy, a zatem mogą w sposób całkowicie nieświadomy reagować na sygnały, unikać lub dążyć do sytuacji lub ludzi pasujących do prototypu wcześniejszych doświadczeń, nie mając świadomości wspomnień które pozostawiły takie a nie inne ślady emocjonalne.

Model poznawczy i negatywne doświadczenia

W ostatnich dekadach coraz większą popularność zyskuje psychoterapia poznawczo-behawioralna, oparta o model kognitywny zaproponowany w głównej mierze przez Aarona Becka. Model kognitywny odwołuje się do podstawowych założeń psychologii poznawczej, to jest do spojrzenia na człowieka jako na samodzielny podmiot, przyjmujący postawę badawczą wobec otaczającego świata. Sposób funkcjonowania, stawiane sobie cele, podejmowane działania, relacje z innymi ludźmi uwarunkowane są poznaniem, wyjaśnianiem i sposobem interpretacji zdarzeń w otaczającym świecie, a także poznaniem i oceną samego siebie, swoich umiejętności i możliwości.

Model poznawczy zakłada, iż u każdego człowieka doświadczenia życiowe, nabywane od wczesnego dzieciństwa, powodują powstawanie pewnych założeń czy schematów dotyczących własnej osoby i otaczającego świata. Ukształtowane wzorce poznawcze charakteryzują się względną stabilnością i stanowią podstawę do selekcjonowania i kodowanie nowych informacji. Negatywne wczesne doświadczenia powodują, że schematy te stają się sztywne, ekstremalne, nierealistyczne, mało podatne na wpływ codziennego doświadczenia, a przez to dysfunkcyjne (np. „muszę być we wszystkim doskonały”, „ludziom nie można wierzyć”, „mogę być szczęśliwy tylko, jeśli wszyscy mnie lubią”). Przekonania te pozostają w stanie latencji, jednak mogą ulec uaktywnieniu pod wpływem wydarzeń krytycznych. Taka sytuacja krytyczna uruchamia napływ myśli automatycznych. Są one nawykowe, mimowolne, pojawiają się w odpowiedzi na cały

szereg bodźców, nawet pozytywnych (np. myśl „muszę budzić litość” w odpowiedzi na życzliwy uśmiech). Pozostają one w sprzężeniu zwrotnym z objawami psychopatologicznymi, tworząc błędne koło pomiędzy pogłębiającym się złym samopoczuciem, a nasilaniem zaburzonego myślenia.

Podatność genetyczna a wydarzenia traumatyczne

Jak widać, dla późniejszej psychopatologii kluczowe pozostają doświadczenia nabyte od okresu dzieciństwa i aktywowane pod wpływem traumy. Powstaje pytanie, dlaczego negatywne wydarzenia prowadzą do zaburzeń psychicznych tylko u części osób?

W etiologii różnych zaburzeń psychicznych udokumentowaną rolę odgrywają czynniki genetyczne. Teoretycznie ich działanie może odbywać się na drodze różnych mechanizmów. Po pierwsze, gen może podlegać mutacji, co powoduje zmianę funkcji kodowanego białka. Po drugie, mutacja może powstać w rejonie regulacyjnym genu, tak, że struktura kodowanego białka jest prawidłowa, natomiast zaburzona jest jego ekspresja. U osób z zaburzeniami psychicznymi, a zwłaszcza z depresją, prawdopodobnie zaburzeniu ulegają geny wpływające na plastyczność neuronu i jego zdolności adaptacyjne. Tego typu defekt nie musi ujawniać się od razu, lecz dopiero w połączeniu z zewnętrznymi czynnikami podatności, a więc szeroko pojętym stresem. To współdziałanie czynników genetycznych i stresu wywoływałoby duże spectrum nasilenia zaburzeń psychicznych w zależności od siły niekorzystnego czynnika zewnętrznego oraz zdolności innych systemów regulacyjnych do skompensowania genetycznie uszkodzonych mechanizmów. Taka teoria wyjaśnia, dlaczego większość ludzi potrafi przystosować się do trudnych czy wręcz traumatycznych sytuacji, natomiast część osób wykazuje zaburzenia reakcji adaptacyjnych w postaci rozwoju objawów depresji.

Na fakt, że powstawanie depresji pod wpływem niekorzystnych wydarzeń życiowych jest modyfikowane podatnością genetyczną, wskazują wyniki badań Caspiego i in. Autorzy ci przeprowadzili 30-letnią, prospektywną obserwację 847 osób, odnotowując pojawianie się objawów depresji w odpowiedzi na wydarzenia stresowe. Stwierdzili oni, że z wrażliwością na wydarzenia życiowe wiąże się występowanie polimorfizmu w obrębie genu transportera serotoniny (5-HT). W wypadku stresujących wydarzeń u osób z jedną lub dwoma kopiami długiego allelu genu transportera 5-HT (1/1 lub 1/s) występuje mniej objawów zaburzeń depresyjnych i mniej myśli samobójczych niż u osób

homozygotycznych pod względem krótkiego allelu (s/s) tego genu. Zaobserwowano ponadto, że osoby z genotypem s/s lub s/l w porównaniu do osób z genotypem l/l prezentują znacznie większy wzrost aktywności ciała migdałowatego w odpowiedzi na czynniki stymulujące lęk. Allel s/s związany jest z bardziej negatywnym przetwarzaniem informacji w odpowiedzi na bodźce. Potwierdza to koncepcję, że predyspozycja genetyczna ma wpływ na tworzenie negatywnych schematów poznawczych.

Manifest Kandela

Kolejny milowy krok na drodze poznania związków neurobiologii z procesami psychicznymi zawdzięczamy Ericowi Kandelowi – laureatowi Nagrody Nobla w 2000 roku w dziedzinie fizjologii i medycyny. Swoje podstawowe badania wykonywał na prostym modelu – neuronach ślimaka morskiego *Aplysia*. Posiada on zaledwie kilkanaście tysięcy komórek nerwowych (kilka milionów razy mniej niż człowiek), znacznie większych niż neurony ssaków. Badania pozwoliły m. in. na stwierdzenie zwiększenia liczby synaps podczas procesu uczenia. Kandel zwrócił też uwagę na rolę wzmocnienia presynaptycznego w tym procesie. Zjawisko zwiększenia efektywności transmisji sygnałów pomiędzy neuronami, nazwane długotrwałym wzmocnieniem synaptycznym, o podstawowym znaczeniu dla procesów uczenia się i zapamiętywania, wykrył w 1966 roku Terje Lomo. Polega ono na długotrwałe utrzymującym się nasileniu potencjału wytwarzanego przez neuron po uprzednim drażnieniu go bodźcem o dużej częstotliwości i wzmocnieniu przewodzenia synaptycznego. W efekcie drażnienia neurony „zapamiętują” sygnał i reagują trwale wzmoczoną odpowiedzią. Zjawisko takie występuje u ssaków i człowieka w wielu grupach neuronów, m.in. w strukturze hipokampa, który jest związany z mechanizmem pamięci i jest przykładem zmian plastycznych w neuronach.

Kandel uważał, że gdy psychoterapia powoduje złagodzenie objawów lub zmianę doświadczeń, mózg zmienia się w tym samym kierunku. Zmiany anatomiczne w mózgu rozwijają się przez całe życie i „pasują” do rozwoju umiejętności i charakteru. W 1998 r. opublikował w *American Journal of Psychiatry* założenia – znane jako „Manifest Kandela” – na których, według niego, opiera się współczesna psychiatria:

- wszystkie czynności umysłu stanowią odzwierciedlenie czynności mózgu;
- czynniki genetyczne mają znaczenie w determinacji czynności umysłu i zaburzeniach psychicznych;
- czynniki zewnętrzne poprzez wpływ na procesy

uczenia się mogą modyfikować ekspresję genów;

- zmiany w ekspresji genów pod wpływem uczenia się powodują modyfikację połączeń synaptycznych. Ma to związek z kształtowaniem się osobowości oraz powstawaniem zaburzeń psychicznych.

Neuroplastyczność i stres

Przez długi czas uważano, że komórki nerwowe nie podlegają regeneracji, a raz utrwalone sieci połączeń nie ulegają zmianie. Jednakże odkrycie licznych przykładów neurogenezy i zmian struktury nerwowej dorosłego mózgu pozwoliło na obalenie takiego poglądu. Zdolność neuronów do regeneracji i tworzenia nowych sieci połączeń z innymi neuronami nosi nazwę neuroplastyczności (plastyczności mózgu). To właśnie proces uczenia się, rozumiany również jako zdolność przystosowywania do zmieniających się warunków, powoduje tworzenie nowych połączeń synaptycznych pomiędzy neuronami, a także obumieranie tych „nieużywanych”, w wyniku czego mapa połączeń neuronalnych mózgu podlega nieustającym zmianom. Zaburzenia neuroplastyczności mogą wiązać się z wystąpieniem objawów psychopatologicznych. I tak na przykład, zgodnie z tą hipotezą, depresja powstaje w wyniku zaburzeń neuroplastyczności różnorodnych obszarów mózgu, związanych z kontrolą nastroju, emocji, lęku i pamięci, a więc hipokampa lewego i prawego wraz z okolicami okołohipokampalnymi, ciało migdałowate, kory przedczołowej oraz rejonu zakrętu podkolanowego. Potencjalne mechanizmy redukcji objętości wyżej wymienionych struktur mózgu w przebiegu depresji obejmują utratę neuronów w wyniku nasilonej apoptozy, zmniejszenie neurogenezy oraz utratę komórek glejowych.

Wszystkie powyższe mechanizmy są modulowane przez reakcję stresową. Szczególnie interesujące są dane na temat stresu wczesnodziecięcego. Liczne badania eksperymentalne dowodzą, że wczesna separacja zwierząt doświadczalnych (małpy, szczury) od matki powoduje trwałe zmiany w mózgu, nasiloną i przedłużoną odpowiedź na stres w dorosłym życiu oraz długoterminowe zmiany zachowania. Również u człowieka nie budzi wątpliwości związek zachowania matki wobec niemowlęcia ze zdolnością do radzenia sobie ze stresem w dalszym życiu dziecka. Tzw. relacja bezpiecznego przywiązania wpływa korzystnie na postnatalne dojrzewanie układu limbicznego, który przetwarza i reguluje bodźce społeczno-emocjonalne oraz układu autonomicznego, odpowiedzialnego za somatyczne aspekty emocji. A zatem związek szeroko rozumianego stresu

z plastycznością mózgu scala dotychczasowe koncepcje etiopatogenetyczne zaburzeń psychicznych i integruje podejścia psychospołeczne i biologiczne.

O ile ciężki stres, zwłaszcza powtarzający się, chroniczny i powstający w sytuacjach społecznych (np. znęcanie się czy zaniedbywanie dziecka) jest „toksyczny” dla dojrzewającego mózgu i procesów neuroplastyczności, o tyle łagodny, kontrolowany stres pobudza plastyczność ośrodkowego układu nerwowego, usprawnia uczenie się nowego materiału. Warunkuje to skuteczność psychoterapii, w trakcie której terapeuta stosuje wobec pacjenta kontrolowaną ekspozycję na stres i frustrację.

Neuroplastyczność a wzbogacone środowisko

Nie tylko stres wpływa na procesy neuroplastyczności. Okazuje się, że różnorodne i stymulujące środowisko we wczesnym okresie życia wywiera długotrwały efekt na architekturę nerwową i neurochemię. Badania eksperymentalne pokazały, że wzbogacone środowisko powoduje zwiększenie następujących parametrów w mózgu: ciężar i grubość kory mózgowej, ciężar i wielkość hipokampa, długość dendrytów, powstawanie synaps między neuronami, aktywność komórek glejowych, poziom neuroprzekaźników, aktywność naczyniową, poziom metabolizmu, stopień ekspresji genów, poziom czynnika wzrostu neuronów w hipokampie i korze wzrokowej. Co więcej, trening i oddziaływanie wzbogaconego środowiska u szczurów może łagodzić skutki wczesnych uszkodzeń ośrodkowego układu nerwowego. U człowieka stwierdzono korelację pomiędzy poziomem wykształcenia, zaangażowaniem w pracę umysłową, a liczbą neuronów i ich połączeń. Osoby zachowujące wysoką aktywność umysłową zachowują również wysoką sprawność intelektualną w wieku starszym.

Warunki psychoterapii mogą być traktowane w pewnym sensie jako stymulujące środowisko. Psychoterapia, wymagając niekiedy znacznego wysiłku umysłowego, pobudza rozwój zdolności poznawczych, emocjonalnych i behawioralnych. Wraz ze zmianami doświadczeń i objawów pod wpływem psychoterapii następuje zwiększenie liczby neuronów i usprawnienie połączeń między nimi.

Neurobiologiczne efekty psychoterapii

Od lat 1990. zaczęły pojawiać się publikacje opisujące wyniki badań neuroobrazowych mózgu u osób z różnymi zaburzeniami psychicznymi (depresja, zespół natręctw, lęk napadowy, fobia społeczna, arachnofobia, zaburzenia stresowe pourazowe, ciężkie zaburzenia osobowości), które były leczone za pomocą psychoterapii. Pod wpływem psychoterapii u pacjentów stwierdzono zmiany metabolizmu i przepływu krwi w różnych regionach mózgu, związanych z obrazem psychopatologicznym schorzenia. Główne aspekty działania psychoterapii (np. wpływ terapii na funkcje wykonawcze i pamięć operacyjną, na samoocenę, na sposób regulacji stanów afektywnych, na koordynację relacji społecznych) wywierają jak najbardziej biologiczny efekt w odpowiednich strukturach ośrodkowego układu nerwowego.

Warto w tym miejscu zamiast podsumowania przytoczyć słowa Nancy Andreasen – wybitnej amerykańskiej psychiatry: „Psychoterapia, niekiedy poniżana, jako „pustosłowie”, jest na swój sposób tak samo „biologiczna” jak stosowanie leków”.

Doc. dr hab. Dominika Dudek, Katedra Psychiatrii Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, Centrum Kopernika Badań Interdyscyplinarnych.



CZY SKALPELEM MOŻNA LECZYĆ DUSZĘ? CZYLI PRZYSZŁOŚĆ PSYCHIATRII Z PERSPEKTYWY BIOLOGA

Jerzy Vetulani (Kraków)

Psychiatria to nauka o leczeniu psyche, czyli duszy. Dusza może być zdrowa, ale może też chorować. Pojawiają się wówczas zaburzenia psychiczne, kiedyś całkowicie niezrozumiałe i przerażające, obecnie coraz bardziej wytłumaczalne i nadające się do lecze-

nia. Nauka o leczeniu chorób umysłowych nosi nazwę psychiatrii – nauki o leczeniu psyche, czyli duszy. O leczeniu duszy przy pomocy metod materialnych, somatycznych, mówi ten artykuł. Ale czym naprawdę jest obiekt działania psychiatrii?

Rozwój koncepcji duszy

Pojęcie duszy jest obecne we wszystkich kulturach, wszystkich okresach rozwoju ludzkości, wszystkich cywilizacjach i wszystkich religiach. Przeważnie nazwa jej łączy się z procesem oddychania. W języku greckim „psyche” według Platona pochodzi od słowa „anapnein” (oddychać) i „anapsycho” (odświeżać), w hebrajskim dusza to „nephesh” (oddech, życie, impuls), w sanskrycie „atman” (oddech, esencja jaźni, będąca manifestacją boskości). W języku polskim słowo „dusza” wywodzi się od „duch”, ale także „dech” czyli „tchnienie”. We wszystkich kulturach dusza jest uważana za istotny element ruchu w każdej istocie ludzkiej, za wewnętrzne ucieleśnienie się podstawowego napędu sprawczego, o boskim pochodzeniu, wyrażające się oddechem.

W filozofii Zachodu dusza jest uważana za element konieczny do życia, ale różne szkoły traktowały ją odmiennie; według jednych jest to byt niematerialny i nieśmiertelny, według innych – materialny i śmiertelny. Niezależnie jednak od szkoły przyjmuje się, że dusza odpowiada za naszą osobowość i za nasze zachowanie, a zaburzenia zachowania – choroby psychiczne – są spowodowane chorobami duszy. Wierząc w istnienie duszy, próbowano ją zlokalizować w różnych częściach ciała.

Egipt

Nasze pojęcie duszy, przeważające w kulturze Zachodu, swoje początki ma około 5000 lat temu, w starożytnym Egipcie. Dusza egipska składała się z pięciu elementów: Ren, Ba, Ka, Sheut i Ib. Najważniejsza była Ib, która mieściła się w sercu, ośrodku myśli, uczuć i woli. Powstawała z kropli krwi matczynej serca w czasie poczęcia. Życie wpływało na nią, a złe postęпки ją obciążały. Stąd jej stan w chwili śmierci, badany przez boga Anubisa, wyznaczał los pośmiertny zmarłego. Ib bowiem oryginalnie była nieważka, ale ponieważ obciążały ją złe uczynki, serce grzesznika stawało się ciężkie. Po śmierci Anubis serce wyjmował i ważył na wadze, na której drugiej szali położone było pióro bogini Maat. Jeżeli pióro przeważało, zmarły dostawał się do krainy szczęśliwości. Jeżeli serce przeważało, pożerał je czyhający przy wadze demon Ammit. Pozostałe elementy egipskiej duszy również były bardzo istotne. Ren to było imię, nadawane po urodzeniu; było śmiertelne, ale żyło tak długo, dopóki było wymawiane i stąd starożytni Egipcjanie starali się uwiecznić swe imiona, zapisując je na papyrusach i kamiennych płytach i obeliskach. Ba może najbardziej odpowiadała naszemu pojęciu duszy – była to osobowość człowieka. Po

śmierci ulatywała z ciała, ale często pozostawała przy grobie zmarłego, jeżeli był prawidłowo pochowany i pędziła niby-ludzki tryb życia – mogła jeść, pić, a nawet uprawiać seks. W końcu jednak zazwyczaj łączyła się z Ka, siłą życiową, tworzoną indywidualnie dla każdego człowieka przez boginię Meskhenet, która stworzoną przez siebie Ka wdychała w usta dziecka przy urodzeniu. Ka zaangażowana, między innymi w tworzeniu dzieci i umieszczaniu ich w łonie matki, była esencją życia – człowiek umierał, kiedy Ka opuszczała ciało. Sheut natomiast to cień człowieka – nie mógł istnieć bez ciała, a ciało bez niego. Umierał wraz z ciałem.

Tak więc dusza egipska była bardzo złożona, częściowo śmiertelna, częściowo nieśmiertelna, personalna, z najważniejszą częścią umieszczoną w sercu. Nasze pojęcie duszy czerpie bardzo wiele z tych egipskich tradycji.

Grecja i Rzym

Pojęcie duszy ewoluowało w Grecji. Za czasów Homera (ok. 800 - ok. 750 p.n.e.), wyraźnie pod wpływem Egiptu, wierzono również w istnienie kilku dusz. Trzy dusze były aktywne w czasie czuwania. Były to Noos – siła intelektu i rozumowania, przebywająca w klatce piersiowej; Menos – agresja, wściekłość, szal walki, ulokowana w sercu, oraz Thymos – dusza odpowiedzialna za emocje: radość, smutek, litość, zemstę, gniew, lęk i za poruszanie ciałem, która była umieszczona w przeponie. Wszystkie one żyły wraz z ciałem i wraz z nim umierały. Ale ponadto istniała dusza ogólna, Psyche, niezlokalizowana, związana z oddechem i życiem, ujawniająca się i aktywna w czasie snu. Psyche opuszczała ciało po śmierci i wędrowała do Hadesu.

W ciągu 400 lat po Homerze grecka filozofia niezwykle się rozwinęła, a z nią rozwinęły się też liczne, często sprzeczne poglądy na duszę. Platon (427-347 p.n.e.) uważał, że dusza jest esencją osobowości – bezcielesną, samoporuszającą się, żyjącą, dającą życie i nieśmiertelną. Miała być częścią uniwersalnego ducha i po śmierci powracać do stanu wyjściowego. Śmierć więc była kresem osobowości. Dusza platońska była jedną, ale miała trzy aspekty. Aspekt racjonalny duszy zlokalizowany był w mózgu, aspekt impulsywny w klatce piersiowej, a apetytywny – w brzuchu.

Całkiem inna była koncepcja duszy ucznia Platona, Arystotelesa (384-322 p.n.e.). U człowieka dusza była – wzorem egipskim – zlokalizowana w sercu, ale posiadała trzy aspekty funkcjonalne. Duszę wegetatywną, odpowiedzialną za podstawowe funkcje życiowe – odżywianie i rozmnażanie,

posiadały wszystkie twory żywe: rośliny, zwierzęta i ludzie. U istot żywych poruszających się i czujących (zwierząt i ludzi) istniała ponadto dusza wrażliwa, odpowiedzialna za odczuwanie świata i poruszanie się. U człowieka pojawiła się dodatkowo dusza intelektualna, odpowiedzialna za poznanie i rozumowanie. W koncepcji Arystotelesa dusza i ciało są jednością, dusza dla ciała jest tym, czym bieg dla biegacza. Stąd dusza jest śmiertelna i umiera wraz z ciałem.

W okresie hellenistycznym w dalszym ciągu filozofowie zajmowali się duszą. Epikur z Samos (341-270 p.n.e.) był eksperymentatorem i istnieniem duszy wyjaśniał zdolność percepcji zmysłowej, która według niego była niezbędnym warunkiem dla życia intelektualnego. Dusza Epikura składała się z maleńkich, okrągłych i przez to bardzo ruchliwych materialnych cząsteczek, przenoszących się, jak oddech, w całym ludzkim ciele. Po śmierci traciły one łączność między sobą i rozlatywały się na wszystkie strony, stąd śmierć była według Epikura utratą wszelkich doznań zmysłowych.

Wartą wzmianki jest też postać żyjącego w tym czasie Herophilusa z Chalcedonu (335-280 p.n.e.), uważanego za ojca anatomii człowieka i twórcę aleksandryjskiej szkoły medycznej. Przeprowadził on z pewnością wiele sekcji zwłok, a Celsus sugeruje nawet, że prowadził doświadczenia wiwisekcyjne na skazańcach. Herophilus jest obecnie traktowany jako twórca neuroanatomii mózgu. Jako uczeń Platona był wierny koncepcjom trzech dusz, ale wszystkie je umieścił w mózgu, w różnych jego komorach – badania anatomii mózgu doprowadziły go do wniosku, że najważniejsza, kierująca dusza jest zlokalizowana w czwartej komorze mózgu, gdyż tam przechodziły nerwy ruchowe wychodzące do rdzenia, jak również nerwy czuciowe z rdzenia do mózgu.

Znacznie później, już w czasach rzymskich, ojciec współczesnej medycyny, Galen z Pergamonu (129-199), który był anatomem i eksperymentatorem, stwierdził, że dotykanie ludzkiego serca nie powoduje żadnych zmian w poznaniu i percepcji i zlokalizował duszę w mózgu, popierając w ten sposób encefalocentryczną koncepcję Platona, a nie wywodzącą się jeszcze z Egiptu i uznawaną przez Arystotelesa koncepcję kardiocentryczną. Poglądy materialistyczne Galena zakwestionował twórca neoplatonizmu, Plotyn (204-269). Według niego człowiek składa się z duszy i ciała. Dusza, tworząc rzeczy według idealnych wzorów, idei umysłu, udziela ciału istnienia i życia. Dusza pochodzi od absolutu, weszła w ciało i po śmierci powraca do formy, z której wyszła. Wejście w ciało było dla duszy nałożeniem kajdan, z których dusza chce się wyzwolić. Idee Plotyna wywarły

prężny wpływ na wielkich myślicieli wczesnego chrześcijaństwa – Ojców Kościoła – i chrześcijańska koncepcja niematerialnej i nieśmiertelnej duszy, powracającej po śmierci do swego twórcy, zawdzięcza Plotynowi bardzo wiele.

Europa nowożytna

O ile poglądy starożytnych wpłynęły istotnie na chrześcijańską koncepcję duszy, dla współczesnej psychiatrii ważniejsze były poglądy, które ukształtowały się w czasach nowożytnych.

Kluczową postacią, która głęboko wpłynęła na nasze myślenie o relacjach między umysłem i ciałem był Kartezjusz (1596-1650), który po raz pierwszy przedstawił systematycznie związki między umysłem a ciałem. W jego pierwszym eseju, *De homine* (O człowieku) przedstawił on swoje idee, wedle których ciało reaguje na bodźce zewnętrzne automatycznie (przy pomocy duszy zwierzęcej), a dusza rozumna jest bytem odmiennym od ciała i kontaktuje się z nim tylko przy szyszynce. Rozumna dusza była niekoniecznie świadoma działania duszy zwierzęcej, jednak ciało mogło wpływać na umysł, kiedy dusza rozumna stawała się świadomą działań duszy zwierzęcej, a skutkiem tego były świadome odczucia. Umysł mógł także wpływać na ciało, ponieważ dusza racjonalna mogła wpływać na przepływ duszy zwierzęcej, co prowadziło do działań świadomych i dobrowolnych. Jak zauważył Robert Woźniak: „Lokalizując kontakt duszy z ciałem w szyszynce Kartezjusz podniósł problem relacji między myślą i mózgiem oraz ośrodkowym układem nerwowym. Jednakże równocześnie wprowadzając radykalne rozróżnienie ontologiczne pomiędzy ciałem, jako tworem rozciągłym, i duszą, jako czystą myślą, Descartes w poszukiwaniu pewności paradoksalnie stworzył intelektualny chaos”. Mimo tego kartezjański pogląd o niezależności duszy i ciała wpływa na wielu psychiatrów po dziś dzień. Uważają oni, że ponieważ dusza jest niematerialna, nie można jej leczyć ani chemikaliami, ani zabiegami fizycznymi, ani chirurgicznie.

Pierwsze próby uniknięcia logicznej skazy kartezjańskiej dwoistości – niemożliwości związku przyczynowego między materialnym ciałem a niematerialną duszą – polegały na założeniu istnienia pojedynczej wspólnej przyczyny, której interwencja zaowocowała koordynacją działania ciała i umysłu. Taką teorię podwójnego aspektu zaproponował Benedykt Spinoza (1632-1677). Zakładał on, że umysłowość i fizyczność to po prostu różne aspekty tej samej substancji, która w pewnych warunkach postrzegana jest jako duch, a w innych, jako ciało. Tej

monistycznej teorii nowoczesną formę nadał dwa stulecia później George Henry Lewes (1817-1878), twórca monizmu neutralnego, przyjmującego, że istnieje tylko jeden rodzaj „substancji” i że umysł i ciało różnią się tylko w zorganizowaniu tej substancji, albo w perspektywie, do której ona zmierza. Niewątpliwie zwolennikiem tego poglądu był wybitny krakowski psychiatra, Antoni Kępiński (1918-1972), twierdzący, że podział na somę i psychikę jest absurdem.

W pierwszej połowie wieku XVIII rozwinęło się materialistyczne podejście do problemu duszy i ciała, którego głównym eksponentem był Julien Offray de la Mettrie (1709-1751), autor dzieła *L’homme machine*, w którym dowodził istnienia materialnej zależności stanów duszy od stanów ciała.

Już od początków XX wieku liczni wybitni uczeni, tacy, jak krakowski neurolog, Jan Piltz (1870-1930), uważali, że dusza, świadomość, myślenie czy aktywność mózgu są w zasadzie synonimami. Współcześni neurobiolodzy uważają, za Edwardem Wilsonem (ur. 1929), że mózg jest organem służącym do przetrwania, a nie do poznawania samego siebie i stąd nie można go badać metodami introspekcyjnymi, a jedynie wychodząc na zewnątrz można go badać i wyciągać sprawdzalne wnioski co do jego natury i mechanizmu działania. Tak prowadzone badania wykazują, że materialne i psychiczne aspekty mózgu są ściśle powiązane: materia mózgu decyduje o ekspresji świadomości, ale aktywność psychiczna – świadomość – kształtuje mózg, wywołując w nim określone zmiany materialne.

Zaburzenia psychiczne - choroby duszy

Podobnie jak materialne ciało, mniej materialna dusza może się psuć, a nawet rodzić wadliwa. Co więcej – uszkodzenie materialnego mózgu zaburza funkcjonowanie duszy. Klasycznym tego przykładem był przypadek Phineasa Gage’a, amerykańskiego robotnika kolejowego, który w wyniku nieszczęśliwego wypadku (eksplozja dynamitu pod stemplem, którym przybijał ładunek wybuchowy) stracił płat czołowy kory i w jednej chwili całkowicie zmienił swoją osobowość. Wiemy też, jak często, niestety, zmienia się osobowość chorych po przebytych wylewie.

Podobnie jak ciało, duszę można leczyć i tym właśnie zajmuje się psychiatria. Aby duszę skutecznie leczyć, trzeba mieć o niej wiedzę, której dostarczają wyspecjalizowane nauki: psychologia poznawcza i neurofilozofia, ale najwięcej wiedzy dostarcza neurobiologia. Chociaż istnieją zdania przeciwne, autor uważa, że, od co najmniej połowy XX w. rozwój psychiatrii zależy prawie całkowicie od rozwoju neuro-

biologii. W tym okresie zaczyna się rozwijać lawinowo poznawanie procesów fizjologicznych, podstaw funkcjonowania zdrowego mózgu, a ponieważ trudno nie zgodzić się z ojcem współczesnej psychologii – Williamem Jamesem (1842-1910), że „najlepszą drogą do zrozumienia nienormalnego jest badanie normalnego”, nic dziwnego, że pociągnęło to za sobą istotny postęp w psychiatrii i wytyczenie dalszych możliwości rozwoju terapii schorzeń psychicznych.

Nie każde zachowanie niepasujące do danej normy kulturowej jest zaburzeniem psychicznym. Jeżeli jednak takie niestandardowe zachowanie staje się dysfunkcjonalne uważamy, że jest spowodowane zaburzeniem psychicznym. Zaburzenia psychiczne zwane opętaniem, znane były od początków cywilizacji i usiłowano je leczyć w rozmaite sposoby. Stosowanymi metodami były trepanacja czaszki, egzorcyzmy, trzymanie w klatkach lub kajdanach, umieszczanie w „krzesłach uspokajających”, bicie, palenie, kastracja, transfuzja krwi zwierzęcej. Jak widać stosowano kombinację oddziaływań psychicznych (egzorcyzmy) i metod czysto fizycznych.

Medyczne, oparte na biologii, modele opętania zaczęto konstruować po stwierdzeniu, że syfilis powoduje zaburzenia psychiczne u osób, które przed zarażeniem były psychicznie zdrowe.

Porządny model medyczny obejmuje poznanie etiologii (powodów i rozwoju schorzenia), diagnozę (rozpoznanie objawów i różnicowanie), terapię (postępowanie mające zmniejszyć skutki choroby lub doprowadzić do wyzdrowienia) i prognozę (przewidywanie przebiegu i zejścia choroby). Model medyczny chorób psychicznych jest regularnie ulepszany i w wyniku tego coraz mniej pacjentów dotkniętych tymi schorzeniami musi być wyłączonych z normalnego życia społecznego i przebywać w zakładach zamkniętych

Możliwości rozwoju psychiatrii

Współcześni psychiatrzy podzielili się na dwie wielkie szkoły. Pierwsza z nich, znajdująca się pod wpływem idei Kartezjusza, wierzy głównie w metody psychologiczne, a ponieważ przez dłuższy czas ich mistrzem był twórca psychoanalizy, Zygmunta Freud (1856-1939), nazywa się ich psychiatrami analitycznymi. Druga grupa wierzy w materialne podstawy psychiki i nosi nazwę psychiatrów biologicznych.

Biolog o szerszym spojrzeniu widzi przyszłość psychiatrii w:

- postępie technicznym, służącym lepszemu poznaniu mózgu;
- postępie terapeutycznym, wykorzystującym

zdobywcze chemii, genetyki, biologii molekularnej i neurochirurgii;

- ulepszaniu metod psychoterapeutycznych;
- symbiozie podejścia biologicznego z podejściem psychologicznym.

W tym artykule omówimy tylko dwa pierwsze punkty.

POSTĘP TECHNICZNY - badanie aktywności mózgu (czyli duszy)

Najbardziej spektakularne postępy w badaniach mózgu zawdzięczamy rozwojowi technik umożliwiających badanie żywego mózgu ludzkiego w czasie jego funkcjonowania.

Pierwszą taką metodą była elektroencefalografia, polegająca na rejestracji czynności bioelektrycznej mózgu przy pomocy elektrod umieszczonych na skórze czaszki. Istnienie takiej czynności opisali Richard Caton (1856-1927) w Londynie, a Napoleon Cybulski (1854-1919) i Adolf Beck (1863-1942) w Krakowie, a odkrywcą elektroencefalografii (EEG) u ludzi stał się niemiecki lekarz i uczony Hans Berger (1873-1941). EEG pozwalała badać niektóre aspekty funkcjonowania mózgu, opisać fazy snu, rozpoznać i zlokalizować ogniska padaczki. Nowe metody badania aktywności elektrycznej mózgu to stereoelektroencefalografia (SEEG) i elektrokortykografia (ECoG). Ta ostatnia może na przykład być użyta do badania czasoprzestrzennej dynamiki percepcji słów i odgrywa ważną rolę przy tworzeniu telepatycznej komunikacji z komputerem, o czym jeszcze będzie mowa. Inne zagadnienia, w których zastosowano rejestrację aktywności elektrycznej mózgu, to badania potencjałów wywołanych i badania potencjałów spowodowanych wydarzeniami (ERP).

Druga grupa technik pozwalająca na badanie funkcjonowania ludzkiego mózgu to neuroobrazowanie. Istnieje kilka metod obrazujących pracę mózgu, różniących się od siebie rozdzielczością przestrzenną (dokładność lokalizacji) i czasową (jak szybki proces można uchwycić). Metody te to tomografia komputerowa (CT), rezonans magnetyczny (MR), funkcjonalny rezonans magnetyczny (fMRI), tomografia emisji pozytonowej (PET) i tomografia emisji pojedynczego protonu (SPECT).

Omówieniu poszczególnych technik należałoby poświęcić osobny artykuł, tu tylko chciałbym wspomnieć, że dzięki nim dowiadujemy się, które struktury mózgu są zaangażowane w poszczególnych chorobach psychicznych, a stąd wnioskować o leżących u ich podstaw mechanizmach. I tak np. zespół natręctw (OCD) charakteryzuje wysoka aktywność metabo-

liczna w obszarach płata czołowego, związanych z ukierunkowaniem uwagi. Bardzo wyraźny jest obraz pobudzenia różnych części mózgu, w szczególności kory potylicznej, w czasie zespołu stresu pourazowego, którego psychologiczne objawy polegają na utrzymujących się ponad miesiąc nękających wspomnieniach, koszmarach nocnych, wycofaniu społecznym, niepokoju i irytacji oraz problemach ze snem. Co więcej, metodami neuroobrazowania można w tym wypadku dobrze śledzić postępowanie terapii pacjenta.

Neuroobrazowanie jest też istotne przy badaniu zespołów lękowych. Wyjaśnienie pochodzenia tych zespołów zależy od szkoły naukowej, z której wyrósł psychiatra. Psychoanalitycy uważają, że lęki są powodowane represją naszych bolesnych i nieznosnych idei, uczuć i myśli. Kognitywiści sądzą, że do lęku prowadzi strach warunkowany. Strach wywołany określonym zdarzeniem jest następnie kojarzony z innymi przedmiotami lub zdarzeniami (generalizowany) i wzmacniany. Odpowiedzi lękowe mogą być wynikiem obserwacji reakcji innych – widzimy, że młode małpy zaczynają bać się węży dopiero widząc, że starsze małpy ich się boją. Biolodzy uważają, że to dobór naturalny nauczył naszych przodków lękać się węży, pająków i innych zwierząt, a takie reakcje lękowe ułatwiają przetrwanie gatunku. Faktycznie badania na bliźniętach sugerują, że część naszych reakcji lękowych ma podłoże genetyczne, a fobie występują często zgodnie u bliźniąt monozygotycznych. Badania neuroobrazowe uogólnionego lęku, a także lęku panicznego oraz OCD wykazały, że stany lękowe są związane z aktywacją przedniej kory obręczy.

Metody neuroobrazowania pozwalają nam również zorientować się w ogólnej aktywności mózgu. Stosując je potwierdzono, że aktywność w mózgu chorych na chorobę Alzheimera stopniowo spada, ale udało się też stwierdzić, że wprowadzanie pewnych terapii farmakologicznych i molekularnych może postęp neurodegeneracji zahamować. Wykazano też, że schizofrenia łączy się z progresywnym zanikiem kory mózgowej, postępującym od okolic potylicznych do czołowych, a utrata neuronów kory łączy się ze spadkiem aktywności metabolicznej mózgu.

POSTĘP TERAPEUTYCZNY - - terapia somatyczna chorób psychicznych

Od dawna choroby duszy usiłowano leczyć metodami psychologicznymi. Jeżeli dusza byłaby niezależna od materii, inne metody w ogóle nie miałyby sensu. Jednakże już od czasów prehistorycznych pozostały ślady dowodzące, że próbowano wpływać na zaburzenia duszy działając na ciało. Metody somatyczne mają więc

długą tradycję (poczynając od prehistorycznych trepanacji czaszki) i rozbudowały się niezwykle, pozwalając na skuteczne leczenie zaburzeń psychicznych.

Leczenie chemią - Farmakologia

Biologiczne farmakologiczne metody leczenia chorób psychicznych proponowano od dawna. Od wieków szukano remediów w świecie roślin: obecnie stosowane jako narkotyki produkty z konopi indyjskich i maku lekarskiego były jednymi z pierwszych cennych leków w schorzeniach somatycznych i psychicznych. Wśród licznych roślin stosowanych od stuleci w medycynie hinduskiej w schorzeniach psychicznych należy wymienić indyjską rauwolfię wężową, dostarczającą pierwszego leku stosowanego w schizofrenii, rezerpiny. Wraz z poznaniem mechanizmów neuroprzekątnikowych powstały skuteczne leki psychotropowe, które umożliwiły powrót do prawie normalnego życia osobom dotkniętym depresją i schizofrenią oraz innymi chorobami psychicznymi.

Klasyczna farmakoterapia wielkich psychoz opiera się na normowaniu działania układów monoaminergicznych, zaburzonych w chorobach psychicznych, ale obecnie wychodzi się poza neuroprzekątniki i zwraca się uwagę na dwie inne strategie: korygowanie zaburzonych rytmów biologicznych i przeciwdziałanie zmniejszeniu neuroplastyczności, najczęściej wywołanemu stresem.

Zaburzenie rytmu życiowego jest przez niektórych uważane za istotną przyczynę depresji, która sama powoduje rozregulowanie rytmów biologicznych (na przykład czuwania i snu). Perspektywy regulacji zaburzeń rytmów dobowych przy użyciu leków otworzyło odkrycie roli melatoniny i obecnie, jako leki przeciwdepresyjne, używa się melatoniny oraz nowy związek, pobudzający receptory melatoninowe i dodatkowo blokujący receptory serotoninowe 5HT_{1C} – agomelatynę. Oczywiście przywracanie zaburzonych rytmów biologicznych można próbować osiągnąć również przez terapię behawioralną, a najskuteczniejsze wydają się kombinacje terapii behawioralnej i farmakoterapii.

Druga strategia ma na celu podniesienie neuroplastyczności, czyli zwiększania liczby połączeń między neuronami oraz nasilenia tworzenia nowych neuronów (neurogenezy). To ostatnie zjawisko w mózgu naczelnych wydaje się być ograniczone do struktury hipokampa, ale jest to struktura niezwykle ważna, zarówno w tworzeniu śladów pamięciowych, jak i utrzymania nastroju. Okazało się, że wiele leków przeciwdepresyjnych wzmacnia plastyczność neuronalną, a pierwszym, dla którego zjawisko to opisano, była

tianeptyna, która swoim profilem farmakologicznym bardzo różniła się od klasycznych leków przeciwdepresyjnych i właściwie tylko wzmacnianiu neuroplastyczności, a nie działaniom na układy neuroprzekątnikowe, zawdzięcza swoje działanie przeciwdepresyjne. I w tym wypadku terapia behawioralna – na przykład wzbogacanie środowiska – ma pozytywne efekty i skojarzenie farmakoterapii i terapii behawioralnej wydaje się najodpowiedniejszą strategią.

Chociaż farmakoterapia rozwinęła się wybuchowo w ciągu kilku ostatnich dziesięcioleci, pozostają jeszcze obszary prawie dziewicze. Tak na przykład niewiele wprowadzono jeszcze leków stymulujących i hamujących receptory znanych neuropeptydów, innych niż opioidowe, a w ogóle przy pomocy leków modulujemy obecnie działanie zaledwie kilku neuromediatorów, a znamy ich w mózgu ponad 50 i na pewno istnieją jeszcze setki nierozpoznanych. Czasami postęp farmakoterapeutyczny następuje dzięki szczęśliwemu przypadkowi. Tak np. okazało się, że lek przeciwdepresyjny bupropion hamuje silnie głód nikotynowy i dzisiaj jest używany głównie jako środek ułatwiający rzucenie palenia.

Leczenie fizyczne elektrycznością i magnetyzmem - Terapia wstrząsowa (sejsmoterapia)

Terapią biologiczną depresji i schizofrenii były elektrowstrząsy, zastosowane w latach 30. zeszłego wieku przez Biniego i Cerletiego. Początkowo terapia elektrowstrząsowa (ECT) była zabiegiem brutalnym i budzącym lęk, ale jej rozwój – stosowanie w znieczuleniu i zwiótczeniu mięśniowym oraz wywoływanie wstrząsów jednostronnie – znacznie zwiększyło jej akceptowalność, zwłaszcza, że na przykład w przypadkach depresji opornych na leki jest ona środkiem bardzo skutecznym. Jako próbę łagodniejszej sejsmoterapii wprowadzono przezczaszkową stymulację magnetyczną (TMS). Przy tym zabiegu leczony pozostaje przytomny i nie odczuwa żadnych sensacji. Początkowo przyjęto tę terapię z wielkim entuzjazmem, później okazała się ona mniej skuteczna niż elektrowstrząsy, ale wciąż wydaje się, że nie przebadano wszystkich możliwości jej ulepszenia. Na razie, o ile pozycja terapeutyczna TMS jest wciąż sporna, jest to niewątpliwie doskonałe narzędzie badawcze, zwłaszcza w neurologii.

Leczenie skalpelem – Psychochirurgia

Początki, rozkwit, upadek

Właściwe leczenie duszy skalpelem to psychochirurgia. Mózg od dawna był obiektem zabiegów

chirurgicznych, ale związane one były raczej z neurologią i najczęściej polegały na usuwaniu guzów mózgu. Prace neurochirurgów w XIX wieku dostarczyły nam podstawowej wiedzy dotyczącej funkcji różnych struktur mózgowych. Natomiast zastosowanie zabiegów chirurgicznych do rzeczywistego leczenia duszy, czyli terapii chorób psychicznych, zaproponowano dopiero na przełomie XIX i XX wieku. Zapomnianym dziś ojcem psychochirurgii był szwajcarski psychiatra Gottlieb Burckhardt (1836-1907). Idee, które doprowadziły Burckhardta do przeprowadzenia pierwszej topektomii u człowieka to:

- wiara, że wszystkie choroby umysłowe mają podstawy materialne;
- założenie, że układ nerwowy składa się z trzech składowych: systemu wstępującego albo wejściowego *input*, systemu łączącego, czyli asocjacyjnego, w którym następuje przetwarzanie informacji, oraz systemu zstępującego, czyli wykonawczego *output*;
- przyjęcie, że każdej funkcji, czy zdolności umysłowej odpowiada określone miejsce w mózgu.

Opierając się na tym Burckhardt przewidywał, że uszkodzenie pewnych miejsc asocjacyjnych w mózgu spowoduje określone zmiany zachowania. Uważał on też, że afekt (uczucia) jest generowany w korze, a nie strukturach podkorowych (co, jak wiemy dzisiaj, nie jest prawdą) i stąd zaproponował topektomię, usuwanie fragmentów kory mózgowej w przypadku chorych z zaburzeniami afektu, takich jak depresja czy agresywność. Z sześciu pacjentów operowanych przez Burckhardta tylko u jednego, cierpiącego na psychozę urojeniową, wystąpiła poprawa bez wystąpienia objawów ubocznych. Wystąpienie Burckhardta na kongresie psychiatrycznym w Berlinie w 1889 r. zostało przyjęte bardzo źle, tak, że wycofał się on całkowicie z prób operacyjnego leczenia schorzeń psychicznych.

Na wprowadzenie psychochirurgii na większą skalę trzeba było czekać niemal pół wieku. Na II Światowym Kongresie Neurologicznym w Londynie, w lecie 1935 roku, Carlyle F. Jacobsen opisał doświadczenia z uszkodzaniem płatów czołowych, które wraz z Johnem Fultonem przeprowadził na dwóch szympanсах. Wprawdzie badali oni głównie wpływ uszkodzeń na uczenie się, ale Jacobsen dodał, że uszkodzenie zmieniły osobowość jednego zwierzęcia, szympanasy Becky. Becky była szympanisą histeryczną, wpadającą w szal, kiedy nie udało jej się prawidłowo rozwiązać zadania – gryzła, oddawała kał i mocz i – ponieważ popełniała coraz więcej pomyłek – wpadła w ostry stan neurotyczny. Usunięcie jednego płatu czołowego nie zmieniło jej zachowa-

nia, ale po usunięciu drugiego nastąpiła radykalna zmiana – Becky stała się łagodna i nie przejmowała się własnymi niepowodzeniami. Jacobsen stwierdził, że Becky stała się zwierzęciem szczęśliwym.

Uczestniczący w tym kongresie znany już portugalski psychiatra, Egas Moniz (1874-1955), zapytał po prezentacji Jacobsena, czy nie uważa on, że procedurę taką można zastosować u ludzi, celem złagodzenia poważnych lęków i deluzji. Pytanie Moniza zaniepokoiło Jacobsena, ale Moniz, odważny eksperymentator i uczony o charyzmatycznej osobowości, doszedł do wniosku, że odcięcie płatów czołowych może być skuteczną metodą leczniczą i jeszcze jesienią, trzy miesiące po kongresie, przeprowadził pierwszą operację na pacjentce z ciężkimi urojeniami. Sprawność umysłowa pacjentki uległa uszkodzeniu, ale urojenia znacznie się zmniejszyły. Dalsze doświadczenia operacje na ludziach przeprowadził kolega Moniza, Almeida Lima, używając alkoholu jako czynnika niszczącego tkankę nerwową. Następnie zastąpiono wstrzykiwanie alkoholu wprowadzaniem specjalnego pręta, którym można było niszczyć tkankę nerwową. Po około 100 próbnym operacjach, które według badaczy portugalskich zakończyły się sukcesem terapeutycznym, Moniz zaczął szeroko propagować swoją metodę. Niezyczliwi mu twierdzili, że uczynił to dlatego, że nie dostał nagrody Nobla za opracowaną wcześniej metodę angiografii mózgu i wprowadzenie psychochirurgii miało mu pozwolić na osiągnięcie upragnionego celu, co zresztą nastąpiło w 1949 roku.

O ile Europejczycy – Moniz i Lima – rozstawili psychochirurgię, niesławę przynieśli jej Amerykanie – Walter Freeman i James Watts. Byli oni również uczestnikami londyńskiego kongresu i, zapoznawszy się z danymi dotyczącymi lobotomii, opracowali zmodyfikowaną metodę lobotomii. O ile Moniz początkowo pracował otwierając czaszkę, Freeman i Watts zastosowali system zamknięty, w którym narzędzie do niszczenia nerwów, leukotom, wprowadzali przez otwór wywiercony w czaszce na szwie wieńcowym nad łukiem jarzmowym. Operacje Freemana początkowo wydawały się przynosić bardzo dobre wyniki, chociaż często powodowały komplikacje. Przełomem w psychochirurgii było wprowadzenie lobotomii przezoczodołowej. Zabieg był technicznie tak prosty, że mógł być wykonywany bez obecności wykwalifikowanego neurochirurga, a Freeman stosował go masowo, przeprowadzając go nawet w pokojach hotelowych. Jest rzeczą ciekawą, że jako środka znieczulającego Freeman używał elektrowstrząsu.

Początkowo lobotomia była przyjmowana entuzjastycznie. Trzeba też pamiętać, że szczyt jej

powodzenia przypadł na okres, w którym nie było dobrych leków psychotropowych i była ona niekiedy jedyną możliwością uwolnienia części pacjentów z zamkniętych szpitali i przywrócenia ich do normalnego życia. Z czasem jednak zaczęto dostrzegać niekorzystne konsekwencje neurologiczne zabiegu, nie mówiąc o tym, że masowe jej stosowanie, przez niezbyt wykwalifikowany personel, często w warunkach septycznych, powodowało poważne zagrożenia dla zdrowia i życia pacjentów. Ostateczny cios lobotomii zadało wprowadzenie pierwszego nowoczesnego leku przeciwpsychotycznego, chlorpromazyny, a sama procedura w wielu krajach i wielu stanach w USA została uznana za nielegalną.

Powrót

Mimo złej sławy, psychochirurgia nie umarła, ale dojrzewała. Przełomem było wprowadzenie aparatu stereotaktycznego, pozwalającego na uszkodzanie bardzo ściśle zlokalizowanych struktur, a ważnym powodem dla ponownego zainteresowania się nią było odkrycie, że emocje nie są związane z funkcjonowaniem kory, ale układu limbicznego. Kiedy okazało się, że pobudzając ośrodki nagrody i kary w mózgu można sterować zachowaniem i że można to czynić na odległość, Jose Delgado zaproponował „psychocywilizowanie społeczeństwa” takimi metodami. Sądono, chociaż na szczęście nigdy nie przekroczyło to granicy *sciencefiction*, że w ten sposób będzie można zapobiegać niekorzystnym zjawiskom społecznym, zwłaszcza przemocy. W mediach rozpętała się jednak burza i powołano *National Commission for the Protection of Human Subjects of Biomedical and Behavioral Research* (Państwową Komisję dla Ochrony Ludzi przed Badaniami Biomedycznymi i Behawioralnymi). Ku zaskoczeniu rozgorączkowanych dziennikarzy i „psychiatrów-obrońców praw człowieka”, Komisja pozytywnie oceniła idee psychochirurgii i opracowała wytyczne co do jej stosowania. Przegląd dokonany w 50 stanach USA nie wykazał nadużyć psychochirurgii jako narzędzia kontroli behawioralnej i zalecił stosowanie określonych procedur, takich jak cingulotomia, do leczenia zaburzeń psychicznych. W ten sposób wkroczyliśmy w erę leczenia duszy skalpelem.

Chociaż szczegółowy opis podstaw współczesnej psychochirurgii przekroczyłby znacznie ramy tego artykułu, należy powiedzieć, że opiera się ona na znajomości podstawowych obwodów nerwowych w korze czołowej i ich związków z odpowiednimi strukturami podkorowymi.

Najbardziej interesującymi psychochirurgię są trzy takie obwody:

- grzbietowoboczny, rozpoczynający się w grzbietowobocznej części płata czołowego i promieniujący do jądra ogoniastego i przyśrodkowej łupiny;
- oczodołowoczołowy, rozpoczynający się w dolnobocznej korze przedczołowej i promieniujący do przyśrodkowego jądra ogoniastego oraz jądra półleżącego;
- przedni obręczowy, powstający w przednim zwoju obręczy i promieniujący do brzuszno-przyśrodkowego prążkowie.

Uszkodzenia tych obwodów powodują określone zaburzenia psychiczne. Tak zwany zespół przedczołowy grzbietowoboczny objawia się uszkodzeniem funkcji wykonawczych, przejawiającym się nieumiejętnością radzenia w nowych sytuacjach i perseweracjami. Zespół oczodołowoczołowy charakteryzuje się bardzo niemiłymi zmianami osobowości – pojawieniem się chamstwa, grubiaństwa, odhamowań, drażliwości, zachowań psychopatycznych. Tak właśnie było z wspomnianym wyżej Phineasem Gage. Przy zespole przedniej obręczy najbardziej dramatycznym objawem jest mutyzm i głęboka apatia. Omawiane obszary regulują funkcje wykonawcze, interakcje społeczne i emocje, które są zaburzone przy schorzeniach psychicznych.

Związane z uszkodzeniem obwodów czołowych zmiany w zwojach podstawy i układzie limbicznym, regulujących procesy emocjonalne, somatyczne, intelektualne, mogą być wychwytywane metodami obrazowania pracy mózgu, najczęściej fNMR, PET i SPET. Dzięki temu możemy nie tylko diagnozować schorzenie, ale śledzić jego rozwój, a także wyniki terapii.

Współczesne terapie psychochirurgiczne

Współczesna psychochirurgia najczęściej stosuje cztery procedury, przy czym służą one do leczenia schorzeń afektywnych i lękowych, a nie uszkodzeń poznawczych. Współczesna psychochirurgia jest metodą destruktywną, a nie konstruktywną, polega bowiem na niszczeniu struktur mózgowych.

Cingulotomia

Kora obręczy jest ważną strukturą układu limbicznego, a jej zwiększona aktywność metaboliczna towarzyszy nerwicy natręctw. Niechirurgiczne uszkodzenia tej struktury powodują utratę uwagi i mutyzm. Terapia polega na wykonaniu obustronnego termokoagulacyjnego uszkodzenia obręczy. Szczególnie korzystne wyniki uzyskano w opornym na inne typy leczenia zespole natręctw. Znaczącą poprawę lub wyleczenie uzyskano u 25-35% pacjentów. Liczba powikłań była bardzo niewielka.

Podprążkowiowa traktotomia

Metodę tą zaproponowano, aby zmniejszyć uszkodzenia płatów czołowych przy przerywaniu włókien z nich wychodzących do takich struktur podkorowych, jak odpowiedzialne za zachowania agresywne jądro migdałowe. Metoda ta, popularna bardziej w Anglii niż w USA, podobnie jak cingulotomia jest stosowana w opornych na leki depresjach i nerwicach natręctw, a rzadziej w uszkodzeniach poznawczych, takich jak schizofrenia. Miejscem uszkodzonym jest istota nienazwana, zaraz poza głową jądra ogoniastego. Poprawę obserwowano u 2/3 pacjentów z depresją i lękami i u połowy pacjentów z obsesjami. Jednakże obserwowano więcej bezpośrednich i odległych efektów ubocznych niż po cingulotomii.

Leukotomia limbiczna

Jest to właściwie kombinacja uszkodzeń powodowanych przez poprzednie dwie metody. Dane amerykańskie wskazują na jej skuteczność u 36-50% pacjentów z depresją i OCD, przy bardzo nieznacznych objawach ubocznych. Stwierdzono też, że takie postępowanie zmniejsza agresywność i autoagresję.

Przednia kapsulotomia

Procedura ta została opracowana we Francji i stała się popularna w Europie. W ostatniej modyfikacji służy do niszczenia metodą termokoagulacji lub nożem gamma, włókien czołowo-limbicznych przechodzących pomiędzy jądrem ogoniastym i łupiną. U pacjentów z OCD doniesiono o 70% skuteczności i stwierdzono, że jest skuteczniejsza od cingulotomii. Chociaż skuteczniejsza, powoduje więcej objawów ubocznych, takich jak splątania, przyrosty wagi, depresja, nocne moczenie, a niekiedy dysfunkcje poznawcze i emocjonalne i osłabienie napędu. Jednakże z badań szwedzkich wynika, że zaburzenia te normalizują się z czasem.

Postępy neurologii, psychiatrii i psychologii kognitywnej wyznaczają dalsze drogi rozwoju psychochirurgii. Wraz ze zwiększeniem skuteczności farmakoterapii może ona być mniej potrzebna, ale pozostanie problem przypadków opornych na leczenie chemiczne.

Nowe drogi terapii somatycznych

Obiecującymi metodami wydaje się kombinacja metod chirurgicznych i elektrycznych. Chodzi tu o wszczepianie metodami chirurgicznymi elektrod w odpowiednie obszary mózgu, a następnie drażnienie ich prądem elektrycznym. Obecnie postępowanie takie stosuje się w padaczce i chorobie Parkinsona. Drażnienie nerwu błędnego zastosowano

w leczeniu opornych na leki depresji. Nerw błędny nie tylko reguluje aktywność układu parasympatycznego, ale przekazuje też zwrotnie informacje do przodomózgowia poprzez jądro przyramienne i jądro sinawe, powiązane z innymi ważnymi ośrodkami w układzie limbicznym. W Polsce technikę stymulacji nerwu błędnego stosuje profesor Marek Harat w ośrodku poznańskim.

Głęboka stymulacja mózgu

Przecięcie szlaku nerwowego, czy zniszczenie grupy neuronów, jest zabiegiem nieodwracalnym. Znacznie bezpieczniejsze jest wyłączenie określonych struktur mózgowych na określony czas, z możliwością przywrócenia ich stanu pierwotnego w każdej chwili. Możliwość taką daje technika głębokiej stymulacji mózgu, polegająca na wprowadzeniu w określone miejsca cienkich elektrod, niepowodujących uszkodzeń tkanki, przez które można przepuszczać prąd elektryczny. Taka stymulacja powoduje zanik aktywności neuronów pod elektrodą, a więc jest równoważna ich przecięciu, z tym, że jest odwracalna. Co ważne – nie jest to zabieg „wszystko albo nic”, ale siłę zahamowania neuronów można regulować natężeniem prądu. Technikę taką zastosowano pierwszy raz w leczeniu choroby Parkinsona; chroniczne drażnienie elektryczne gałki bladej lub jądra niskowzgórzowego łagodzi objawy choroby. Okazało się, że u pacjentów ze współwystępującą chorobą Parkinsona i zespołem natręctw, drażnienie jądra niskowzgórzowego zmniejszało objawy obu schorzeń. Drażnienie jądra niskowzgórzowego poprawiało również nastrój. Okazało się też, że drażnienie przednich ramion torebki wewnętrznej daje korzystne efekty w zespole natręctw i może być alternatywą dla kapsulotomii.

Szczególną zaletą tej techniki jest, że w przypadku nienajlepszego wyniku zabiegu można elektrodę przełożyć, próbując znaleźć położenie, w której wynik stymulacji będzie najlepszy.

Szczególnie interesujące efekty obserwowano przy leczeniu głęboką stymulacją mózgu lekoopornych depresji. W depresjach tych obserwuje się wzrost aktywności neuronów w obszarze obręczy Cg25, a spadek w grzbietowobocznej i brzuszobocznej korze przedczołowej i w korze obręczy. U pacjentów z depresją, pomyślnie leczonych stałą stymulacją obszaru Cg25, dochodzi do spadku aktywności neuronów w Cg25, podwzgórzu, korze wyspowej przedniej i orbitofrontalnej, a wzrostu w korze przedczołowej.

Inne możliwości psychochirurgii nie dotyczą samych efektów uszkodzeń, ale wprowadzania w określone struktury mózgu czynników naprawczych. Chodzi tu zwłaszcza o wszczepianie zmodyfikowanych

genetycznie komórek dostarczających brakujących enzymów czy neurotrofin, a także komórek macierzystych. W taki sposób Mark Tuszyński wprowadził do mózgu chorych na chorobę Alzheimera ich własne transfekowane fibroblasty, produkujące czynnik wzrostu nerwów, uzyskując bardzo korzystne wyniki.

Niewątpliwie na pograniczu neurologii i neuropsychiatrii znajdują się operacje takich guzów mózgu, które powodują zaburzenia psychiczne, a przede wszystkim socjopatie nabyte. Nie znamy takich przypadków zbyt wiele, ale interesujący był opis pacjenta skazanego za pedofilię, którego postanowiono leczyć szpitalnie, ale ze względu na bardzo nieodpowiednie zachowanie zdecydowano przenieść do więzienia. Ponieważ pacjent zemdlął, wykonano tomografię mózgu, która wykryła potężny nowotwór, który wychodził w górę z bruzdy węchowej, przemieszczając prawą korę orbitofrontalną i zgniatając brzusznoboczną korę przedczołową. Po operacyjnym usunięciu guza pedofilia znikła.

Prof. dr hab. Jerzy Vetulani, neuropsychofarmakolog, członek PAU, PAN i EDAB, jest profesorem MWSZ im. Józefa Dietla i Instytutu Farmakologii PAN w Krakowie. E-mail: nfvetula@cyf-kr.edu.pl; nfvetula@cyfronet.pl

Tworzenie Cyborgów

Perspektywą dalszego rozwoju psychochirurgii i techniki elektronicznej jest możliwość produkcji i wszczepiania interfejsu umożliwiającego telepatyczne sterowanie komputerem. Taki interfejs, nazwany „Bramą Mózgu” otrzymał w roku 2004 Matt Nagle, który w wyniku ciosu nożem w kark utracił władzę w kończynach. Dzięki temu implantowi Matt mógł sterować otoczeniem kierując komputerem przy pomocy myśli.

Czy dalszy rozwój tej techniki pozwoli na proces odwrotny – czerpanie wiedzy i informacji przez mózg bezpośrednio z komputera? Wygląda to na *science fiction*, ale chyba leży już blisko naszych możliwości. Istnienie takiego urządzenia niesłychanie zwiększyłoby zakres możliwości psychicznych człowieka. Ale czy dusza wspierana komputerem byłaby wciąż naszą ludzką duszą?

Chirurgia Umysłu – Naukowa Fantazja czy Rzeczywistość

Witold Libionka (Kraków)



Streszczenie

Możliwość chirurgicznej ingerencji w umysł człowieka od zawsze intrygował, a jednocześnie budził wątpliwości natury etyczno-moralnej. Działem chirurgii układu nerwowego, zajmującym się modyfikowaniem jego funkcji, jest neurochirurgia czynnościowa. Jej obszar zainteresowania jest stosunkowo szeroki – obejmuje zarówno część obwodową układu nerwowego, jak też jego część ośrodkową – rdzeń kręgowy i mózg. Poza możliwością ingerencji w funkcje somatyczne i w pewnym stopniu wegetatywne, chirurg ma możliwość wpływania na wyższe czynności nerwowe – na przykład pamięć, nastrój, co określane jest mianem psychoneurochirurgii.

Wprowadzona w ciągu ostatnich lat technika stymulacji prądem elektrycznym, pozwoliła – w przeciwieństwie do zabiegów uszkadzających (lezi) – na modyfikowanie czynności układu nerwowego w sposób w pełni odwracalny i bezpieczny. W większości zastosowań efekt leczniczy pojawia się bezpośrednio po włączeniu stymulacji, a jej przerwanie powoduje powrót objawów chorobowych.

Aktualnie stosowane urządzenia wyglądem przypominają rozrusznik serca – składają się z baterii połączonej z generatorem impulsów elektrycznych, przewodu oraz elektrody. Cały układ implantowany jest podskórnie: generator impulsów umieszczany jest najczęściej poniżej obojczyka i za pomocą przewodu łączy się go z elektrodą stymulującą, chirurgicznie wszczepianą w wybranym obszarze mózgu. Praca stymulatora regulowana jest telemetrycznie za pomocą programatora.

Rozwój neuromodulacji jest niezwykle dynamiczny, a osiągnięte efekty kliniczne – spektakularne. Coraz bardziej dogłębne poznanie fizjologii i patofizjologii obszarów mózgu odpowiedzialnych za ból, łaknienie, występowanie zaburzeń psychicznych, umożliwiło identyfikację potencjalnych celów anatomicznych dla zabiegów neurochirurgii czynnościowej i pozwoliło na skuteczne zastosowanie tej metody w leczeniu zaburzeń ruchu (choroba Parkinsona, drżenia, dystonie, spastyczność), zespołów bólowych niepoddających się leczeniu farmakologicznemu, padaczki oraz zaburzeń psychiatrycznych (zespoły natręctw, lekooporna depresja), otyłości, choroby

Alzheimera i zaburzeń pamięci, a nawet u chorych z zaburzeniami świadomości po uszkodzeniu ośrodkowego układu nerwowego.

Jako przeprowadzający tego typu zabiegi postaram się przedstawić Państwu aktualny stan wiedzy z zakresu neuromodulacji oraz perspektywy dalszego rozwoju tej metody.

Rozwój neurochirurgii czynnościowej – czyli jak to wszystko się zaczęło

Możliwość chirurgicznej ingerencji w umysł człowieka od zawsze intrygował, a jednocześnie budził wątpliwości natury etyczno-moralnej. Działem chirurgii układu nerwowego, zajmującym się modyfikowaniem jego funkcji, jest neurochirurgia czynnościowa. Obszar zainteresowania neurochirurgii funkcjonalnej jest stosunkowo szeroki – obejmuje zarówno część obwodową układu nerwowego, jak też jego część ośrodkową – rdzeń kręgowy i mózg. Poza możliwością ingerencji w funkcje somatyczne (poprawa sprawności ruchowej, zmniejszenie bólu) i w pewnym stopniu wegetatywne (regulacja krążenia), chirurg ma możliwość modyfikowania wyższych czynności nerwowych – na przykład pamięci, nastroju, co określane jest mianem psychoneurochirurgii, stanowiącej jednocześnie najbardziej dyskusyjną gałąź neurochirurgii czynnościowej.

Wprowadzona w ciągu ostatnich lat technika stymulacji prądem elektrycznym pozwoliła na modyfikowanie czynności układu nerwowego w sposób w pełni odwracalny i bezpieczny – w większości zastosowań efekt leczniczy pojawia się bezpośrednio po włączeniu stymulacji, a jej przerwanie powoduje powrót objawów chorobowych. Zanim jednak dokonał się przełom w tej stosunkowo nowej dziedzinie neurochirurgii, przeprowadzano zabiegi uszkadzające, polegające na chirurgicznym niszczeniu określonych obszarów mózgu, wywołujące zmiany mające charakter permanentny. Pierwszą udokumentowaną interwencję z zakresu neurochirurgii czynnościowej w obrębie ośrodkowego układu nerwowego u człowieka wykonał w 1890 r. angielski lekarz Victor Horsley. Niszcząc częściowo korowe ośrodki ruchu, uzyskał ustąpienie ruchów mimowolnych, za cenę wystąpienia niedowładu. Operacje metodą Horsleya stanowiły rozpaczliwą metodę leczenia, na którą decydowano się w bardzo ciężkich stanach neurologicznych, wobec braku jakiegokolwiek alternatywy. Przeprowadzane były metodą otwartą, a lokalizację uszkodzenia wyznaczano w sposób orientacyjny – na podstawie makroskopowej oceny struktur anatomicznych.

Znaczny postęp w neurochirurgii czynnościowej związany był z wprowadzeniem metod ste-

reotaktycznych, pozwalających na lokalizację celu w sposób obiektywny, w oparciu o trójwymiarowy, kartezyjski układ odniesienia. Pierwszym narzędziem wykorzystującym trójwymiarowy system koordynat był skonstruowany w 1908 roku przez Horsleya i Clarka aparat stereotaktyczny. Jego działanie oparte było na idei określania parametrów położenia struktur wewnątrzczaszkowych wobec anatomicznych wyznaczników na powierzchni czaszki, co wiązało się z narastaniem błędów precyzji w miarę posuwania się w głąb mózgowia.

Przełom nastąpił w drugiej połowie lat 40. ubiegłego wieku za sprawą współpracujących ze sobą: neurologa – Ernesta Spiegela i neurochirurga – Henryego Wycisa, którzy w 1948 roku przeprowadzili pierwszy zabieg stereotaktyczny z planowaniem w oparciu o obrazowanie układu komorowego mózgu, co istotnie zwiększyło precyzję. Obrazowanie struktur stanowiących ograniczenia układu komorowego mózgu (współcześnie metodą rezonansu magnetycznego) nadal stanowi podstawową metodę lokalizacji celu w stereotaktycznych zabiegach czynnościowych.

Lata 50. i pierwsza połowa 60. XX wieku to okres intensywnego rozwoju technik stereotaktycznych, tak pod względem rozbudowywania instrumentarium, jak również w zakresie wyznaczania nowych celów anatomicznych. Wprowadzone przez Larsa Leksella i stosowane do dziś: izocentryczna (tj. taka, w której cel znajduje się w punkcie przecięcia jej osi obrotu) rama stereotaktyczna i metoda koagulacji (ablacji) celu za pomocą prądu o częstotliwościach radiowych, pozwoliły na uzyskanie precyzyjnych i powtarzalnych lezji (uszkodzeń), co umożliwiło przeprowadzanie zabiegów w pobliżu głęboko położonych ważnych czynnościowo ośrodków bez obawy ich uszkodzenia. W latach 50. Jean Talaraich opracował pierwszy atlas stereotaktyczny, w którym położenie struktur głębokich mózgu odniósł do układu komorowego mózgu. Kolejny zmodyfikowany atlas – opublikowany przez Schaltenbranda zaledwie 2 lata później – stosowany jest w zasadniczo niezmienionej formie do dziś.

Równolegle rozwijała się, wywołująca najwięcej kontrowersji, psychoneurochirurgia. Zapewne, oglądając współczesne filmy grozy, zetknęliście się Państwo z budzącymi przestrasz obrazami przedstawiającymi narzędzia chirurgiczne lub technikę przeprowadzanych wówczas zabiegów. Warto jednak zwrócić uwagę, że psychoneurochirurgia istniała na długo zanim zaczęto przeprowadzać leukotomie przedczołowe, znane powszechnie, jako lobotomie czołowe, w których drogę dostępu do wnętrza czaszki stanowił między innymi oczodół, co z resztą skrętnie

wykorzystywali twórcy efektów specjalnych. Odkrycia archeologiczne wskazują, że już 5000 lat temu na terenie Europy i Ameryki Północnej przeprowadzano trepanacje (nawiercanie) czaszki. Zabiegi te miały zapewne znaczenie nie tylko terapeutyczne - przypisuje się im również aspekt duchowy.

Nowożytna psychoneurochirurgia powstała u progu XX wieku. Pierwsze próby, przynoszące wątpliwe korzyści i obarczone wysokim ryzykiem powikłań, spotkały się z ostrą krytyką. Dopiero zakończone sukcesem – jak sami ocenili to autorzy – zabiegi opracowane przez renomowanego portugalskiego neurologa, późniejszego laureata nagrody Nobla - Egasa Moniza i współpracującego z nim neurochirurga – Almeida Lime, spowodowały gwałtowną popularyzację psychoneurochirurgii w latach trzydziestych ubiegłego wieku. W oparciu o wyniki badań przeprowadzonych w jednym ośrodku w grupie liczącej zaledwie 20 chorych, metoda ta uzyskała powszechną akceptację i zastosowana została u dziesiątek tysięcy pacjentów z poważnymi zaburzeniami psychicznymi. Przyczyną stosowania tej techniki był brak skutecznych alternatywnych procedur medycznych. Pamiętajmy, że w okresie tym nie znano jeszcze neuroleptyków, a w leczeniu zaburzeń psychicznych stosowano śpiączkę insulinową i elektrowstrząsy. Podstawowym negatywnym następstwem leukotomii były głębokie zmiany w psychice i zachowaniu – z osób nadpobudliwych w skrajnie spowolniałe, wycofane, bierne, niejednokrotnie przykute do łóżka i wymagające stałej opieki pielęgniarskiej. Kres leukotomii położyło w latach 60. wprowadzenie na rynek chlorpromazy – pierwszego z leków psychoaktywnych.

Rozkwit neurochirurgii czynnościowej w zakresie leczenia zaburzeń ruchu przerwało natomiast w 1967 r. wprowadzenie do sprzedaży preparatów L-DOPY. Czy pamiętają państwo wzruszający film „Przebudzenia”, z Robertem De Niro i Robinem Williamsem w rolach głównych, o ludziach pozostających przez wiele lat w stanie katatonii, którzy pod wpływem nowego leku (L-DOPY) budzą się do życia? Opowiada on autentyczną historię, opisaną w książce przez bohatera tej opowieści – nowojorskiego neurologa Olivera Sacksa. Znakomite wyniki leczenia farmakologicznego spowodowały odejście od metod inwazyjnych, a liczba przeprowadzanych zabiegów spadła ponad 10-krotnie.

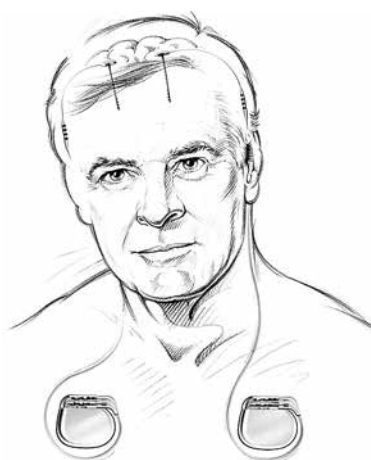
Na renesans neurochirurgii czynnościowej i stereotaktycznej trzeba było czekać aż dwie dekady. Złożyło się na to kilka czynników. Po pierwsze, za sprawą wprowadzenia do praktyki klinicznej tomografii komputerowej i rezonansu magnetycznego dokonał się przełom w obrazowaniu mózgu. Po wtó-

re, stało się jasne, że leczenie preparatami L-DOPY może prowadzić z czasem do wyczerpywania się jej pozytywnego efektu terapeutycznego i występowania efektów ubocznych, a narastająca liczba dotkniętych tym zjawiskiem pacjentów skłoniła do poszukiwania nowych metod leczenia. Po trzecie, w okresie tym opracowano współczesne koncepcje funkcjonowania ośrodkowego układu nerwowego w zakresie kontroli ruchu, nastroju, emocji.

Odtąd rozwój stereotaktycznej neurochirurgii czynnościowej postępował dwutorowo. Z jednej strony kontynuowano doświadczenia lat 60. z zabiegami ablacyjnymi, zastąpionymi z czasem przez wywołujące podobny efekt, ale jednocześnie odwracalne zabiegi neuromodulacji (neurostymulacji), mające charakter leczenia objawowego, zmierzającego do przywrócenia zaburzonej przez chorobę równowagi w zakresie ośrodków centralnego układu nerwowego. Z drugiej strony podjęto nowatorskie próby restytucji utraconej funkcji podlegających zwyrodnieniu obszarów mózgu drogą przeszczepów tkankowych. Podczas gdy ostatnia z wymienionych metod w zasadzie nie wyszła poza ramy eksperymentu medycznego i jak na razie nie przyniosła przekonujących rezultatów, to neuromodulacja jest obecnie jednym z najbardziej aktywnie rozwijających się obszarów neurochirurgii, znajdując liczne zastosowania kliniczne. Pierwsze zabiegi neurostymulacji struktur głębokich mózgu przy pomocy wszczepianych na stałe urządzeń przeprowadzono w latach 70. w leczeniu bólu. Zostały one ostatecznie wycofane z praktyki klinicznej w 1990 roku, po uznaniu przez amerykańską Agencję ds. Żywności i Leków (FDA) za nieefektywne. Jednocześnie zaobserwowano poprawę kliniczną w zakresie drżenia u pacjentów leczonych neurostymulacją z powodu bólu. Obserwacje te skłoniły do zastosowania neuromodulacji w leczeniu drżenia. Próby takie – zakończone sukcesem - podjęto u chorych z drżeniem w przebiegu stwardnienia rozsianego, choroby Parkinsona, jak i z drżeniem samoistnym. Następnie wprowadzono stymulację w kolejnych pozapiramidowych zaburzeniach ruchu – chorobie Parkinsona i dystonii. Aktualnie metoda ta stosowana jest coraz szerzej w leczeniu zaburzeń psychiatrycznych – zespołów natręctw i lekoopornej depresji.

W Polsce pierwsze zabiegi czynnościowe przeprowadził w połowie ubiegłego wieku w ośrodku warszawskim Jerzy Choróbski. Operacje wykonywał drogą kraniotomii, bez stosowania metod stereotaktycznych. Stereotaksję do leczenia zaburzeń ruchu w latach 60. XX wieku wprowadził w ośrodku krakowskim Oskar Liszka. W kolejnym dziesięcioleciu ablacje stereotaktyczne w zaburzeniach pozapiramidowych

przeprowadzał w ośrodkach: łódzkim i warszawskim Eugeniusz Mempel. Pionierem stosowania przeszczepów tkankowych i obustronnej neuromodulacji niskowzgorza w chorobie Parkinsona był pracujący w Warszawie Mirosław Ząbek. W ośrodku bydgoskim, za sprawą Marka Harata, wprowadzono stymulację mózdzku w leczeniu spastyczności, stymulację rdzenia kręgowego w leczeniu dusznicy bolesnej, stymulację kory mózgowej w leczeniu bólu ośrodkowego oraz zabiegi ablacyjne w zespole obsesyjno-kompulsyjnym. Obecnie zabiegi z zakresu neurochirurgii czynnościowej wykonywane są na terenie całego kraju, a liczba ośrodków neurochirurgicznych przeprowadzających takie operacje systematycznie rośnie.



© Medtronic, Inc. 2008

Ryc. 1. Pacjent z obustronnie wszczepionymi układami do stymulacji głębokiej mózgu (dzięki uprzejmości Medtronic Poland, S.A.).

Stymulacja głęboka mózgu – dziś i jutro

Aktualnie stosowane urządzenie (ryc. 1) wyglądem przypomina rozrusznik serca – składa się z baterii połączonej z generatorem impulsów elektrycznych, przewodu oraz elektrody.

Cały układ implantowany jest podskórnie: generator impulsów umieszczany jest najczęściej poniżej obojczyka i za pomocą przewodu łączy się go z elektrodą stymulującą, chirurgicznie implantowaną w wybranym obszarze mózgu. Gdy zabieg ma wywołać efekt obustronny, konieczne jest obustronne wszczepienie elektrod. Po włączeniu stymulacji przepływający prąd w sposób odwracalny modyfikuje aktywność drażnionego obszaru, prowadząc do czynnościowej poprawy u pacjenta. Praca stymulatora regulowana jest telemetrycznie za pomocą programatora. Dostępne są już na rynku modele umożliwiające przeskórne ładowanie baterii z wykorzystaniem zjawiska indukcji elektromagnetycznej.

Rozwój neuromodulacji jest niezwykle dynamiczny. Coraz bardziej dogłębne poznanie fizjologii

i patofizjologii obszarów mózgu odpowiedzialnych za ból, kontrolę funkcji motorycznych czy występowanie zaburzeń psychicznych umożliwiło identyfikację potencjalnych celów anatomicznych dla zabiegów neurochirurgii czynnościowej i pozwoliło na skuteczne zastosowanie tej metody w leczeniu zaburzeń ruchowych (choroba Parkinsona, pourazowe zespoły parkinsonowskie, drżenia, dystonie, spastyczność, mioklonie), zespołów bólowych niepoddających się leczeniu farmakologicznemu (bóle nowotworowe, denerwacyjne i neuralgie, klastrerowe bóle głowy), padaczki oraz zaburzeń psychiatrycznych (zespoły natręctw, stany lękowe, lekooporna depresja, agresja, schizofrenia). Początkowo metoda ta zarezerwowana była dla pacjentów z najcięższymi postaciami chorób, u których wyczerpano inne, mniej inwazyjne możliwości terapeutyczne. Obecnie coraz częściej do zabiegów kwalifikowane są osoby młodsze, we wcześniejszym stadium schorzenia, którym stymulacja zapewnić może większe korzyści, a nawet spowolnić postęp choroby.

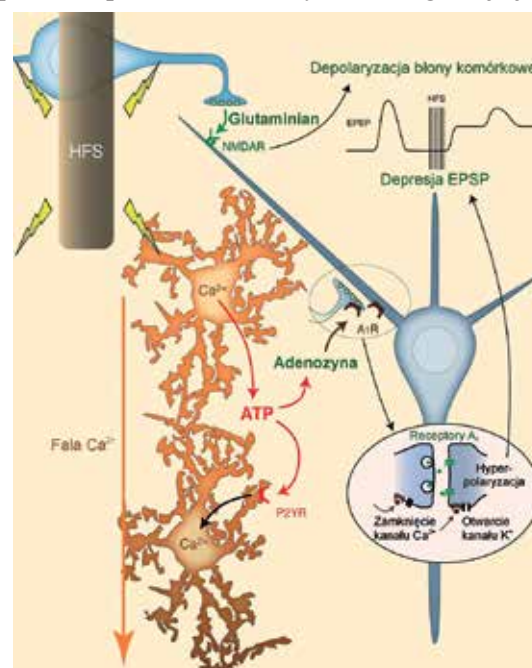
Pomimo dużej i ciągle rosnącej popularności stymulacji struktur głębokich mózgu, czego przejawem jest szybki wzrost liczby leczonych tą metodą pacjentów, mechanizm jej działania nie został w pełni wyjaśniony. Efektywność kliniczna tej metody sprawiła, że została ona szeroko wdrożona do praktyki medycznej jeszcze zanim zdołano poznać jej efekty na poziomie komórkowym. Aktualnie wiadomo, że stymulacja głęboka mózgu powoduje zarówno inhibicję (zmniejsza lub całkowicie blokuje miejscową aktywność komórek nerwowych i - w efekcie - czynnościowo wyłącza stymulowaną tkankę), jak i pobudzenie określonych struktur neuralnych, a obserwowane na poziomie komórkowym efekty działania w dużej mierze zależą od struktury docelowej i metody stymulacji. Jeszcze do niedawna nie wiadomo, które efekty komórkowe odgrywają kluczową rolę w odniesieniu do redukcji objawów klinicznych, a które mają charakter epifenomenów. Więcej światła na mechanizm działania stymulacji rzuciły - nomen omen - badania z wykorzystaniem światła laserowego. Mowa tu o badaniach z zakresu niedawno wyodrębnionej nowej dziedziny nauki – optogenetyki. Naukowcy z Uniwersytetu Stanforda w USA wyhodowali myszy transgeniczne, u których w sposób wybiórczy, w ściśle określonych populacjach komórkowych ośrodkowego układu nerwowego, produkowane są wrażliwe na światło błonowe kanały jonowe, pochodzące od sinic lub bakterii. Choć brzmi to skomplikowanie, idea jest prosta – za pomocą wszczepianych do mózgu światłowodów można przy zastosowaniu światła laserowego o określonej barwie,

odmiennej dla poszczególnych kanałów, z dużą częstotliwością je otwierać. Przekłada się to na pobudzenie lub hamowanie określonej grupy komórek. Efekt jest podobny do następstw stymulacji elektrycznej, jednak ma charakter znacznie bardziej wybiórczy. W konsekwencji po raz pierwszy wykazano, że to pobudzenie grupy komórek łączących korę mózgową z obszarami podkorowymi ma kluczowe znaczenie dla obserwowanej klinicznie poprawy w chorobie Parkinsona. Budzi to nadzieje na znalezienie nieinwazyjnej metody stymulacji powierzchniowych obszarów mózgu, bez konieczności ingerencji chirurgicznej w jego głębi. Metodą tą może okazać się dobrze znana, stosowana w psychiatrii i neurologii, przezczaszkowa stymulacja magnetyczna.

Z drugiej strony, wyjaśnienie mechanizmu stymulacji głębokiej mózgu na poziomie komórkowym i molekularnym, poznanie mechanizmów receptorowych odpowiedzialnych za wystąpienie jej efektów, może mieć kluczowe znaczenie dla wprowadzenia farmakologicznych metod wspomagających lub wręcz zastępujących inwazyjną procedurę implantacji elektrod (wyniki niedawno opublikowanych badań wskazują na istotną rolę adenozyiny – ryc. 2). Jest to o tyle istotne, że oprócz bezsprzecznych korzyści chirurgiczna manipulacja w obszarach głębokich mózgu niesie ze sobą pewne ryzyko. Najpoważniejsze powikłania – krwotok czy niedokrwienie – występują bardzo rzadko (poniżej 1% przypadków). Wyższe jest natomiast ryzyko wystąpienia efektów ubocznych związanych z objęciem stymulacją obszarów sąsiadujących z planowanym celem. Opisano pojedyncze przypadki, w których leczenie głęboką stymulacją wiązało się z wystąpieniem halucynacji, stanów depresyjnych, hiperseksualnością, większą skłonnością do hazardu czy deficytami w przetwarzaniu informacji.

Niewątpliwie jednak najbliższa przyszłość należy do neuromodulacji. W przeciwieństwie do przeszczepów tkankowych, metoda ta uzyskała powszechną akceptację, a liczba zoperowanych na całym świecie pacjentów sięga stu tysięcy. Liczba publikacji naukowych i nowych zastosowań tej metody rośnie lawinowo. Już dziś prowadzone są badania kliniczne z zastosowaniem neurostymulacji w otyłości, zaburzeniach pamięci, w chorobie Alzheimera, a nawet w zaburzeniach świadomości u pacjentów po urazach czaszkowo-mózgowych. Uzyskiwane efekty są spektakularne – zdołano przebudzić chorych, którzy pozostawali w stanie przypominającym śpiączkę przez lata – podobnie jak we wspomnianym filmie „Przebudzenia”. W odróżnieniu od historii przedstawionej w filmie dotychczasowe wyniki wskazują na to, że efekt neuromodulacji może być permanentny. Przy-

czyniają się do tego zastosowane w stymulatorach zaawansowane technologicznie rozwiązania. Każda elektroda drażniąca wyposażona jest w 4 niezależne kontakty z możliwością oddzielnego programowania parametrów prądu stymulującego w konfiguracji jedno- lub dwubiegunowej (obudowa generatora impulsów spełnia rolę anody w konfiguracji jedno-



Ryc. 2. Uwalnianie ATP z astrocytów (po lewej) odgrywa istotną rolę w mechanizmie stymulacji wzgórza prądem o wysokiej częstotliwości w leczeniu drżenia. Stymulacja (HFS, ang. high frequency stimulation) prowadzi do aktywacji astrocytów, wywołując uwalnianie ATP. ATP rozkładany jest w przestrzeni zewnątrzkomórkowej do adenozyiny. Adenozyina, działając na drodze aktywacji receptorów A1, powoduje depresję pobudzających potencjałów postsynaptycznych (EPSP) i hamuje nieprawidłową aktywność neuronalną wzgórza. ATP uczestniczy ponadto w pobudzeniu kolejnych astrocytów na drodze aktywacji receptorów P2YR. Synaptycznie uwalniany glutaminian powoduje przejściową depolaryzację działającą za pośrednictwem receptorów jonotropowych (NMDAR).

biegunowej). Daje to sięgającą niemal 30.000 liczbę teoretycznie możliwych ustawień. Tak więc, w przeciwieństwie do zabiegów uszkadzających, w przypadku wyczerpywania się efektów neuromodulacji wystarczy z reguły umiejętnie przeprogramować urządzenie by uzyskać poprawę kliniczną.

O sukcesie w głównej mierze decyduje oczywiście precyzja chirurgicznej implantacji elektrody. Aby ją zwiększyć stosuje się coraz bardziej zaawansowane metody obrazowania ośrodkowego układu nerwowego i udoskonala się oprogramowanie, służące do planowania trajektorii wprowadzenia elektrod. Ze względu na istotną zmienność osobniczą oraz fakt, że obraz radiologiczny danej struktury nie zawsze precyzyjnie lokalizuje jej obszary istotne czynnościowo, stosuje się śródoperacyjnie badania neurofizjologiczne. Wszystko to znacznie komplikuje i wydłuża operację (zwłaszcza, gdy zachodzi konieczność repozycji

elektrod) oraz zwiększa ryzyko popełnienia błędu. Rozwiązanie tego problemu podsuwa sama natura – czy to w przypadku ewolucji, czy też w rozwoju osobniczym (na przykład układu nerwowego) mamy do czynienia ze znacznym nadmiarem – odpowiednio osobników bądź neuronów. Te z nich, które nie spełniają wymogów (nie są dostatecznie przystosowane lub nie osiągają struktur docelowych), podlegają eliminacji. Podobnie w neuromodulacji istnieje techniczna możliwość zastosowania wielokontaktowych elektrod (64 i więcej kontaktów), które mogłyby zostać wszczepione, nawet w liczbie kilku, wyłącznie na podstawie neuroobrazowania, bez stosowania czasochłonnych badań neurofizjologicznych. Wykluczyłoby to konieczność repozycjonowania i czasochłonnego poszukiwania optymalnego położenia elektrody

podczas zabiegu u czuwającego pacjenta. To w przeprowadzonym już po zakończeniu operacji procesie programowania stymulacji następowałaby selekcja odpowiednich kontaktów i ustawień, dających optymalne efekty kliniczne. Warunkiem jest oczywiście takie zaprojektowanie elektrod, aby możliwe było niemal dowolne kształtowanie generowanego przez nie szybkozmiennego pola elektrycznego.

Możliwości rozwoju neuromodulacji są – jak zatem widać – bardzo duże. Jako przeprowadzający tego typu zabiegi spodziewam się i oczekuję na dalszy postęp w zakresie tej metody. W dłuższej perspektywie duże nadzieje należy również wiązać z wprowadzeniem metod leczenia przyczynowego, związanych z zastosowaniem inżynierii genetycznej i wykorzystaniem komórek macierzystych.

Dr Witold Libionka, Collegium Medicum, Uniwersytet Jagielloński.



BIOLOGIA MOLEKULARNA UCZENIA SIĘ I PAMIĘCI: SPOJRZENIE BARDZO SUBIEKTYWNE

Leszek Kaczmarek (Warszawa)

Zrozumienie istoty procesów tworzenia i magazynowania pamięci stanowi od lat jedno z głównych wyzwań badań nad mózgiem. Jest to zagadnienie fascynujące. Pamięć przecież definiuje naszą osobowość, a zatem w gruncie rzeczy decyduje o naszym człowieczeństwie. Jednocześnie uważa się, że poznanie tego zjawiska to wkroczenie na drogę wyjaśnienia również i innych wyższych czynności intelektualnych, a wśród nich świadomości. Pamięć bowiem, w przeciwieństwie do innych wymienionych zjawisk, można stosunkowo łatwo badać doświadczalnie. Istnieją liczne testy pozwalające zmierzyć pamięć u zwierząt, a także i u człowieka. Ostatnie lata to wielki rozwój badań mózgu, w tym i badań nad procesami uczenia się i pamięci (w języku angielskim traktuje się te zjawisko zwykle łącznie, stosując zbitkę słowną - *learning and memory*). Przyczyna tego rozwoju kryje się niewątpliwie w postępie metod badawczych, z jednej strony pozwalających na obrazowanie aktywnego mózgu żywego człowieka, a z drugiej, wykorzystując zwierzęta doświadczalne, na głębokie wniknięcie w strukturę komórkową i molekularną.

Nie mamy dzisiaj wątpliwości, że pamięć jest ulokowana w mózgu. Mózg stanowi sieć komórek nerwowych (neuronów), kontaktujących się za pomocą swoistych złącz, czyli synaps. Impuls elektryczny przebiegający przez neuron dociera do końca

długiej wypustki zwanej aksonem i tam powoduje uwalnianie przekaźnika nerwowego. Ten zaś dociera (poprzez przestrzeń międzykomórkową) do białek ulokowanych na krótkich wypustkach (dendrytach) innych neuronów. Białka te - receptory przekaźnika - przenoszą do wnętrza komórki nerwowej informację, umożliwiającą jej pobudzenie. Każdy neuron połączony jest w ten sposób z olbrzymią liczbą (sięgającą 10 000!) innych komórek nerwowych. Siła tego połączenia jest swoista dla każdej pary neuronów i jest zapewne wyrazem zarówno ilości uwolnionego przekaźnika, jak też reaktywności białek receptorowych, a zwłaszcza ich zdolności do przeniesienia sygnału do wnętrza komórki. Siła ta może ulegać zmianom w toku uczenia się, stanowiąc materialny podkład śladu pamięciowego. W pewnym uproszczeniu można powiedzieć, że ślad pamięciowy jest drogą, po której informacja przekazywana jest w sieci komórek nerwowych. W konsekwencji, pytanie o naturę pamięci sprowadza się do potrzeby zrozumienia mechanizmu molekularnego odpowiedzialnego za modyfikację siły połączeń synaptycznych. Oczywiście można oczekiwać, że zmiana ta zachodzi w obrębie synapsy. Nie można jednakowoż wykluczyć, że podłożem tej zmiany są procesy zachodzące również w innych częściach komórki, w tym również w jądrze komórkowym.

Stwierdzenie, że zespół wszystkich genów komórki, czyli genom, odgrywa istotną rolę w procesach uczenia się jest oczywiście truizmem. Tak jak truizmem jest podobne stwierdzenie w odniesieniu do funkcjonowania jakiegokolwiek komórki jądrzastej. Można się bowiem spodziewać, że jeśli geny byłyby zbędne dla czynności pewnych komórek, to podobnie jak dojrzałe krwinki czerwone ssaków, komórki takie byłyby pozbawione jądra i zawartych w nim genów. Można jednak sądzić, że genom odgrywa w tworzeniu śladów pamięciowych rolę jedynie bierną, służąc jako nośnik informacji o strukturze różnych rodzajów RNA i białek niezbędnych dla prawidłowego działania komórki nerwowej. Wiele zresztą badań wykazało taką właśnie funkcję genów. Na przykład odkryto mutanty muszki owocowej cechujące się zaburzeniami uczenia się. Podobne mutanty myszy otrzymano również w laboratorium. Interesujące, że zarówno w przypadku muszki, jak i myszy, zmutowane geny kodowały bardzo ważne białka, których rolą jest regulacja podstawowych procesów życiowych każdej w zasadzie komórki (były to głównie białka zaangażowane w wewnątrzkomórkowe przekazywanie informacji). Można się spodziewać, że brak takich białek dezorganizuje wiele różnych procesów komórkowych, w tym i tych stanowiących biochemiczne podłoże pamięci.

Od początku lat 60. sądzono jednak, że w toku uczenia się dochodzi do pobudzenia aktywności pewnych, zupełnie wówczas nieznanych, genów. Przemawiały za tym wyniki doświadczeń z inhibitorami syntezy białka i RNA. Okazało się bowiem, że podanie zwierzęciu takich substancji uniemożliwiało tworzenie długotrwałych (czyli trwających co najmniej przez kilka dni) śladów pamięciowych. Co więcej, tylko inhibitory podane w okresie treningu behawioralnego (czyli sesji uczenia się) miały taki wpływ. Wskazywało to na to, że w czasie uczenia się dochodzi do pobudzonej aktywności (ekspresji) pewnych genów, a w konsekwencji zwiększonej syntezy nieznanych wówczas białek. Białka te są następnie niezbędne dla utworzenia długotrwałych śladów pamięci. Fakt, że traktowanie zwierząt tymi substancjami nie hamowało zdolności do zapamiętywania na kilka godzin świadczył, że omawiane inhibitory nie wywierały swego wpływu poprzez blokowanie zdolności zwierzęcia do percepcji bodźców, motywacji do wykonania zadania, czy też nie wykazywały innego nieswoistego działania.

W drugiej połowie lat 80. podjęto pierwsze próby zbadania, czy ekspresja (mierzona poziomem swoistego mRNA) określonych genów może się zmieniać w toku uczenia się. Wybrano modele uczenia się, wykorzystujące testy oparte o tzw. obronne

odruchy warunkowe. W naszych pracach rozpoczętych wspólnie z zespołem H. Matthiesa z Magdeburga, a kontynuowanych we współpracy z zespołem K. Zielińskiego w Instytucie Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego PAN w Warszawie, analizowaliśmy wpływ nabywania tzw. dwukierunkowej reakcji unikania na ekspresję genów. Eksperyment przeprowadzany był w aparacie zwanym klatką wahadłową. Składa się ona z dwóch identycznych części. W każdej z nich podłoga zbudowana jest z metalowych prętów, przez które można dostarczyć łagodny bodziec bólowy (prąd elektryczny o natężeniu ok. 1 mA), w każdej jest także źródło światła i dźwięku. Zwierzę jest umieszczone np. w lewej części. W pewnym momencie gaśnie w niej światło, co stanowi sygnał, że w ciągu pięciu sekund w tej części klatki zostanie podany prąd. Szczur ma zatem pięć sekund na przebiegnięcie do części prawej. Jeśli tego nie zrobi, jest karany bodźcem bólowym, jeśli zaś reakcję wykona poprawnie to bodźca bólowego nie otrzymuje. Może zatem uniknąć bólu i dlatego taka procedura nazywa się nabywaniem reakcji unikania.

Stwierdziliśmy, że pojedyncza sesja treningowa składająca się z 50 prób i trwająca około 25 minut powoduje wzmogoną aktywność genu *c-fos* oraz genu *zif268* w mózgu szczura. W kolejnych doświadczeniach stwierdziliśmy, iż samo wykonanie już wyuczonej reakcji unikania przez zwierzęta już nauczone, nie wywołuje podwyższonej aktywności genu. Sądzimy zatem, że to właśnie proces uczenia się jest odpowiedzialny za obserwowane zjawisko. Warto tu dodać, że produkt genu *c-fos*, czyli białko c-Fos stanowi składnik czynnika transkrypcyjnego (zwanego AP-1), czyli kompleksu białkowego zdolnego do regulacji ekspresji wielu genów. Podobną rolę odgrywa i białko Zif268. Zarówno my, jak i inni badacze potwierdzili te obserwacje w następnych eksperymentach, wykazując wzmogoną w konsekwencji treningu ekspresję również i innych czynników transkrypcyjnych.

Bardzo ciekawe wyniki uzyskaliśmy w ramach wspólnej pracy międzynarodowego zespołu badawczego koordynowanego przez A.J. Silvę z Uniwersytetu Kalifornijskiego w Los Angeles. Jego zespół pokazał w 2001 roku, że myszy heterozygotyczne względem genu kodującego podjednostkę alfa kinazy II zależnej od wapnia i kalmoduliny (α CamKII), czyli mające jedną kopię genu prawidłową, a drugą zmutowaną, są niezdolne do tworzenia śladów pamięci dłuższych niż kilka dni. W doświadczeniach tych zastosowano trening nabywania reakcji warunkowania strachu. Podobnie, jak to opisano powyżej, mysz jest umieszczona w specjalnej klatce, tym razem pojedynczej, z podłogą zbudowaną z metalowych prętów, przez któ-

re można podać łagodny bodziec prądowy. Ponowne umieszczenie zwierzęcia w tej samej klatce wyzwała u niego reakcję strachu, wyrażającą się zamieraniem, nawet gdy mysz nie otrzymuje bodźca prądowego. Pamięć badana w ciągu kilku dni po treningu była zaś w pełni prawidłowa. Podjęliśmy więc próbę wykrycia, gdzie lokują się krótkotrwałe, a gdzie długotrwałe ślady pamięci. Aby poznać odpowiedź na te pytania, określiliśmy poziom białek c-Fos i Zif268 w różnych regionach mózgu myszy. Okazało się, u myszy kontrolnych, genetycznie prawidłowych, ponowna ekspozycja na środowisko, w którym zwierzę było trenowane, powodowała nagromadzenie się obu białek w hipokampie, jeśli doświadczenie było wykonane w kilka dni po treningu, a wybranych częściach kory mózgowej, jeśli po kilku tygodniach. Tego drugiego efektu (ekspresji białek c-Fos i Zif268 w korze mózgowej) nie obserwowaliśmy u myszy zmutowanych. Wyciągnęliśmy stąd wnioski, że owe obszary kory mózgowej są niezbędne dla zapamiętywania na dłuższy czas.

Kolejne nasze badania miały na celu wyjaśnienie, jak działa opisane powyżej „białko pamięci” c-Fos. Jak wspomniano, jest to składnik czynnika transkrypcyjnego AP-1, czyli regulatora aktywności genów. Z faktu, że jego nagromadzenie w komórkach nerwowych towarzyszy uczeniu się można sądzić, co zresztą znajduje już stopniowe potwierdzenie, że muszą istnieć inne geny regulowane przez ten czynnik transkrypcyjny. Wydaje się, że geny te mogą kodować białka kontrolujące siłę połączeń między komórkami nerwowymi. Warto tu podkreślić, że w takim rozumieniu nie ma miejsca na pojedyncze białko, czy cząsteczki kwasów nukleinowych, które zawierałyby w sobie ślady pamięciowe. Zwiększenie ilości białka to tylko pierwszy etap w tworzeniu śladu pamięci. Bardzo ważne jest również właściwe umiejscowienie tego białka w komórce nerwowej, np. w określonych synapsach. Rodzi się zatem pytanie o zdolność neuronów do zapewnienia tak specyficznej lokalizacji wybranych mRNA lub białek. Ostatnie badania to przełom w tej dziedzinie. Okazuje się, że istnieją mechanizmy bardzo swoistego transportu i umiejscowienia wręcz w wybranych synapsach (po stronie postsynaptycznej, czyli w określonych końcówkach dendrytów) – zarówno określonych białek, jak i mRNA, które ulega tutaj lokalnej translacji. Zatem dopiero umiejscowienie jakiegokolwiek biochemicznego nośnika informacji w ściśle określonym miejscu sieci nerwowej ma sens dla tworzenia śladów pamięciowych.

W poszukiwaniu genów regulowanych przez c-Fos skupiliśmy się na badaniach nad układem enzymatycznym białek zdolnych do modyfikacji macierzy zewnątrzkomórkowej (ang. *extracellular matrix*, ECM). Coraz liczniejsze są bowiem dowody na kon-

trolę siły połączeń synaptycznych przez otaczającą macierz białek pozakomórkowych. W tym kontekście pojawia się pytanie, jakie czynniki mogą kontrolować z kolei skład i strukturę tej macierzy. Oczywiście wydaje się tu hipoteza o udziale specyficznych proteaz, zdolnych do rozkładu określonych składników ECM. Wykazaliśmy, że tkankowy inhibitor metaloproteaz (TIMP-1) jest regulowany w komórkach nerwowych hipokampa na poziomie ekspresji genu przez c-Fos/AP-1. Ta obserwacja skłoniła nas do badań regulowanych przez TIMP-1 metaloproteaz macierzy zewnątrzkomórkowej (*matrix metalloproteinases*, MMP). Odkryliśmy, że jedna z nich, MMP-9, jest obecna w komórkach nerwowych hipokampa i jej zawartość jest regulowana przez aktywność komórek nerwowych. Co więcej, dokonaliśmy bardzo zaskakującego odkrycia, że pobudzenie czynnościowe (bioelektryczne) neuronów hipokampa prowadzi do translokacji mRNA MMP-9 do synaps, w okolice postsynaptyczne. Nic zatem dziwnego, że na synapsach oraz w ich okolicach wykryliśmy również białko MMP-9 i jego aktywność enzymatyczną. Zważywszy na kluczową rolę modyfikacji synaps w uczeniu się, nie są także zaskoczeniem wyniki naszych badań nad uczeniem się i plastycznością synaptyczną u zwierząt, u których MMP-9 została zablokowana, czy też jej gen zmutowany. W takich warunkach procesy uczenia się i pamięć zostały upośledzone.

Opisane powyżej wyniki badań wydawały się mieć charakter wyłącznie podstawowy, pomagając zrozumieć istotę fascynującej cechy naszego umysłu – pamięci. Okazuje się jednak, że mają one także swoją drugą, medyczną i potencjalnie aplikacyjną stronę. Nasze ostatnie prace wskazują, że badając ekspresję c-Fos oraz MMP-9/TIMP-1, dotykamy biologicznego podłoża poważnych patologii: padaczki, chorób psychicznych, uzależnienia od alkoholu etylowego czy kokainy. Pokazaliśmy na przykład, że u myszy z uszkodzonym genem MMP-9 dużo trudniej jest wywołać padaczkę, a z kolei u szczurów z dodatkową kopią tego genu – łatwiej. We wszystkich powyższych schorzeniach mamy bowiem do czynienia z zaburzeniami plastyczności neuronalnej, w tym i synaptycznej.

Szczególnie fascynujące są wyniki naszych wspólnych prac z prof. Januszem Rybakowskim z Poznania, w których wykazaliśmy, że różna ekspresja genu MMP-9 może mieć znaczenie w chorobach psychicznych człowieka. Badania te wynikały z poprzednio nagromadzonej wiedzy o roli MMP-9 w schorzeniach innych narządów niż mózgu oraz odkrycia różnych wariantów genu kodującego MMP-9 u człowieka. Warianty te, tzw. polimorfizmy, cechują

się np. różnym poziomem aktywności genu. Wykazaliśmy, że polimorfizm skutkujący mniejszą ekspresją MMP-9 jest częstszy u chorych na schizofrenię, a rzadszy u cierpiących na chorobę maniako-depresyjną, niż u osób zdrowych. Wyniki tych badań są w zgodzie z innymi ostatnimi odkryciami, wskazującymi, że zmiany plastyczności synaptycznej leżą

u podłoża chorób psychicznych. Taki postęp naszej wiedzy – wskazujący na rolę podobnych mechanizmów leżących u podłoża uczenia się i pamięci, jako wybranych wyższych czynności intelektualnych z jednej strony, a ich zaburzeń w postaci chorób psychicznych z drugiej, jest niewątpliwie fascynujący, acz nie całkiem nieoczekiwany...

Prof. dr hab. Leszek Kaczmarek, Kierownik Pracowni Neurobiologii Molekularnej Instytutu Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego PAN, 02-093 Warszawa, Pasteura 3, tel. (22) 659-30-01, fax: (22) 822-53-42; E-mail: l.kaczmarek@nencki.gov.pl



Wsparcie udzielone przez Islandię, Liechtenstein i Norwegię poprzez dofinansowanie ze środków Mechanizmu Finansowego Europejskiego Obszaru Gospodarczego oraz Norweskiego Mechanizmu Finansowego, a także ze środków budżetu Rzeczypospolitej Polskiej w ramach Funduszu dla Organizacji Pozarządowych.

PESTYCYDY: ZA CZY PRZECIW?

Ryszard Laskowski (Kraków)



Pestycydy to termin bardzo ogólny, obejmujący ogromną grupę substancji chemicznych, których jedyną wspólną cechą jest to, że służą do niszczenia organizmów uznanych przez człowieka za szkodniki (łac. *pestis* – zaraza, plaga; *caedere* – zabijać). Znajdziemy wśród nich zarówno substancje nieorganiczne (np. zieleń paryska – $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, kryolit – Na_3AlF_6), jak i całą gamę substancji organicznych (np. DDT, aldryna, dimetoat, chlorpiryfos i wiele innych). Obecnie znanych jest około 1500 takich substancji, należących do ponad 50 klas związków chemicznych. Pod względem powszechności stosowania pierwsze miejsce zajmują herbicydy – substancje do zwalczania chwastów, stanowiące około 60% światowego zużycia pestycydów. Na miejscu drugim znajdują się fungicydy, służące do walki z grzybami (do 20% światowego zużycia), zaś miejsce trzecie to dość zróżnicowana grupa związków chemicznych używanych do walki ze szkodnikami zwierzęcymi – zoocydy (około 10-20% zużycia). Pozostałe kilka procent przypada na wszelkie inne substancje stosowane do walki ze szkodnikami i chorobami, np. baktericydy. Jak widać z tego zestawienia, pestycydy służą bardzo różnym celom. Ochrona roślin uprawnych przed szkodnikami, mikroorganizmami chorobotwórczymi oraz konkurencją ze strony innych roślin (chwastów), umożliwia zwiększenie plonów. Pestycydy stosowane przeciwko bakteriom oraz pasożytom zwierzęcym zapewniają dobry stan zdrowotny zwierząt

hodowlanych, a w konsekwencji większą produkcję mięsa, tłuszczu czy mleka. Chronią także nas samych przed owadami i pajęczakami roznoszącymi choroby oraz przed samymi organizmami chorobotwórczymi. Lista korzyści płynących ze stosowania pestycydów jest więc długa. Jest jednak druga strona medalu: pestycydy są skutecznym orężem w walce ze szkodnikami dzięki temu, że są dla nich toksyczne, nie jest zaś możliwe stworzenie takich substancji, których toksyczność ograniczałaby się do tych wyłącznie gatunków, przeciwko którym są kierowane. Zatem stosowanie pestycydów z definicji pociąga za sobą jakieś niekorzystne skutki, co czyni postawione w tytule artykułu pytanie jak najbardziej zasadnym. Zanim jednak będziemy mogli wytoczyć konkretne argumenty przemawiające za i przeciw powszechnemu stosowaniu pestycydów, musimy, choć pobieżnie, poznać te substancje.

Czym są pestycydy?

Nie miejsce tu na szczegółową prezentację wszystkich grup pestycydów pod kątem ich budowy chemicznej i mechanizmów oddziaływania na organizmy. Skupimy się zatem na tych, które wydają się nieść największe ryzyko dla człowieka i jego środowiska. Należą tu przede wszystkim środki stosowane do zwalczania szkodników owadzych – insektycydy, mimo że ich udział w ogólnym zużyciu pestycydów

wynosi mniej niż 20%. Najślawniejszym z nich (niektórzy powiedzieliby - najbardziej niesławnym) jest niewątpliwie DDT – dichlorodifenylotrichloroetan, w Polsce znany swego czasu pod nazwą handlową Azotox. Zsyntetyzowany w 1874 roku przez austriackiego chemika Othmara Zedlera, wówczas doktora Adolfa von Baeyera, profesora Uniwersytetu w Salzburgu, pozostał praktycznie nieznanym aż do roku 1939, kiedy to jego owadobójcze właściwości odkrył szwajcarski uczonek Paul Müller. DDT wszedł do powszechnego użycia już na początku lat 1940. To dzięki niemu udało się w czasie II Wojny Światowej opanować epidemię roznoszonego przez wszy tyfusu. Za swoje odkrycie Müller otrzymał w 1948 roku nagrodę Nobla, a DDT i jego pochodne przez z górą 20 lat stanowiły podstawowy oręż człowieka w walce ze szkodnikami upraw i owadami roznoszącymi choroby.

Jednak idea walki ze szkodnikami przy pomocy toksycznych substancji chemicznych nie jest bynajmniej wymysłem naszych czasów. Z zapisków historycznych wiadomo, że do niszczenia owadów pasożytów i roztoczy Sumerowie stosowali fumigację wewnątrz domów siarką już około 2000 lat przed naszą erą. Do walki ze szkodnikami upraw Chińczycy wykorzystywali naturalne pestycydy pochodzenia roślinnego, co najmniej 1000 lat p.n.e., zaś pluskwy zwalczali przy pomocy związków rtęci i arsenu. W XVII wieku po raz pierwszy jako pestycyd zastosowano siarczan nikotyny, a w wieku XIX odkryto dwa kolejne pestycydy pochodzenia naturalnego: pyretrynę, pochodzącą z kwiatów złocienia *Chrysanthemum cinerariaefolium* Vis., oraz rotenon z korzeni tropikalnych bobowatych (Fabaceae). Pestycydy nie tylko więc nie są substancjami odkrytymi niedawno, ale nawet nie są substancjami odkrytymi przez człowieka. Rośliny zawsze musiały się bronić przed roślinożercami, a najskuteczniejszą metodą obrony jest właśnie produkcja substancji toksycznych lub odstraszających. Należy do nich cała gama tzw. wtórnych produktów przemiany materii u roślin: glikozydy, flawonoidy, olejki eteryczne, garbniki, alkaloidy i inne. Niektóre z nich są tak silnie toksyczne dla zwierząt i występują w roślinach w tak wysokich stężeniach, że można je pozyskiwać na skalę przemysłową – jak ma to miejsce ze wspomnianymi wyżej pyretryną, nikotyną i rotenonem, czy też fizostygminą pozyskiwaną z bobu kalabarskiego (*Physostigma venenosum* Balf.).

Najważniejsze obecnie klasy insektycydów syntetycznych to związki chloroorganiczne, fosforoorganiczne, pyretroidy (pochodne pyretryny), rotenoidy (pochodne rotenonu), karbaminiany (należy tu m.in. fizostygmina) i substancje wywodzące się z nikotyny

– chloronikotynyle. Poza samym faktem, że są toksyczne dla owadów, łączą je dwie inne istotne cechy: wszystkie są substancjami organicznymi, wyraźnie lipofilnymi, wszystkie też działają bezpośrednio na układ nerwowy. Pestycydy chloroorganiczne przede wszystkim blokują kanały sodowe w komórkach nerwowych oraz Ca^{2+} -ATPazę, hamując w ten sposób repolaryzację neuronów, co uniemożliwia prawidłowe przekazywanie sygnału nerwowego. Działając na ATPazy, uszkadzają także funkcjonowanie mitochondriów. Zbliżone, choć nie do końca poznane, jest też działanie pyretroidów, które wchodzi w interakcje głównie z kanałami sodowymi komórek nerwowych. Pestycydy fosforoorganiczne i karbaminiany blokują acetylocholinesterazę, uniemożliwiając rozkład acetylocholine, a tym samym pozostawiając układ nerwowy w stanie wzbudzenia, co uniemożliwia normalne przewodzenie sygnałów nerwowych. Mechanizm działania chloronikotynyli jest odmienny – wiążą się one z receptorami acetylocholine na błonie postsynaptycznej, ale skutek jest podobny – upośledzenie przekazywania sygnałów nerwowych pomiędzy neuronami. Rotenoidy upośledzają produkcję ATP w komórkach nerwowych, a bezpośrednią przyczyną śmierci z powodu zatrucia tymi substancjami jest najprawdopodobniej uszkodzenie funkcji oddechowych.

Teraz wiemy już o pestycydach wystarczająco dużo, by spróbować się zmierzyć z pytaniami o rolę pestycydów w naszym życiu, w naszej cywilizacji. Czy ze względu na liczne korzyści możemy i powinniśmy używać pestycydów, czy też ich skutki uboczne są tak poważne, że należałoby wprowadzić powszechny zakaz ich stosowania? Czy rozstanie się z pestycydami jest w ogóle możliwe, czy też jesteśmy na nie skazani po wsze czasy? Problem jest ciekawy z jeszcze jednego względu – niemal codziennie możemy przeczytać lub usłyszeć w mediach skrajne na ten temat poglądy, a ich wyznawcy wychodzą czasami na ulice z transparentami (jeśli nie gorzej). Abyśmy mogli podejmować w tej sprawie racjonalne decyzje, trzeba poznać argumenty obu stron i skonfrontować je z faktami.

Pestycydy to nieszczęście dla ludzkości i biosfery - szkodzą środowisku i trują ludzi

Z przedstawionej wyżej krótkiej charakterystyki głównych grup insektycydów organicznych jasno wynika, że podstawowym mechanizmem ich działania jest upośledzanie działania systemu nerwowego. Równocześnie, w ogólnych zarysach, mechanizm działania systemu nerwowego jest wspólny dla całego królestwa zwierząt. Prostą implikacją tych dwóch faktów jest bardzo szerokie spektrum działania insek-

tycydów opartych na tym mechanizmie. Pewne różnice na poziomie mechanizmów przekazywania sygnałów nerwowych u gatunków zwierząt należących do różnych wielkich jednostek taksonomicznych, takich jak gromady, pozwalają wprawdzie obecnie na opracowywanie pestycydów bardziej toksycznych dla owadów niż dla ssaków, nie jest jednak możliwe opracowanie tego rodzaju substancji całkowicie bezpiecznych dla innych grup taksonomicznych niż organizmy docelowe (szkodniki). To między innymi z tego właśnie powodu Rachel Carson, autorka słynnej książki „Silent spring” („Milcząca wiosna”), wydanej w USA w 1962 roku, nazwała pestycydy „biocydami” – a więc substancjami zabijającymi nie tylko szkodniki (*pestis*), ale wszelkie życie (gr. βίος, czyt. *bios* - życie). Do napisania „Silent spring” skłoniło autorkę stosowanie w latach 1940 – 1960 na masową skalę nowo odkrytych pestycydów z DDT na czele. Bodaj najsłynniejszym przykładem problemów, jakie z tego wynikły, był przypadek kalifornijskiego jeziora Clear. W latach 50. XX w. zastosowano tam DDT do zwalczania niewielkich muchówek z rodziny Sciaridae. Muchówki nie były wprawdzie żadnym szkodnikiem, ale ich wielkie populacje, jakie każdej wiosny lęły się w jeziorze, nie były mile widziane przez turystów wypoczywających nad jego brzegami. Wstępne badania wykazały, że przy pomocy względnie niewielkich dawek DDT i jego pochodnej DDE, da się skutecznie ograniczyć populację Sciaridae. Pestycydy spełniły pokładane w nich nadzieje. Niestety nie przewidziano jednego zjawiska: skutek dużej hydrofobowości i łatwego rozpuszczania się w tłuszczach oraz dużej trwałości DDT i DDE, pestycydy kumulowały się w organizmach zwierząt żyjących w wodzie – następowała *bioakumulacja* toksycznej substancji. Wraz z tłuszczem drobnych zwierząt planktonowych DDT i jego metabolity trafiały do kolejnych ogniw łańcucha troficznego: ryb i drapieżnych ptaków, znów kumulując się w ich tkankach. To zjawisko wzrostu stężenia substancji toksycznych w kolejnych ogniwach łańcucha troficznego zostało później nazwane *biomagnifikacją*, czyli „biologicznym wzmocnieniem”. Rzeczywiście – ostatecznym skutkiem było „wzmocnienie” efektów na najwyższych poziomach troficznych – zaczęły ginąć perkozy, bieliki amerykańskie i inne drapieżne ptaki żywiące się rybami. Późniejsze badania wykazały niezbicie, że pestycydy organiczne generalnie wykazują tendencję do wzrostu stężenia wzdłuż łańcuchów troficznych (biomagnifikację). Zjawisko to powoduje, że nawet przy niewielkich dawkach pestycydy mogą osiągać w ciałach szczytowych drapieżników szkodliwe stężenia; aby po jakimś czasie uwidoczniły się negatywne skutki tego

zjawiska, nie muszą one występować w środowisku w stężeniach letalnych. To właśnie wydarzyło się w okolicach jeziora Clear.

Populacje szczytowych drapieżników mogą być zagrożone przez pestycydy nawet wówczas, gdy w ich tkankach letalne stężenia nie zostaną osiągnięte. Wystarczy, że spowodują zaburzenia rozrodu, a także zubożenie bazy pokarmowej, by po kilku latach liczebność populacji dramatycznie spadła. Taki negatywny wpływ insektycydów, zwłaszcza z grupy związków chloroorganicznych, został wielokrotnie dowiedziony, a w krajach, gdzie od wielu lat prowadzi się regularne badania liczebności ptaków, stwierdzono istotny spadek ich liczebności (rzędu 20-30%) na terenach otwartych – a więc tam, gdzie przede wszystkim stosuje się pestycydy. Podobne zjawisko zaobserwowano w Europie wśród motyli (średnio 10-15% spadku w krajach Unii Europejskiej), a można sądzić, że dotyczy ono także wielu innych organizmów, zwłaszcza owadów; jeśli o tym nie wiemy, to wyłącznie dlatego, że nie mamy dobrych historycznych danych o wielkości ich populacji. Gwoli naukowej uczciwości należy zaznaczyć, że przynajmniej za część obserwowanego spadku liczebności ptaków i motyli są zapewne odpowiedzialne inne zjawiska: osuszanie łąk, zmiana zagospodarowania terenów zielonych, zanieczyszczenia przemysłowe. Nie sposób określić procentowo, który z czynników w jakim stopniu odpowiada za te niekorzystne procesy. Nie ulega jednak wątpliwości, że pestycydy zajmują tu miejsce poczesne.

Nieprzewidziane negatywne skutki powszechnego i, dodajmy, w znacznej mierze beztroskiego stosowania DDT, wynikające z jego dużej lipofilności i trwałości w środowisku, doprowadziły do stopniowego wycofywania tego pestycydu z rynku, aż do całkowitego zakazu jego stosowania. W większości krajów Europy i Ameryki zakaz wprowadzono w latach 70. XX w. (Polska – 1976), a do połowy lat 90. ubiegłego wieku DDT został praktycznie wycofany z użycia na całym świecie. Stopniowo zastępowano go nowocześniejszymi insektycydami, jednak charakter działania większości insektycydów jest podobny – oddziałując na układ nerwowy, nie mogą być wysoce specyficzne, ponieważ sygnały nerwowe przekazywane są w praktycznie identyczny sposób u wszystkich zwierząt, w tym u człowieka. Można zatem uznać, że problemy znane z historii DDT w znacznej mierze odnoszą się także do większości innych organicznych insektycydów, w tym tych powszechnie dziś stosowanych.

Uboczne, niekorzystne skutki skażenia środowiska pestycydami dla człowieka nie są już tak dobrze dowiedzione, tym niemniej o niektórych z tych związków wiadomo, iż są potencjalnie kancerogenne (choć nie ma

pewnych dowodów na bezpośredni związek częstotliwości występowania nowotworów z narażeniem na pestycydy). Mogą też powodować zaburzenia układu endokrynnego. Najnowsze badania wskazują na rotenoidy jako substancje mogące przyczyniać się do rozwoju choroby Parkinsona, a rotenon stosuje się w badaniach nad tą chorobą do wywołania jej objawów u doświadczalnych myszy i szczurów.

Pestycydy to błogosławieństwo ludzkości - bez nich nie możemy istnieć

Jeśli uświadomimy sobie tempo wzrostu populacji człowieka w ciągu ostatnich dwustu lat, jeśli zdamy sobie sprawę z wykładniczego wzrostu zapotrzebowania na energię i pożywienie, przy równocześnie ograniczonych możliwościach dalszego poszerzania arealu upraw, staje przed nami iście maltuzjański obraz. Jak każda inna populacja, tak i nasza własna, podlega pewnym ograniczeniom. Ekolodzy nazywają te ograniczenia „pojemnością środowiska”. Wszelkie teoretyczne modele, wielokrotnie zweryfikowane empirycznie, o zdrowym rozsądku nie wspominając, wskazują, że liczebność żadnej populacji nie może rosnąć w nieskończoność. Przy pomocy modeli matematycznych i doświadczalnie można łatwo wykazać, że po okresie wykładniczego wzrostu następuje albo stabilizacja liczebności, albo, co gorsza, dramatyczny jej spadek, jeśli doszło do nadmiernego wyeksploatowania zasobów. W skrajnym przypadku może dojść do ekstynkcji populacji. Thomas Robert Malthus (1776 – 1834) zdał sobie z tego sprawę już w XVIII wieku i nawet jeśli pomylił się co do szczegółów, to miał stuprocentową rację co do generalnych faktów. Tymczasem nasza populacja wciąż rośnie i wiadomo, że jeśli nie nastąpi jakieś dramatyczne wydarzenie, będzie rosła jeszcze przynajmniej do końca bieżącego stulecia. Będzie nas wówczas jakieś 10-15 miliardów! Właśnie! – czy aby na pewno? Będzie to zależało przede wszystkim od możliwości zaspokojenia potrzeb konsumpcyjnych tak wielkiej populacji. Czy na świecie wystarczy zasobów, z żywnością na czele? Na tak postawione pytanie nie ma, niestety, jednoznacznej odpowiedzi. Pomijając wszelkie niedoskonałości oszacowań teoretycznej wydajności naszej planety pod względem możliwości produkcji żywności, ogromny znak zapytania to przeciętny poziom spożycia w skali ludzkości. Niektórzy demografowie i ekolodzy twierdzą, że gdyby za docelowy dla całej ludzkości przyjąć przeciętny poziom życia Europejczyka czy też mieszkańca Ameryki Północnej, to już przekroczyliśmy możliwości naszej planety. Jednak nawet jeśli tak nie jest, to z pewnością zbliżamy się

do granic możliwości. Tymczasem straty w plonach, powodowane przez szkodniki i chwasty, szacuje się w skali świata na kilkanaście do kilkudziesięciu procent produkcji, np. około 12-21% ryżu, 9-20% kukurydzy. W samych Stanach Zjednoczonych wartość tych strat wynosi obecnie nieco poniżej 4 mld dolarów rocznie, a specjaliści szacują, że przy zaniechaniu stosowania pestycydów osiągnęłyby około 20 mld dolarów. W krajach tropikalnych, gdzie znajdują się wszystkie najuboższe kraje świata, z największymi problemami demograficznymi, szkodniki i chwasty potrafią odebrać człowiekowi nawet ponad 41% plonów ryżu, blisko 40% plonów kukurydzy, około 70% zbiorów buraka cukrowego, marchwi czy cebuli. Należy pamiętać, że są to dane dotyczące krajów, gdzie głód już teraz jest zjawiskiem powszechnym – nietrudno sobie wyobrazić skutki, jakie pociągnęłoby za sobą zaniechanie stosowania pestycydów.

Wyżywienie kilku miliardów ludzi to jednak nie jedyny problem, z jakim wiąże się kwestia (nie) stosowania pestycydów. Wspomnieliśmy wcześniej o roli, jaką odegrało w latach 40. XX w. DDT w zwalczaniu chorób zakaźnych przenoszonych przez owady. Obecnie na malarię zapada rocznie 300 – 500 mln ludzi, spośród których umiera od 1 do 2,7 mln. Nie istnieje na Ziemi druga choroba, która co roku zabierałaby równie wiele istnień ludzkich. Malaria roznoszona jest przez komary i w tej chwili stanowi problem przede wszystkim w krajach tropikalnych (zwłaszcza w Afryce), należy jednak pamiętać, że niemal cała Europa i znaczna część Stanów Zjednoczonych znajdują się w zasięgu potencjalnego występowania malarii i choroba ta jeszcze niedawno tam występowała (w południowych Stanach, choć nie przybierała rozmiarów epidemii, występuje do dziś). W Polsce ostatnia epidemia malarii miała miejsce zaledwie 60 lat temu – w latach 1946-1949, a dopiero w 1968 roku Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) uznała Polskę za kraj wolny od malarii. Poza malarią, owady roznoszą wiele innych, równie niebezpiecznych chorób, choć żadna nie może się równać z malarią pod względem skali śmiertelności. Na dengę choruje rocznie około 50 mln ludzi, a kilkaset tysięcy umiera; leishmanioza to kolejne 1,5 – 2 mln zachorowań. A są jeszcze: filarioza, pierwotniakowe zapalenie mózgu, żółta febra, tyfus i inne. Wszystkie te choroby łączą dwie istotne cechy: nie istnieją skuteczne szczepionki przeciwko żadnej z nich i wszystkie są roznoszone przez owady. W tej chwili zatem jedynym skutecznym sposobem zapobiegania rozprzestrzenianiu się ich wszystkich jest eliminacja wektorów, przy mocy których się przenoszą, zaś najskuteczniejszą metodą eliminacji roznoszących choroby owadów jest stosowanie pestycydów. Spek-

takularny jest tu przykład RPA, gdzie głównie przy pomocy DDT występowanie malarii ograniczono w latach 1950. – 1960. do kilkuset, najwyżej kilku tysięcy zachorowań rocznie. Po czterech latach od zastosowania się RPA w 1996 roku do powszechnego zakazu stosowania tego pestycydu, w roku 2000, liczba zachorowań przekroczyła 64 tysiące. W tej sytuacji RPA podjęła decyzję o ponownym wprowadzeniu DDT to zwalczania komarów, dzięki czemu już w roku 2003 liczba zachorowań z powrotem spadła do nieco ponad 3,5 tysiąca. Pod naporem tych faktów, w 2006 roku Światowa Organizacja Zdrowia ponownie dopuściła DDT do stosowania w celu zwalczania malarii i innych tropikalnych chorób przenoszonych przez owady.

Między młotem a kowadłem – czyli co robić?

Przytoczone powyżej dane świadczą dobitnie, że przynajmniej w chwili obecnej bez pestycydów nie możemy się obejść. Zaprzeszanie ich stosowania oznaczałoby praktycznie natychmiastową klęskę głodu w skali, jakiej ludzkość dotąd nie zaznała. Epidemie roznoszonych przez owady chorób zaczęłyby zbierać żniwo znane co najwyżej z zapisków historycznych, a ich zasięg rozszerzyłby się z powrotem na rejony ich pierwotnego występowania. Z drugiej jednak strony, powszechność stosowania pestycydów w sposób ewidentny prowadzi do zatrucia wielu środowisk, pociąga za sobą wymieranie wielu populacji zwierząt, a być może nawet prowadzi do ekstynkcji gatunków. Niektóre pestycydy niosą bezpośrednie zagrożenie dla zdrowia człowieka; mogą przyczyniać się do rozwoju parkinsonizmu, być może zwiększają ryzyko występowania chorób nowotworowych, mogą wchodzić w interakcje z naszym systemem endokrynnym. Czy istnieje zatem jakaś alternatywa dla pestycydów? W tej chwili niestety nie. Od kilkudziesięciu lat trwają wprawdzie prace nad szczepionką przeciwko malarii, ale jak dotąd bez skutku. Malaria jest chorobą pasożytniczą, powodowaną nie przez bakterie, lecz przez znacznie większe, jednokomórkowe organizmy, o ogromnej zmienności i skomplikowanej strukturze. Nasz układ immunologiczny nie radzi sobie dobrze z takimi organizmami chorobotwórczymi i nawet przebycie malarii daje tylko bardzo nieznaczny wzrost odporności na tę chorobę, i to na bardzo krótko. Dlatego nie należy się spodziewać, aby w najbliższym czasie udało się opracować naprawdę skuteczną szczepionkę. Podobnie więc, jak w przypadku innych chorób powodowanych przez pasożyty (leiszmanioza, filarioza), tymczasem jesteśmy skazani na pestycydy.

Nieco lepiej wygląda sytuacja w rolnictwie. Dzięki inżynierii genetycznej potrafimy już produ-

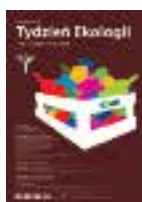
kować rośliny, które same potrafią się bronić przed szkodnikami. Na skalę przemysłową stosuje się genetycznie zmodyfikowane rośliny, wzbogacone o gen pochodzący od bakterii *Bacillus thuringiensis*, produkujący substancję chemiczną toksyczną dla owadów (toksyna Bt). Co istotne, nie wykazano jak dotąd toksyczności Bt dla ssaków i ptaków, a ponieważ jest produkowana przez samą roślinę, trafia bezpośrednio do organizmów żywiących się nią owadów – zminimalizowane jest zatem ryzyko wystąpienia skutków ubocznych w postaci zatrucia np. owadów pożytecznych. Choć całkiem tego ryzyka wykluczyć się nie da, jest ono nieporównanie mniejsze, niż w wypadku opryskiwania tysięcy hektarów pestycydami. Tak zmodyfikowane genetycznie organizmy, w połączeniu z biologicznymi metodami walki ze szkodnikami, dają nadzieję, jeśli nie na całkowite zaprzestanie stosowania tradycyjnych pestycydów, to przynajmniej na bardzo znaczne ograniczenie ich zużycia. Metodami inżynierii genetycznej produkuje się już także hybrydy dające znacznie większe plony: nawet o 48% w przypadku pomidorów czy o 20-40% w przypadku ryżu. Niestety dopuszczenie do powszechnego użycia roślin genetycznie zmodyfikowanych natrafia w wielu krajach, w tym w Polsce, na bardzo poważny opór społeczny; jak to często w takich wypadkach bywa, wynikający wyłącznie z niewiedzy i idącej za tym skłonności do łatwego dawania wiary nie mającej pokrycia w faktach propagandzie. Jak dotąd nie wykazano bowiem żadnych rzeczywistych zagrożeń ze strony genetycznie zmodyfikowanych roślin. Co więcej, owe modyfikacje genetyczne, jak choćby ta polegająca na wyposażeniu kukurydzy w gen toksyny Bt, nie polegają na tworzeniu żadnych nowych genów, produkujących nie istniejące wcześniej substancje. Bakteria *Bacillus thuringiensis* jest powszechnie obecna w środowisku i większość z nas zapewne nie raz miała okazję się z nią zetknąć bez pomocy inżynierii genetycznej. Tak promowane „rolnictwo organiczne”, które miałoby polegać na całkowitym odejściu od pestycydów i nie dopuszczające stosowania roślin genetycznie zmodyfikowanych, jest ślepą uliczką. Szacunki, poparte konkretnymi danymi na temat wielkości produkcji i pracochłonności tego rodzaju metod uprawy są jednoznaczne - przeciętne plony są w rolnictwie organicznym niższe o około 21%. Zatem utrzymanie produkcji żywności na obecnym poziomie (a pamiętajmy, że już teraz ponad miliard ludzi na świecie głoduje, a ponad dwa miliardy cierpi na niedożywienie!) wymagałoby przeznaczenia pod uprawy 1,47 mln km² – to obszar blisko pięciokrotnie większy od Polski, czy też wielkości ponad 30% całej Unii Europejskiej. Co więcej, pracochłonność upraw

organicznych jest średnio o ok. 42% wyższa niż przy wykorzystaniu chemicznych środków ochrony roślin i nawozów syntetycznych. W doświadczeniu przeprowadzonym na plantacji pomidorów w New Jersey w Stanach Zjednoczonych wykazano, że gdyby chcieć utrzymać produkcję metodami organicznymi na obecnym poziomie, charakterystycznym dla tradycyjnych upraw, wymagałoby to nawet 30-krotnie większego nakładu pracy. Warto tu przypomnieć, że około jedna trzecia ludzkości żyje za mniej niż dwa dolary dziennie.

Jest zatem jasne, że przez co najmniej kilkadziesiąt najbliższych lat ludzkość nie będzie w stanie obyć się bez pestycydów. Intensywne prace nad

szczepionkami przeciwko roznoszonym przez owały chorób oraz powszechniejsze wprowadzenie zmodyfikowanych genetycznie roślin niosą nadzieję – jeśli nie na możliwość eliminacji pestycydów z naszego życia - to przynajmniej na bardzo znaczną redukcję ich stosowania. Tymczasem zaś pozostaje ściśle przestrzeganie procedur stosowania pestycydów, prowadzenie szczegółowych badań nad potencjalnymi niebezpieczeństwami, jakie mogą nieść dla środowiska i człowieka oraz opracowywanie coraz nowszych generacji pestycydów, które zapewniłyby jak najlepszą ochronę przed szkodnikami przy zminimalizowaniu niepożądanych skutków ubocznych.

Prof. dr hab. Ryszard Laskowski pracuje w Instytucie Nauk o Środowisku Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie.



W PŁYW ZANIECZYSZCZEŃ NA FUNKCJE GLEBY W ŚRODOWISKU I W ŻYCIU CZŁOWIEKA

Maria Niklińska (Kraków)

Prawidłowy rozwój człowieka, zwierzęcia i rośliny zależy od jakości gleby...
Hipokrates, 377 r. p.n.e.

Gleba jako składnik biosfery i środowisko życia

Gleba jest naturalnym tworem powierzchniowej warstwy skorupy ziemskiej powstałym ze zwietrzeliny skalnej w wyniku oddziaływania na nią zmieniających się w czasie zespołów organizmów żywych i czynników klimatycznych w określonych warunkach rzeźby terenu. Stanowi najważniejszy składnik biosfery, odgrywający rolę w procesie przepływu energii, regulujący obieg niezbędnych do życia pierwiastków i utrzymujący równowagę między tlenem i dwutlenkiem węgla w atmosferze. Gleba jest źródłem składników mineralnych i wraz z wodą, powietrzem oraz energią słoneczną zapewnia istnienie i rozwój życia w ekosystemach lądowych. Stanowi podstawowe ogniwo w łańcuchu troficznym gleba – roślina – zwierzę – człowiek.

Od tysięcy lat człowiek wykorzystuje glebę dla rolnictwa, budownictwa i transportu, a także eksploatuje surowce w niej występujące. Gleba pośrednio i bezpośrednio wpływa na jakość naszego życia, a mimo to wydaje się być ciągle niedoceniana przez człowieka.

Wręcz przeciwnie, intensywne rolnictwo, przemysł, urbanizacja i rozwijająca się komunikacja lądowa powoduje niszczenie gleb i utratę jej podstawowych funkcji. Gleba wykorzystywana jest także jako miejsce gromadzenia większości produkowanych odpadów. Przekształcenia antropogeniczne gleb

odnajdujemy współcześnie niemal we wszystkich obszarach świata. Tempo tych przekształceń wzrasta lawinowo wraz z dynamicznym wzrostem zaludnienia naszej planety oraz koniecznością zaspokojenia rosnących potrzeb ludzkości. Powoduje to systematyczną redukcję areału gleb naturalnych, zużywanych na składowiska pozostałości poprodukcyjnych i po-konsumpcyjnych. Niestety, proces tworzenia gleby jest tak powolny, że możemy traktować zasoby glebowe jako nieodnawialne. Jeden centymetr naturalnej gleby powstaje w okresie 200 - 400 lat, a wytworzenie pełnego profilu glebowego (ryc. 1) wymaga kilku tysięcy lat. Poza zdegradowanymi i zanieczyszczonymi glebami w rejonach przemysłowych, także gleby miejskie znajdujące się pod stałą bezpośrednią antropopresją podlegają mechanicznym przekształceniom, którym towarzyszy szereg przemian chemicznych i fizyczno-chemicznych, takich jak: zwiększenie zasolenia, zmiany odczynu gleby, zawartości próchnicy glebowej oraz stężeń pierwiastków śladowych lub niektórych substancji organicznych, np. pochodnych ropy naftowej. Wszystkie te przekształcenia oddziałują na organizmy glebowe a tym samym osłabiają tempo przebiegu podstawowych procesów glebowych, czyli procesów produkcji i dekompozycji.

Organizmy glebowe i funkcje gleby

Gleba, główny składnik ekosystemów lądowych, utrzymuje korzenie roślin i umożliwia ich rozwój oraz

stanowi środowisko życia dla różnorodnych organizmów glebowych, uczestniczących w rozkładzie materii organicznej i obiegu pierwiastków. Gleba dostarcza nam pożywienie, biomasę oraz surowce. Stanowi platformę dla krajobrazu i działalności człowieka, archiwum historii naturalnej (badania paleontologiczne) oraz odgrywa istotną rolę jako naturalne siedlisko i miejsce gromadzenia zasobów genetycznych. Ze względu na heterogeniczność (zmiennosc własności) w glebie odnajdujemy cztery razy więcej genów organizmów tam występujących niż na jej powierzchni.

Gleba magazynuje, filtruje i przekształca wiele substancji, w tym wodę, składniki odżywcze i węgiel, a także pełni funkcje buforujące, chroniące ekosystemy przed nadmiernym przepływem pierwiastków śladowych do innych elementów biosfery. Gleby magazynują olbrzymie zasoby węgla, znacznie więcej niż organizmy lądowe, w tym także rośliny. Szacuje się, że glebach zmagazynowane jest 1 500 gigaton węgla.

Zmienne w czasie i w przestrzeni właściwości gleby sprzyjają zróżnicowaniu organizmów glebowych; bakterii, grzybów oraz mikro- i makrofauny. Szczególną rolę odgrywa tu górna warstwa gleby, czyli materia organiczna, której zawartość w glebach może się bardzo różnić, np. niektóre gleby piaszczyste mogą mieć ok. 1% materii organicznej a gleby torfowe zawierają jej ponad 80%.

Organizmy glebowe biorą aktywny udział w dekompozycji materii organicznej, przepływie dwutlenku węgla i obiegu biogenów (węgla, azotu, fosforu, siarki). Różnorodność organizmów glebowych jest również widoczna w ich funkcjach; niektóre organizmy wpływają na fizyczne własności gleby a inne na tempo obiegu pierwiastków. Wzajemne oddziaływania (interakcje troficzne) w rozbudowanym łańcuchu glebowym silnie oddziałują na funkcje ekosystemu.

Kompleksowa struktura gleb zależna od naturalnych czynników klimatycznych i geologicznych oraz od aktywności człowieka, a także zróżnicowanie organizmów glebowych utrudnia rozpoznanie zależności pomiędzy różnorodnością i aktywnością organizmów a funkcjonowaniem ekosystemów. Wiadomo, że pojawienie się w glebie zanieczyszczeń wpływa na przebieg procesów glebowych. Jednakże oddziaływania te są silnie zależne od własności gleb, takich jak: zawartość materii organicznej, odczyn, pojemność kationowymienna, struktura, uziarnienie czy wilgotność lub temperatura.

Zanieczyszczenia w glebach i ich oddziaływanie

Większość pierwiastków niezbędnych do życia (mikroelementów) organizmom różnych poziomów troficznych dostarczana jest z gleby jako zewnętrz-

nej warstwy litosfery. W rejonach nie objętych presją przemysłu pierwiastki te występują w naturalnych, niewielkich stężeniach, zależnych od rodzaju i składu chemicznego skał, z których gleby pochodzą, stąd też niekiedy nazywane są „metalami śladowymi” lub „pierwiastkami śladowymi”. Są one katalizatorami procesów życiowych, składnikami enzymów (Cu, Zn) i brak tych pierwiastków w organizmie człowieka wywołuje stany chorobowe (np. anemie, choroby układu nerwowego, zaburzenia rozwoju, obniżenie płodności lub stany zapalne skóry). O ile śladowe ilości niemal wszystkich metali ciężkich są niezbędne dla prawidłowego funkcjonowania organizmów żywych, to występowanie tych pierwiastków w podwyższonych stężeniach najczęściej oddziałuje negatywnie na większość organizmów. Mikroelementami niezbędnymi w procesach metabolicznych roślin, w tym procesie fotosyntezy oraz w przemianach azotowych są żelazo (Fe), mangan (Mn), kobalt (Co), miedź (Cu), cynk (Zn), molibden (Mo) i wanad (V). Jednak, wskutek zamierzonej lub niezamierzonej działalności człowieka wiele pierwiastków przedostaje się do gleby w ilościach nadmiarowych, co powoduje, że gleby stają się miejscem akumulowania metali, a w określonych warunkach mogą stać się także ich niekontrolowanym źródłem.

Zanieczyszczenie gleb oznacza nienaturalne nagromadzenie w glebie składników chemicznych wywołujących zaburzenia w środowisku glebowym, wegetacji roślin, zmniejszenie plonów i obniżenie ich jakości oraz w procesach dekompozycji materii organicznej. Głównym źródłem antropogenicznych zanieczyszczeń szkodliwych lub toksycznych dla organizmów żywych są huty, elektrownie i elektrociepłownie lub cementownie zlokalizowane najczęściej w okręgach przemysłowych. Także środki komunikacji, ścieki i odpady, przemysł chemiczny i farmaceutyczny oraz stosowane intensywnie nawozy sztuczne i środki ochrony roślin są istotnym źródłem nadmiarowych ilości zanieczyszczeń. W szczególności emisja przenoszonych drogą atmosferyczną zanieczyszczeń przemysłowych prowadzić może do znaczącej akumulacji metali ciężkich w powierzchniowych warstwach gleb. Do szczególnie intensywnej akumulacji zanieczyszczeń dochodzi w glebach ekosystemów leśnych (ryc. 2). Specyficzny mikroklimat terenów leśnych oraz duża szorstkość powierzchni koron drzew sprzyjają ich zwiększonej depozycji. Uważa się, że tereny leśne, zwłaszcza lasy iglaste, pełnią niekiedy rolę filtra wychwytyjącego znaczną część zanieczyszczeń atmosferycznych.

Wśród zanieczyszczeń nieorganicznych szczególnie rolę odgrywają metale ciężkie, które stosunkowo

łatwo docierają do gleby, w skutek opadów atmosferycznych pyłów przemysłowych i intensywnie akumulują się w górnych, organicznych warstwach gleby i na długo pozostają w środowisku. Najwyższe stężenia metali ciężkich w glebach występują zazwyczaj w pobliżu emitorów. Wraz ze wzrastającą odległością od źródła emisji, stężenia metali ciężkich w glebach istotnie maleją, jednakże wpływ dużych emitorów może być nawet widoczny w glebach odległych o ponad 100 km od źródeł zanieczyszczeń. Akumulacji metali w glebach sprzyja wysoka zawartość minerałów ilastych, dlatego też gleby cięższe (ilaste, gliniaste) mogą zawierać większe ilości tych pierwiastków. Czynnikiem sprzyjającym akumulacji metali jest też wysoka zawartość martwej materii organicznej (humusu), która ma zdolność wiązania metali ciężkich w związki kompleksowe.

Występujące w Polsce gleby są zróżnicowane zależnie od budowy geologicznej i rzeźby terenu, warunków klimatycznych i hydrograficznych, szaty roślinnej, a także sposobu użytkowania. Największe obszary kraju ok. 80% pokrywają gleby brunatnoziemne i bielicoziemne, powstałe pod zbiorowiskami leśnymi. Gleby brunatnoziemne, wytworzone na skałach wapiennych pokrywają ok. 52% powierzchni, głównie w zachodnich i północnych regionach oraz w górach (las mieszane i liściaste). Gleby bielicoziemne, rozproszone po całej Polsce wytworzone zostały na ubogich piaskach i stanowią ok. 25%. Odczyn tych gleb jest przeważnie kwaśny lub słabo kwaśny, co decyduje o ich własnościach i funkcjach. Wiadomo, że znaczna część substancji i pierwiastków zanieczyszczających jest transformowana lub wiązana w glebie w formach nieaktywnych. Gleby, szczególnie te wytworzone na skałach wapiennych chronią wody głębinowe i roślinność przed zatruciem. Zanieczyszczenia docierające do kwaśnych gleb bielcowych mogą stanowić znacznie większe zagrożenie. Na tego rodzaju stresy szczególnie narażone nie tylko gleby o niskim pH, ale też obszary, na których występują kwaśne opady, powstające na skutek wprowadzania do atmosfery dużych ilości tlenków siarki i azotu (SO_2 i NO_x) lub stosowania w nadmiarze nawozów mineralnych. Zakwaszenie powoduje większą mobilność, a więc wymywanie biogenów (K, Ca, Mg) oraz niszczenie zdolności buforowych gleb, a tym samym wzrost stężenia dostępnych form metali ciężkich, co oznacza ich większą toksyczność. Obserwuje się, że procesy te mogą zależeć także od wielkości i intensywności opadów. Dostępne wolne jony metali są łatwiej przyswajane i akumulowane przez rośliny oraz zwierzęta, a tym samym stanowią zagrożenie dla człowieka, np. jony glinu (Al).

Tabela 1. Stężenia wybranych metali ciężkich w glebach niezanieczyszczonych i zanieczyszczonych w Polsce (Kabata-Pendias i Pendias, 1999).

Pierwiastek	Zakresy średnich stężeń w różnych glebach niezanieczyszczonych (mg kg^{-1})	Maksymalne zawartości w glebach skażonych (mg kg^{-1})
Zn	35-80	14500
Pb	13 - 25	13000
Cu	6 - 19	1600
Cd	0,05- 0.5	107
Hg	0.02 - 0.3	55
As	2-15	2500
Tl	0.01- 2.8	80

Do najbardziej niebezpiecznych pierwiastków, których stężenia w glebach przekraczają średnie stężenia występujące w skorupie ziemskiej, należą przede wszystkim: kadm, ołów, rtęć, cynk, miedź, cyna, arsen, tal. Wysokie dawki tych metali mogą powodować silne toksyczne efekty u organizmów żywych różnych poziomów troficznych. Ich szkodliwe działanie zależy od czynników środowiskowych: odczynu gleby, wilgotności i temperatury, zawartości materii organicznej, jej składu i zdolności buforowych oraz obecności i oddziaływaniu innych związków lub pierwiastków. Obecne w glebach metale oddziałują na wszystkie organizmy mających z glebą kontakt. Skutki tych oddziaływań zależą od rodzaju metalu i stężenia w jakim występują w przyrodzie oraz czasu ekspozycji (narażenia). Dlatego w naturalnych warunkach niezmiennie trudno oceniać i przewidywać skutki obecności konkretnego pierwiastka w środowisku. Problem oceny ryzyka wynika także z faktu, że metale nie występują w glebach pojedynczo. Ponadto, badania dowodzą, że czasem niewielkie stężenia rozproszonych w środowisku zanieczyszczeń mogą stać się niebezpieczne w przypadku pojawienia się równocześnie różnych innych czynników stresu, co często ma miejsce w naturalnych warunkach środowiskowych. Takim dodatkowym stresem może być susza, duże wahania temperatury, pojawienie się drapieżników, konkurencja o pokarm lub też brak pokarmu.

Toksyczność metali dla organizmów

Określenie wpływu konkretnego metalu na funkcje gleby w środowisku i w życiu człowieka wiąże się z oceną jego toksyczności. Toksyczność metali ciężkich dla organizmów żywych zależy od:

- chemicznej formy występowania;
- stężenia i czasu narażenia organizmu;
- drogi wnikania do organizmu;
- narządowej i subkomórkowej dystrybucji;
- formy magazynowania lub unieruchamiania;
- interakcji z innymi pierwiastkami (związkami);
- stanu fizjologicznego organizmu;
- występowania innych stresów.

Oznacza to, że o toksycznym oddziaływaniu metalu decyduje nie tylko dostępność tego pierwiastka (forma występowania) i droga dostępu (mechanizm jego pobrania, przyswajania i wydalania), ale także stan fizjologiczny organizmu. Co ciekawe, wykazano, że niektóre zwierzęta mogą zmieniać swoje zachowania i unikać silnie zanieczyszczonego pokarmu. Reakcje takie obserwowane były np. u dżdżownic i ślimaków.

Najbardziej toksyczne są wolne jony metali, oddziaływujące bezpośrednio na organizmy glebowe. Pierwiastki należące do ksenobiotyków (substancji nie wykorzystywanych przez żaden organizm) ołów i rtęć, występują w glebach najczęściej w formach niedostępnych. Jednak w wyniku procesów mikrobiologicznej lub chemicznej metylacji, rtęć może stać się przyswajalna dla roślin. Wśród pierwiastków śladowych za najbardziej toksyczny uznawany jest kadm (do niedawna uważany także za ksenobiotyk), który charakteryzuje się bardzo dużą mobilnością w systemie gleba-roślina. Łatwe przyswajanie i akumulowanie kadmu przez rośliny związane jest z ryzykiem bezpośredniego włączenia go do diety człowieka. Pierwiastek ten jest łatwo wchłaniany, stosunkowo długo zatrzymywany w tkankach i akumulowany w ważnych dla organizmów organach (nerki, wątroba). Osoby niepalące pobierają kadm głównie z żywnością. Różnice w toksyczności metali zależą od zakresu tolerancji charakterystycznych dla poszczególnych gatunków roślin, zwierząt czy grup mikroorganizmów. Niektóre populacje mogą przejawiać mniejszą wrażliwość na występujące w glebie metale wskutek wykształconych w drodze doboru specyficznych adaptacji. Taki mechanizm występuje np. u mikroorganizmów glebowych lub roślin rosnących na glebach trwale zanieczyszczonych.

Wpływ pierwiastków śladowych na mikroorganizmy i procesy glebowe

Mikroorganizmy glebowe i ich aktywność fizjologiczna jest podstawą wszelkich procesów zachodzących w glebie: dekompozycji, mineralizacji azotu i fosforu oraz przemian siarki. Mikroorganizmy zawierają część składników odżywczych krążących w ekosystemie glebowym, biorą udział w procesach mineralizacji i humifikacji materii organicznej, rozkładzie substancji zanieczyszczających oraz przyczyniają się do utrzymywania właściwej struktury gleb. Prawidłowy obieg pierwiastków często zależy od aktywności wyspecjalizowanych mikroorganizmów, które nie mogą być zastąpione innymi gatunkami. Wyniki badań uzyskanych w ostatnich latach wska-

zują, że największym zagrożeniem dla funkcjonowania ekosystemów jest nie tyle osłabienie aktywności i zmniejszenie biomasy mikroorganizmów, ile zmiana struktury i różnorodności ich zespołów. Różnorodność ta dotyczy zarówno różnorodności funkcjonalnej (metabolicznej) jak i różnorodności genetycznej. Dla prawidłowego funkcjonowania ekosystemów leśnych ważne są zależności pomiędzy mikroorganizmami chorobotwórczymi a saprofitycznymi. Te ostatnie są często antagonistami fitopatogenów. Na-



Ryc. 1. Naturalny profil glebowy. Fot. Maria Niklińska.

ruszenie równowagi pomiędzy tymi dwiema grupami może zwiększać zagrożenie roślin chorobami, a tym samym zmniejszać produktywność ekosystemu leśnego. Dla rozwoju roślinności leśnej niezwykle istotne są mikroorganizmy symbiotyczne, z którymi wiele roślin tworzy mikoryzę. Bez grzybów mikoryzowych wiele gatunków roślin w ogóle nie jest w stanie przeżyć. Każda roślina żyje w pewnym związku z określonymi mikroorganizmami glebowymi, które w istotny sposób wpływają na jej zdolność do konkutowania z innymi roślinami i odporność na patogeny korzeni. Mikroorganizmy stanowią też pokarm dla bezkręgowców glebowych. Przedstawiciele fauny glebowej odżywiają się niekiedy jedynie specyficznymi rodzajami mikroorganizmów, dlatego ekstynkcja pewnych grup mikroorganizmów wskutek zanieczyszczenia środowiska prowadzić może do wyginięcia także części fauny glebowej. Z drugiej strony zanieczyszczenia mogą oddziaływać pośrednio na zespół organizmów, kiedy ograniczeniu lub wyeliminowaniu ulegają pasożyty, drapieżniki lub konkurenci spoza tego zespołu. Na skutek osłabienia ograniczającego wpływu innych gatunków może następować wzrost różnorodności zespołu. Wykazano, że gromadzenie się ściółki poprzez redukcję organizmów ją rozkładających powoduje wzrost bogactwa gatunkowego chrząszczy i niektórych pajęczaków.

Zazwyczaj uważa się, że zmiany bioróżnorodności zespołów wiążą się ze zmianami w funkcjono-

waniu ekosystemów, czyli zmianami tempa dekompozycji i obiegu pierwiastków oraz tempa produkcji biomasy. Jednak skutki redukcji różnorodności mikroorganizmów w glebach, choćby na skutek działania zanieczyszczeń nie są łatwe do przewidzenia. Wiele grup mikroorganizmów pełni w glebie te same funkcje i organizmy bardziej wrażliwe mogą być zastępowane przez inne, bardziej odporne organizmy. Wielu badaczy potwierdza istnienie mechanizmu prowadzącego do wzrostu tolerancji zespołów mikroorganizmów glebowych indukowanej zanieczyszczeniem (ang. *pollution induced community tolerance*, PICT). Tak dzieje się często w glebach długotrwale narażonych na dopływ metali. Coraz częściej nurtuje nas jednak pytanie, czy to zastępowanie gatunków jest możliwe w każdych warunkach środowiskowych. Czy pojawienie się kilku czynników stresogennych prowadzą-



Ryc. 2. Leśna materia organiczna stanowi główne miejsce gromadzenia się zanieczyszczeń. Fot. Maria Niklińska.

cych do istotnych zmian różnorodności gatunkowej i funkcjonalnej nie spowoduje niebezpieczeństwa ekstynkcji (wyginięcia) gatunków ważnych z punktu widzenia funkcjonowania ekosystemów, tzw. gatunków zwornikowych. Za najbardziej wrażliwe uważa się mikroorganizmy glebowe biorące udział w przemianach związków azotowych.

Właściwy stan zespołów mikroorganizmów glebowych, ich odpowiednia ilość, aktywność i różnorodność jest warunkiem koniecznym dla prawidłowego funkcjonowania ekosystemów lądowych. Zespoły mikroorganizmów glebowych mogą być charakteryzowane szeregiem parametrów opisujących ich funkcje, ilość oraz różnorodność. Parametry te używane są często jako wskaźniki jakości biologicznej gleb. Z uwagi na znaczną wrażliwość mikroorganizmów glebowych na podwyższone stężenia metali ciężkich, pa-

rametry zespołów mikroorganizmów glebowych mogą być stosowane także do oceny ryzyka środowiskowego lub oceny skutków środowiskowych. Ponieważ mikroorganizmy glebowe w największej obfitości występują w poziomach organicznych gleb leśnych, a poziomy te są najbardziej narażone na emisję i akumulację metali ciężkich, parametry zespołów mikroorganizmów zasiedlających próchnicę nadkładową mogą być szczególnie przydatne dla oceny skutków zanieczyszczenia gleb i ryzyka środowiskowego.

Oddziaływanie metali na rośliny i człowieka

Chociaż mechanizm biologicznego wykorzystania większości pierwiastków jest w pewnym zakresie kontrolowany przez rośliny, to bariery te nie zawsze działają w przypadku metali ciężkich. W takich przypadkach stężenia pierwiastków śladowych w roślinach są silnie skorelowane z ich stężeniami w glebie. Powoduje to różnorodne problemy nie tylko dla roślin, ale także dla zwierząt czy ludzi, dla których niedobór lub nadmiar pierwiastka w pożywieniu może stanowić zagrożenie. Taką prostą zależność między stężeniem pierwiastków w podłożu i w roślinach obserwuje się np. na obszarach zanieczyszczonych lub rudonośnych. Podwyższone stężenia niektórych metali np. Zn, Cd czy Pb w glebach powodują, że rosnące tam rośliny wykazują także znacznie wyższe stężenia tych metali w tkankach niż te same gatunki rosnące na glebach czystych. Rośliny występujące na glebach o wysokich stężeniach metali ciężkich wykształciły specyficzne cechy: słabe pobieranie metali z gleby, ich zatrzymywanie w korzeniach i ograniczenie transportu do części nadziemnych. Ważną funkcję w odporności na metale ciężkie pełni mikoryza.



Ryc. 3. Zawciąg pospolity *Armeria maritima* - gatunek przystosowany do życia na glebach silnie zanieczyszczonych metalami ciężkimi. Fot. Paweł Kapusta.

Obserwuje się zdolność korzeni niektórych drzew do unikania miejsc o wysokich stężeniach metali ciężkich. W zależności od gatunku i pierwiastka, metale są różnie pobierane i transportowane do części nadziemnych. U brzozy rosnącej na odpadach z zakładów przetwarzających chrom stwierdzano najwyższe stężenia Pb i Cu w korzeniach, a Zn w korze.

Specyficzną zdolność niektórych roślin do bioakumulacji metali wykorzystuje się do oceny stanu środowiska, wykorzystując rośliny jako wskaźniki zanieczyszczenia. Należy pamiętać jednak, że rośliny stanowią naturalne pożywienie dla ludzi i zwierząt, więc mogą stać się one źródłem niebezpiecznych dla zdrowia metali ciężkich.

Wyraźny wzrost stężenia metali ciężkich w płodach rolnych wiąże się głównie z ich uprawą na glebach rejonów objętych bezpośrednio przemysłem lub będących w zasięgu atmosferycznych pyłów metalonośnych. Stosowane obecnie w przemyśle filtry znacząco redukują stężenia zanieczyszczeń w pyłach atmosferycznych. Niekiedy jednak ciągle jeszcze istotnym zagrożeniem dla zdrowia są obecne w diecie warzywa uprawiane w miejskich ogródkach działkowych, zlokalizowanych w rejonach objętych przemysłem lub w pobliżu arterii komunikacyjnych. Pomimo wprowadzenia benzyny bezołowiowej stężenia ołowiu w roślinach rosnących wzdłuż ruchliwych arterii komunikacyjnych są wyższe od dopuszczalnych norm. Obserwuje się, że prowadzony od lat monitoring środowiskowy, popularyzacja wyników oraz odpowiednie akcje uświadamiające właścicieli ogródków działkowych i gospodarstw sąsiadujących z drogami szybkiego ruchu, prowadzą do zmiany struktury upraw i zamiany warzyw na rośliny ozdobne. Z kolei intensyfikacja rolnictwa i rozwój lokalnego transportu powoduje, że obecnie notujemy niższe, ale bardziej rozproszone i różnorodne zanieczyszczenia, które w formach przyswajalnych mogą być pobierane przez warzywa, owoce czy zboża pochodzące z rejonów pozaprzemysłowych i pozamiejskich, a tym samym mogą stanowić źródło przedostających się do naszych organizmów zanieczyszczeń. Coraz częściej stwierdza się także zwiększone zawartości metali ciężkich w roślinach pochodzących z pól intensywnie nawożonych nawozami fosforowymi (dotyczy to głównie kadmu) oraz substancjami odpadowymi, takimi jak osady ściekowe, popioły z węgla czy wapna poflotacyjne. Różnice w akumulacji metali przez rośliny mają szczególne znaczenie w przypadku warzyw stanowiących podstawę diety. Obserwuje się tendencje do zwiększonej zawartości niektórych pierwiastków np. ołowiu, kadmu, cynku i molibdenu w kapuście i innych roślinach krzyżowych, kadmu i ołowiu w ziemniakach i marchwi (szczególnie w skórce), a chromu, ołowiu i kadmu w sałacie. Poza sałatą naziemne części pietruszki i selera stosunkowo silnie akumulują szkodliwe metale. Na ogół rośliny zbożowe i trawy pobierają mniej metali śladowych niż rośliny dwuliścienne. Wydaje się więc, że najprostszym i najbezpieczniejszym rozwiązaniem jest zróżnicowa-

wana dieta składająca się z żywności różnego pochodzenia (rośliny i zwierzęta lądowe, ryby słodkowodne i morskie) oraz kupowanie żywności pochodzącej od różnych producentów i z różnych rejonów upraw.

Nie można zapominać jednakże, że większość omawianych tu pierwiastków śladowych jest niezbędna dla rozwoju organizmów. W warunkach naturalnych istnieje duże zróżnicowanie zawartości pierwiastków śladowych w zależności od gatunków, a nawet odmian roślin oraz od warunków wegetacji. Ważną funkcję pełni temperatura w strefie korzeni, np. wzrost temperatury od 8 do 16°C zwiększa dwukrotnie stężenie Cu, Zn i Mn w liściach pszenicy ozimej. Oznacza to jednak, że niskie temperatury mogą powodować deficyt tych pierwiastków w roślinach, a także u zwierząt żywionych taką paszą.



Ryc. 4. Tobolek alpejski *Thlaspi caerulescens* roślina silnie akumulująca metale. Fot. Grażyna Szarek-Lukaszevska.

Biologiczne sposoby oczyszczania gleb

Częściowe poznanie mechanizmów pobierania, transportowania i akumulowania metali ciężkich przez rośliny znajduje zastosowanie w procesach bioremediacji gleb zanieczyszczonych. Tereny objęte presją przemysłową są zasiedlane przez różne populacje roślin, które wykazują tolerancję na zawarte w glebie metale. W wielu rejonach obserwuje się sukcesywne wkraczanie roślin na gleby silnie zanieczyszczone. Gatunki rosnące na takich glebach różnią się zdolnościami pobierania i akumulowania metali oraz ich unikania. Wyróżniane są trzy podstawowe grupy roślin:

- akumulatory- rośliny gromadzące metale w pędach w stężeniach wyższych niż w środowisku;
- indykatory (rośliny wskaźnikowe) – ilość pobieranych i transportowanych metali zależy silnie od stężeń w podłożu;
- eliminatory (rośliny wykluczające) - wykorzystujące mechanizmy blokowania metali i nie pobierania metali.

Hiperakumulacja metali ciężkich jest cechą występującą u ponad 450 gatunków roślin wyższych. Hiperakumulatory wykazują także tolerancję na metale ciężkie, a najnowsze badania wykazują, że cechy te są niezależne genetycznie. Ekologiczne i biologiczne znaczenie silnej akumulacji metali przez rośliny pozostaje nadal nie do końca rozpoznane.

Mechanizm ten jest coraz częściej wykorzystywany w procesach remediacji terenów i gleb zanieczyszczonych (fitoremediacja i fitostabilizacja) oraz w procesach odzyskiwania metali (fitoekstrakcji). Wśród niewielu gatunków roślin tolerancyjnych szczególnie silną akumulację kadmu i cynku wykazuje *Arabidopsis halleri* (L.) i *Armeria maritima* (Mill.) Willd. (ryc. 3), a kadmu, cynku i niklu tobołek alpejski (*Thlaspi caerulescens* J.) (ryc. 4). Ta ostatnia roślina nie tylko wykazuje tolerancję na metale, ale także może je silnie akumulować np. 10000 mg Zn/kg suchej masy, 100 mg Cd/kg suchej masy i 1000 mg Ni/kg suchej masy. Poziom akumulacji metali u tobołka zależy silnie od odczynu gleby, gdyż rośliny rosnące na glebach kwaśnych akumulują znacznie więcej kadmu i cynku niż na glebach o podłożu wapiennym. Czasem poziom metali ciężkich w pędach tobołka alpejskiego może być tak wysoki, że stanowią one toksyczny pokarm dla zwierząt żywiących się tym gatunkiem. Podejrzewa się, że cecha ta wyewoluowała by odstraszać zwierzęta.

Poza roślinami, także niektóre mikroorganizmy glebowe mogą być stosowane w procesach oczyszczania gleb lub pozyskiwania metali. W procesach bioługowania metali z odpadów odzyskuje się np. miedź, złoto czy uran. Mikroorganizmy bioługują metale poprzez utlenienie nierozpuszczalnych minerałów siarcz-

kowych do rozpuszczalnych w wodzie siarczanów metali lub przez utlenienie minerałów siarczkwowych, które są zanieczyszczeniem silnie związanym z rodzimym metalem.

Obecny stan wiedzy wskazuje, że substancje toksyczne praktycznie zawsze zmieniają warunki środowiskowe oddziałując na różnorodność i funkcjonowanie ekosystemu. Jednakże, same pomiary stężeń zanieczyszczeń np. metali w glebach nie dają informacji o ich wpływie na organizmy i pełnione przez te organizmy funkcje w ekosystemach. Konieczne jest prowadzenie badań ekotoksykologicznych uwzględniających zmienność warunków glebowych oraz występowanie wielu czynników stresogennych równocześnie, które pomogą przewidywać skutki działania substancji toksycznych na różnych poziomach organizacji biologicznej. Ostatnio udowodniono, że występowanie mechanizmu tolerancji na metale u mikroorganizmów glebowych oznacza często wzrost tolerancji na antybiotyki. Powszechne stosowanie antybiotyków zarówno u ludzi jak i u zwierząt hodowlanych, i w konsekwencji wzrastające ich nagromadzenie w środowisku oznacza, że wprowadzone do środowiska glebowego zanieczyszczenia, nawet jeśli nie oddziałują bezpośrednio na człowieka, mogą stać się niebezpieczne poprzez oddziaływania na mikroorganizmy glebowe.

Dr hab. Maria Niklińska pracuje w Instytucie Nauk o Środowisku Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, e-mail: maria.niklinska@uj.edu.pl

KŁOPOTY Z GRYPĄ

Barbara Płytycz (Kraków)

Już drugi raz w bieżącym dziesięcioleciu zagraża nam pandemia grypy. W latach 2005/2006 była to tzw. grypa ptasia, a w roku 2009 grypa świńska. Już same nazwy wskazują, że choroba ta dotyka nie tylko ludzi. Uporządkujmy wiedzę na ten temat, zaczynając od grypy człowieka.

Grypa a przeziębienia grypo-podobne

W terminologii medycznej, grypa jest chorobą górnych dróg oddechowych wywołaną przez wirusy z rodziny Orthomyxoviridae, na którą zapadamy stosunkowo rzadko i przeciw której mogą chronić szczepienia. W języku potocznym, gripą nazywamy także różnego rodzaju grypo-podobne przeziębienia, objawiające się bólem gardła i kaszlem lub nieżytem nosa i katarrem, albo biegunką i wymiotami. W tym ostatnim przypadku mówimy potocznie o grypie żołądkowej. Nie ma szczepionek przeciw przeziębie-

niom, gdyż są one wywoływane przez bardzo różne drobnoustroje.

Tabela 1 ukazuje główne różnice między gripą (angielski termin: *influenza* lub *flu*), wywołaną przez ortomyksowirusy a przeziębieniem (angielski termin: *cold*). Rycina 1 ukazuje natomiast typową kinetykę rozwoju grypy. Posłużyłam się tu również łatwym do zapamiętania anglojęzycznym akronimem objawów tej choroby – *FLU FACTS*.

Chory człowiek zaraża wirusami grypy ludzkiej drogą kropelkową, najczęściej podczas kichania lub kaszlu. U kolejnej osoby wirusy atakują komórki nabłonka górnych dróg oddechowych. W odróżnieniu od przeziębień, rozwijających się zazwyczaj powoli, symptomy grypy występują bardzo szybko, zazwyczaj w ciągu drugiej doby od zakażenia. Pojawia się wówczas gorączka przekraczająca 39°C, silny ból głowy i tzw. „łamanie w kościach”, męczący suchy kaszel i ogromne zmęczenie, senność i brak apetytu.

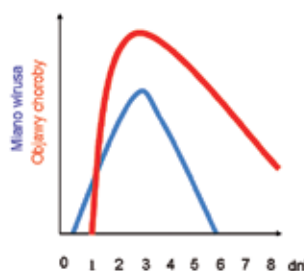
Tabela 1. Porównanie grypy i chorób grypo-podobnych.

CHOROBY GÓRNYCH DRÓG DŁECHOWYCH	GRYPA <i>Flu, influenza</i>	GRYPO-PODOBNE PRZEZIĘBIENIA <i>Cold</i>
Czynnik wywołujący	Wirusy z rodziny Orthomyxoviridae	Różne drobnoustroje
Pojawianie się objawów	Gwałtowne	Stopniowe
Gorączka	Wysoka (39-41°C), dreszcze	Rzadko
Ból głowy	Intensywny	Rzadko
Bóle mięśniowe, kostno-stawowe	Silne „łamanie w kościach”	Nieznaczące
Ból w klatce piersiowej, kaszel	Często suchy kaszel o dużym nasileniu	Kaszel łagodny lub intensywny
Wyczerpanie	Wcześniej pojawia się skrajne wyczerpanie	Nieznaczące
Nieżyt nosa	U 1/3 chorych brak	Zazwyczaj
Ból gardła	Niekiedy	Powszechny
Przewód pokarmowy	U dzieci wymioty, biegunka, odwodnienie	„Grypa żołądkowa” – wymioty, biegunka, odwodnienie
Niezdolność do pracy	Zawsze	Często
Powikłania	Często	Rzadko

U małych dzieci mogą się dołączyć biegunki i wymioty powodujące odwodnienie. Objawy te powinny ustąpić w ciągu tygodnia. U osób w podeszłym wieku lub mających osłabiony układ odpornościowy mogą się jednak pojawić zagrażające życiu powikłania, głównie zapalenie płuc, oskrzeli, czy mięśnia sercowego. Podczas zakażenia wirusem grypy może też dojść do wyzwolenia innych chorób, np. astmy lub cukrzycy, lub nasilenia ich objawów. Grypa jest więc chorobą niebezpieczną, przed którą warto się zabezpieczyć poddając się szczepieniom profilaktycznym.

GRYPA = influenza, flu

Flu FACTS



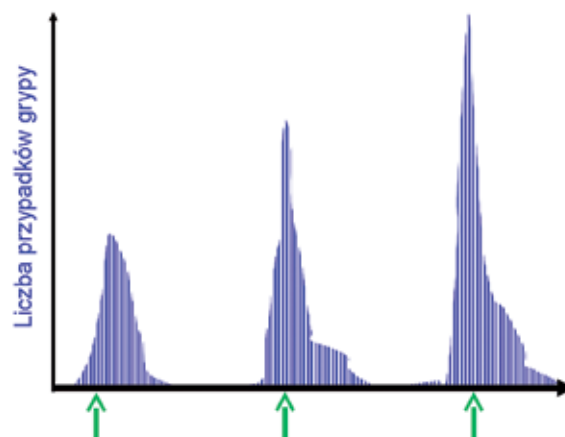
*F*ever - gorączka
*A*ches - ból
*C*ough - kaszel suchy
*T*iredness - wyczerpanie
*S*udden symptoms - objawy nagłe

Ryc. 1. Rozwój głównych objawów grypy wywołanej wirusem A człowieka. Opis w tekście.

Wirus grypy a układ odpornościowy człowieka

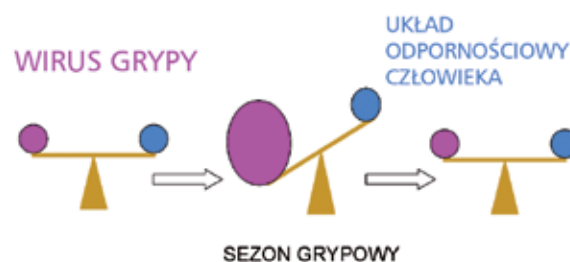
Grypa jest chorobą sezonową. W naszym klimacie szczyt zachorowań przypada na miesiące zimowe (np. ryc. 2), gdyż wirus ginie w temperaturze wysokiej, jest natomiast odporny na temperatury niskie. Jego rozprzestrzenianiu sprzyja też wysoka wilgot-

ność powietrza. W tzw. sezonie grypowym dochodzi zatem do okresowej przewagi patogenu (wirusa grypy) nad organizmem, a w szczególności nad układem odpornościowym (immunologicznym) podatnych osób (ryc. 3).



Ryc. 2. Sezonowość przypadków grypy w czterech kolejnych latach. Strzałki – 1 stycznia kolejnych lat.

Mechanizmy działania układu odpornościowego człowieka opisywałam już na łamach „Wszechświata” (patrz: Płytycz B., 2004: Dlaczego chorujemy? Wszechświat, 105: 24 – 26; Płytycz B., 2009: Zalety i wady układu odpornościowego. Wszechświat, 110: 39-45). Rycina 4 przedstawia schemat odporności z udziałem limfocytów i przeciwciał. W górnej części schematu, czerwony trójkąt symbolizuje antygen wirusa, odpowiednio prezentowany limfocytom przez

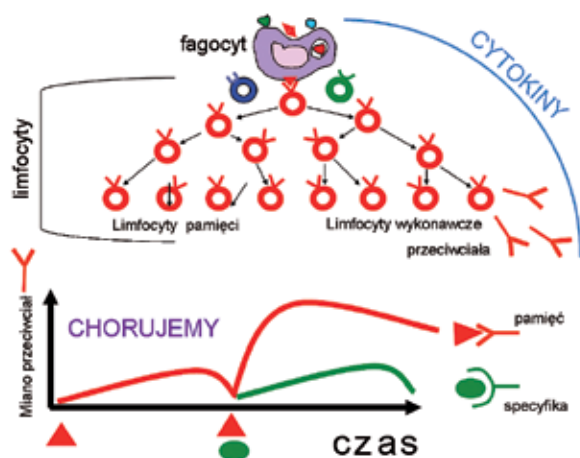


Ryc. 3. Okresowe zachwianie równowagi między wirusami grypy a układem odpornościowym człowieka.

komórkę fagocytarną. Jest on rozpoznany przez czerwony limfocyt o receptorach pasujących do trójkąta. Limfocyt ten dzieli się po około 6-8 godzinach, a po następnych kilku godzinach dzielą się komórki potomne. Po kilku dniach w organizmie człowieka jest już bardzo liczny klon limfocytów „pasujących” do tego właśnie wirusa. Część limfocytów staje się limfocytami pamięci immunologicznej, dzięki którym organizm jest przygotowany na kolejne zakażenie takim samym wirusem, a część staje się limfocytami wykonawczymi. Limfocyty wykonawcze cytotoksyczne będą zabijać komórki zakażone wirusem, a inna pula limfocytów wykonawczych uwalnia

czerwone przeciwciała zdolne do unieszkodliwiania (neutralizacji) czerwonego trójkątnego wirusa. W odpowiedzi na wirus zielony lub niebieski cały proces musi się rozpocząć od nowa. Nazywamy to specyfiką reakcji immunologicznych.

Dolna część Ryciny 4 pokazuje przebieg tych procesów w czasie. Po pierwszym wnikięciu czerwonego wirusa następuje powolna mobilizacja puli limfocytów i przeciwciał i w tym okresie chorujemy. Za niektóre objawy choroby, a mianowicie towarzyszącą grypie gorączkę, senność, brak apetytu i złe samopoczucie, odpowiedzialne są substancje rozpuszczalne – cytokiny – sterujące wszystkimi etapami reakcji odpornościowych i przenoszące informację o nich do różnych ośrodków nerwowych i endokrynnych, między innymi do ośrodków termoregulacji i ośrodków sytości w naszym mózgu.



Ryc. 4. Istota odporności. Pamięć i specyfika reakcji z udziałem limfocytów i przeciwciał. Opis w tekście.

Obecność limfocytów pamięci, wyszkolonych do rozpoznawania czerwonego trójkątnego antygeny, oraz istnienie w organizmie puli specyficznych dla niego przeciwciał sprawia, że nie powinniśmy zachorować przy powtórny zakażeniu tym samym zarazkiem. Istotnie, na wiele chorób zapadamy tylko raz w życiu. Na katar czy ból gardła zapadamy natomiast nawet kilka razy w roku, gdyż za każdym razem są za to odpowiedzialne inne drobnoustroje (np. zielone z ryciny 4), zatem musi nastąpić powolny etap proliferacji innego klonu limfocytów.

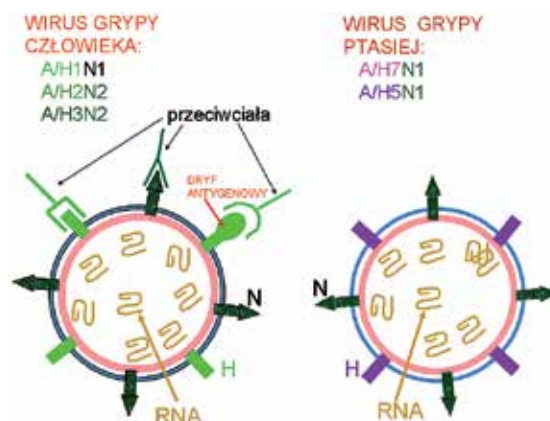
W przypadku grypy mamy do czynienia z dużą zmiennością wirusa. Skutkiem tego odporność rozwinięta w stosunku do wirusa czerwonego nie chroni przed jego zmutowanymi formami – wirusem zielonym czy niebieskim. Stąd też na grypę możemy chorować kilka razy w życiu.

Pamięć immunologiczną wykorzystuje się przy szczepieniach ochronnych. Podanie do organizmu nieszkodliwej formy zarazka indukuje powstanie

klonu limfocytów pamięci i puli przeciwciał, które skutecznie chronią nas po wnikięciu zjadliwej formy zarazka. Zmienność wirusa grypy zmusza firmy farmaceutyczne do produkcji coraz to nowych generacji szczepionek, dopasowanych do aktualnie zagrażających nam szczepów wirusa.

Wirusy grypy człowieka i zwierząt

Jak już podkreślono, grypę wywołują wirusy z rodziny ortomyksowirusów (Orthomyxoviridae). Obecnie funkcjonują wirusy A, B i C. Wirusy C powodują u ludzi i świń zachorowania o lekkim przebiegu, np. zapalenia spojówek, natomiast wirusy A i B są przyczyną ciężkich chorób i mogą wywołać epidemie lub pandemie. Wirus B występuje wyłącznie u człowieka, a wirusy A również u innych ssaków (w tym świń, koni, fok, norek, wielorybów), a także u ptaków. Właśnie ptaki są głównym rezerwuarem wirusa A w przyrodzie.



Ryc. 5. Schemat wirusów grypy typu A człowieka i ptaków. H – hemaglutyniny; N – neuraminidazy; istota neutralizacji wirusa przez przeciwciała oraz istota dryfu genetycznego. Opis w tekście.

Schemat wirusa A obrazuje rycina 5. Materiał genetyczny wirusa A, czyli 8 segmentów jednociowego RNA, charakteryzuje się dużą zmiennością, związaną z podatnością na mutacje. Rdzeń wirusa zamknięty jest w osłonce białkowej, którą z kolei otacza osłonka lipidowa, „przebita” przez silnie immunogenne glikoproteiny: hemaglutyniny (H) i neuraminidazy (N). Hemaglutyniny łączą się z kwasem sialowym komórek nabłonka dróg oddechowych żywiciela, umożliwiając endocytozę wirusa, co jest niezbędne do jego replikacji we wnętrzu komórki, natomiast neuraminidaza jest potrzebna przy opuszczaniu komórki przez nowe wiriony. Dotychczas wykryto 16 głównych podtypów hemaglutynin (H1-H16) i 9 podtypów neuraminidaz (N1-N9), co daje łącznie 144 możliwe kombinacje, a zatem odpowiada za ogromną różnorodność wirusów A grypy.

Przeciwciała wiążące cząsteczki hemaglutyniny lub neuraminidazy uniemożliwiają wirusom wnikanie do komórek lub ich opuszczanie, zatem zapobiegają rozprzestrzenianiu się wirusów w organizmie. Już nawet drobne zmiany (mutacje) cząsteczek H lub N utrudniają istniejącym przeciwciałom pełnienie ich funkcji; skutecznej neutralizacji wirusa mogą wówczas dokonać dopiero przeciwciała o nowej specyficy, których pojawienie się wymaga czasu. Zatem nawet drobne zmiany, zwane dryfem antygenowym, chronią wirusa przed wyeliminowaniem z organizmu żywiciela i utrudniają produkcję skutecznych szczepionek, których skład trzeba ustawicznie aktualizować.

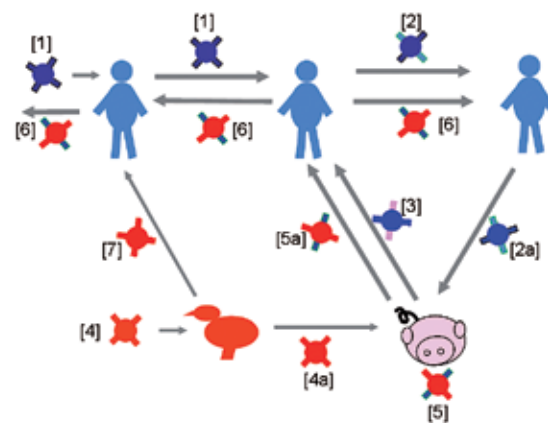
Niektóre szczepy wirusa A grypy mają zdolność zarażania głównie jednego gospodarza, co wynika z gatunkowo-specyficznej lokalizacji kwasu sialowego na powierzchni komórek nabłonka. Na przykład wśród ludzi krążą obecnie wirusy A/H1N1, A/H2N2 oraz A/H3N2, natomiast wśród ptaków powszechne są wirusy A/H7N1 oraz A/H5N1, przy czym ten ostatni rozprzestrzenił się w Europie w latach 2005/2006. Świnie są narażone na wirusy zarówno ludzkie jak i ptasie, co sprzyja tzw. skokowi antygenowemu, czyli wymianie całych segmentów materiału genetycznego różnych wirusów obecnych w tej samej komórce aktualnego żywiciela. Zjawisko takie nazywamy fachowo reasortacją genetyczną. Prowadzi ona do pojawienia się wirionów o nowym zestawie molekuł powierzchniowych, co staje się zupełnie nowym wyzwaniem dla układu odpornościowego żywiciela. Zjawisko takie miało miejsce już wielokrotnie i było przyczyną kolejnych wielkich epidemii lub pandemii grypy. Wymusza ono produkcję nowego typu szczepionek.

Krążenie wirusów grypy w naturze

Rycina 6 ilustruje, w jaki sposób wirusy A grypy mogą się zmieniać w naturze podczas zmiany żywicieli. Wirus człowieka rozprzestrzenia się między ludźmi drogą kropelkową [1]. Może się zdarzyć, że podlega wówczas mutacjom [2], co umożliwia mu przetrwanie nawet u osób uodpornionych w sposób naturalny (podczas zachorowania w poprzednim sezonie) lub w sposób sztuczny (na drodze szczepienia przeciw wirusom grypy z poprzednich sezonów). Wirus ludzki może się zarazić świnia [2a], świnia może też zarazić człowieka, przy czym wirus pochodzący od świni może być nieco odmienny genetycznie i antygenowo [3]. Ze zjawiskiem takim mamy prawdopodobnie do czynienia w przypadku pandemii roku 2009, wywołanej wirusem A/H1N1v.

Rezerwuarem wirusów grypy typu A są ptaki, głównie ptaki wodne [4]. Wirus ptasi może zarazić

również świnię [4a]. Może się zdarzyć, że w komórce nabłonka oddechowego świni pojawi się równocześnie wirus ludzki i ptasi; może dojść wówczas do wymieszania segmentów ich RNA, czyli do wspomnianej już reasortacji genetycznej [5]. Skutkiem tego będzie skok antygenowy, czyli pojawi się wirus ptasi wyposażony w hemaglutyniny umożliwiające mu wnikanie do komórek nabłonkowych ludzkich [5a] i przemieszczanie między ludźmi drogą kropelkową [6], co może dać początek bardzo groźnej pandemii, której obawiano się w latach 2005/2006. Zjawisko reasortacji genetycznej wirusa ludzkiego i ptasiego jest wysoce prawdopodobne szczególnie w krajach azjatyckich, gdzie tradycyjnie na piętrach budynków gospodarczych o luźnej konstrukcji hoduje się ptaki, a na parterze trzodę chlewną.



Ryc. 6. Mechanizm powstawania epidemii i pandemii grypy. Schemat przenoszenia się wirusów grypy w obrębie gatunku i między gatunkami. Opis w tekście.

Na rycinie 6 zaznaczono też możliwość groźnego zarażenia się człowieka wirusem grypy ptasiej [7], do którego może dojść wyłącznie przez bezpośredni kontakt. Kilka lat temu stało się tak w przypadku holenderskiego weterynarza badającego chore ptaki i w przypadku dzieci bawiących się zwłokami ptaków, które wirus grypy ptasiej H5N1 zabijał już w trzeciej dobie po zakażeniu. Takie przypadki są jednak niezwykle rzadkie i stosunkowo łatwo im zapobiec.

Epidemie i pandemie grypy

Pierwszy opis epidemii choroby odpowiadającej grypie dał Hipokrates już w roku 412 przed naszą erą. Pierwszy opis nowożytny pochodzi z roku 1580, a od tego czasu wystąpiło około 20 udokumentowanych epidemii lub pandemii (czyli epidemii obejmującej różne kontynenty) tej choroby. Te najbliższe czasom obecnym zestawia tabela 2. Jak widać, budzącą grozę epidemię grypy „hiszpanki”, rozprzestrzeniającą się w roku zakończenia I wojny światowej, wywołał

znany nam wirus A/H1N1. W roku 2009 rozprzestrzenił się na świecie jego wariant zmutowany prawdopodobnie w Meksyku w organizmie świni, który funkcjonuje pod nazwą A/H1N1v (*variant*). W roku 2009 zastanawiał fakt, że ten tzw. wirus grypy „świńskiej” był groźniejszy dla osób młodych, niż dla ludzi w wieku podeszłym, dla których tragiczna w skutkach może być tzw. grypa sezonowa. Jedną z przyczyn tego zjawiska mógł być fakt, że ludzie starsi nabyli odporność na wirusa A/H1N1 chorując podczas wcześniejszych epidemii lub poddając się szczepieniom profilaktycznym. Ludzie młodzi mogli natomiast zetknąć się z tym wirusem po raz pierwszy, stąd gwałtowna reakcja układu odpornościowego (tzw. „burza cytokinowa”), która niekiedy może być bardziej groźna dla organizmu, niż samo działanie wirusa.

Tabela 2. Najnowsze pandemie grypy.

Nazwa potoczna	Lata	Dominujący szczep wirusa
Grypa	1889	A/H2N2
Grypa	1900	A/H3N8
Grypa „Hiszpanka”	1918-1919	A/H1N1
Grypa azjatycka	1957-1958	A/H2N2
Grypa Hong-Kong	1968-1970	A/H3N2
Grypa rosyjska	1977-1978	A/H1N1
Grypa meksykańska („świńska”)	2009	A/H1N1v

Osobnym zagadnieniem są kontrowersje narosłe wokół celowości szczepień profilaktycznych przeciwko grypie. Wprowadzenie szczepień profilaktycznych jest bez wątpienia jednym z największych osiągnięć medycyny, gdyż pozwoliło na eliminację niektórych patogenów ze środowiska naturalnego. Najlepszym przykładem jest brak zachorowań na ospę czarną czy na paraliż dziecięcy (chorobę Heinego-Medina), gdyż wirusy powodujące te choroby nie znajdują w naturze podatnych żywicieli. Niestety, szybko mutujący wirus grypy, podlegający też zjawiskom skoków antygenowych, jest znacznie trudniejszy do wyeliminowania drogą szczepień profilaktycznych. Decyzję o szczepieniach opartych o nieszkodliwe formy wirusów aktualnie rozprzestrzeniających się w naturze musi corocznie podejmować nasza służba zdrowia oraz indywidualnie każdy z nas.

Na koniec podkreślę z całą mocą, że w pełni uzasadniona jest strategia Światowej Organizacji Zdrowia, polegająca na starannym monitorowaniu wszelkich nowych szczepów wirusa grypy. Tabela 2 ukazuje bowiem, że co kilkadziesiąt lat następuje skok antygenowy i pojawiają się nowe, wysoce zakaźne szczepy wirusa, co grozi pandemią bardzo ciężkiej postaci choroby. Musimy być wówczas przygotowani na szybką produkcję i sprawną dystrybucję całkiem nowego typu szczepionki.

Barbara Płytycz jest profesorem zwyczajnym, twórcą i kierownikiem Zakładu Immunobiologii Ewolucyjnej w Instytucie Zoologii UJ w Krakowie.

WYKWINTNY POBRATYMIEC NANERCZA I MANGO

Roman Karczmarszuk (Wrocław)

Do rodzaju *Pistacia* z rodziny nanerczowatych (*Anacardiaceae*) zaliczamy około 20 gatunków pochodzących z obszaru śródziemnomorskiego, Azji Zachodniej oraz Meksyku. Wymieniony w tytule pierwszy takson, o analogicznej przynależności systematycznej, reprezentuje tropikalne rejony Brazylii, drugi zaś Azję Południowo-Wschodnią.

Rodzaj *pistacja* sięga odległej przeszłości, gdyż jego nieliczni przedstawiciele pojawili się na globie ziemskim już w trzeciorzędzie. Największą wartość gospodarczą ma *pistacja właściwa* (*Pistacia vera* L.) z pogranicza Azji Mniejszej i Środkowej, znana tam od dwóch tysięcy lat. Prezentowane dwupienne drzewo osiąga wysokość 7 m i wiek do 300 lat. Posiada liście sezonowe, długoogonkowe, 3–5-listkowe. Doskonale znosi suszę, ale znaczna wrażliwość na ujemną temperaturę sprawia, że nie wytrzymuje jej spadku poniżej –9°C.

Dalsze cechy rośliny to duży, zwarty, wiechowaty kwiatostan oraz niepozorne kwiaty: męskie o 5–6 pręcikach i żeńskie o jednym okrągłym słupku. Owocem, zbudowanym podobnie jak orzech włoski, jest pestkowiec złożony z niezbyt mięsistej części zewnętrznej, wewnątrz której tkwi czerwona, cienka pestka. Jadalne jaskrawozielone nasiona, do których przylgnęła niezbyt udana nazwa „orzeczki pistacjowe”, zawierają 54% tłuszczu, 23% białka i 15% węglowodanów. Ich wabiący pięknym kolorem wygląd, a także wyborny smak sprawiły, że są znacznie droższe od najbardziej cenionych orzechów. Spożywa się je w stanie naturalnym lub solone, a w Indiach – smażone na oleju – dominują wśród wielu ulubionych potraw. Ponadto w różnych państwach świata znalazły szerokie zastosowanie w cukiernictwie, jako niezbędny komponent tortów, marcepanów, lodów, budyniów oraz takich tureckich bakali

(tur. z arab. *bakka* – suszone owoce południowe, podawane razem z orzechami i marmoladkami), jak *rahat-lookum*, czyli rachatłukum. Warto jeszcze wspomnieć o galasach powstających na liściach różnych gatunków pistacji. Tworzą się w wyniku ich nakłucia przez galasówki – owady z rzędu błonkówek. Ze względu na sporą ilość garbników (do 40%) są używane m.in. do garbowania skór i farbowania jedwabiu oraz dywanów.



Ryc. 1. Pistacja właściwa (*Pistacia vera* L.). Za: Johann Carl Krauss, *Afbeeldingen der artsney-gewassen met derzelver Nederduitsche en Latynsche beschryvingen*, Amsterdam, 1800

Ustalenie pochodzenia pistacji jest niezwykle trudne z uwagi na brak danych paleobotanicznych. W strefie śródziemnomorskiej, na Kaukazie i w Azji Zachodniej kultywowano ją od bardzo dawna. Być może jej kolebką była Syria, Mezopotamia, a nawet Azja Centralna, gdzie obecnie spotykamy dzikie okazy. Podobno stanowiła przysmak mitycznej królowej arabskiej Saby, dla której w postaci daniny napływała z ujarzmionych krajów. Filozof grecki Teofrast z Eresos na wyspie Lesbos (ok. 372–287), jak również słynny lekarz Galen z Pergamonu (129–199) sądzili, że wywodzi się ona z Syrii. Podobną opinię wyrażał pisarz i uczoney rzymski Pliniusz (23–79), wzmiankując w swej *Historii Naturalnej* o jej sprowadzeniu z Syrii do Italii przez Luciusa Vitelliusa u schyłku władztwa cesarza rzymskiego Tyberiusza (Tiberius Claudius Nero) – 42 a.C. – 37 post Christum natum.

Następnie dzięki inicjatywie Flawiusza Pompejusza zaczęła opanowywać Półwysep Iberyjski. Można przy tym dodać, że w drugiej połowie XVII wieku znaczne uprawy były rozlokowane w pobliżu dawnego Agrigentum (miasto greckie na południowo-zachodnim wybrzeżu Sycylii, założone około 585–580 p.n.e. przez kolonistów z Gela).

W Azji Zachodniej pistacja rodzima występuje m.in. na obszarach usytuowanych wzdłuż łańcu-

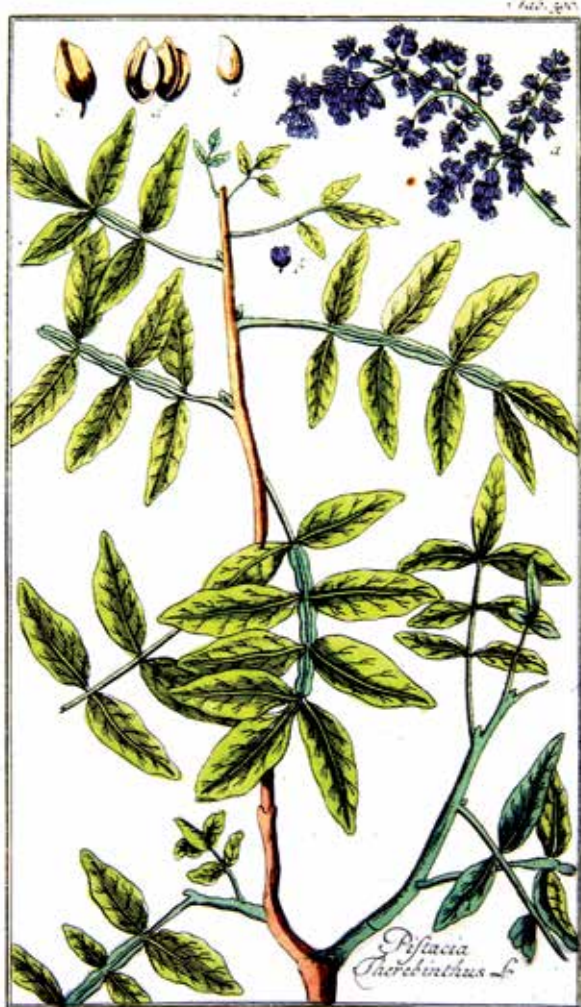


Ryc. 2. Pistacja właściwa (*Pistacia vera* L.) w Ogrodzie Roślin Użytkowych Uniwersytetu w Bonn. Fot. Magdalena Mularczyk

cha gór Kopet-Dag, natomiast w Azji Środkowej – w Tadżykistanie, Uzbekistanie, Turkmenii i Kirgizji, dochodząc do Pamiru i Gór Ałajskich. Sadzona w sąsiedztwie osiedli, przyczyniła się z czasem do wykreowania typów uprawnych. Jednak zwiększenie jej zasięgu napotyka na poważne przeszkody spowodowane wyrębem drzew na opał i nadmiernym wypasem zwierząt. Należy zaznaczyć, że w niektórych państwach azjatyckich, jak na przykład w Afganistanie, nasiona dzikiej pistacji wchodziły często w skład jadłospisu ludności i są oferowane na targowiskach łącznie z nasionami sosny Gerarda (*Pinus gerardiana* Wall.). Współcześnie pistacja właściwa odgrywa wielką rolę w przemyśle, zwłaszcza spożywczym, dlatego jest uprawiana w różnych połaciach świata. Na kontynencie europejskim zasługują na uwagę pokaźne plantacje przede wszystkim w Grecji – wyspa Egina, leżąca w Zatoce Saronijskiej między Attyką a Peloponezem, oraz okolice Salonik. Oprócz tego kultywuje się ją w południowej Francji, we Włoszech i Bułgarii. Natomiast w Azji przodują Iran, Turcja i Syria, a w ich kierunku kroczą szybko Chiny. Praktyczni Amerykanie dostrzegli bezbłędnie korzyści wpływające z przydatności rośliny i nie pozostają w tyle.

W 2007 roku pierwsze miejsce w światowej produkcji zajął Iran, gdzie zebrano z plantacji 230 tys. ton pistacji. Drugie miejsce przypadło w udziale Stanom Zjednoczonym – 108 598 t, trzecie Turcji – 73 416 t, czwarte Syrii – 52 066 t, piąte zaś Chinom – 38 000 t.

Kolejnym wartościowym gatunkiem jest pistacja terpentynowa, inaczej terpentynowe drzewo - terebint (*Pistacia terebinthus* L., syn. *P. mutica*),



Ryc. 3. Pistacja terpentynowa (*Pistacia terebinthus* L.). Za: Johann Carl Krauss, *Abbeeldingen der artseny-gewassen met derzelver Nederduitsche en Latynsche beschryvingen*, Amsterdam, 1800

znana z terenów śródziemnomorskich, Krymu i Azji Mniejszej. Występuje w postaci krzewu lub małego, dwupiennego drzewa, osiagającego wysokość 8 m. Posiada trwałe liście o żywicznym zapachu, złożone z 5–13 szerokolancetowatych, całobrzegich listków. Kwiaty ma drobne, okwiat zielonkawy, a kulisty owoc to brązowy pestkowiec o bardzo twardej skorupie. U wielu roślin nie tworzą się nasiona, bądź też zjadają je owady. W związku z tym, oraz niszczeniem młodych wschodów przez bydło, rozmnaża się słabo. Lecz gdy nic jej nie zagraża wykazuje wielką żywotność. Przy wysokich temperaturach powietrza może w ciągu miesięcy letnich pochłoniąć z gleby od 12 do 20 ton wody. Umożliwia jej to szczególnie sprzyjający układ korzeni; jedne rozchodzą się poziomo w podłożu na odległość 30–40 m, a inne wrastają do głębokości 12–15 m. Dzięki temu są tak silnie umocowane i wrosnięte w skały, że nawet obfite deszcze

i potoki nie są w stanie ich uszkodzić. Badania prowadzone na Krymie wykazały również jej odporność na niesprzyjające warunki meteorologiczne. Można to dostrzec wówczas, gdy ciepłota przekracza 35°C i kamienne usuwiska oraz skały są nagrzane do 60–70°C. Wychodzi też bez szwanku przy ochłodzeniu –18°C, lecz nie może egzystować bez światła, co się wyraża w preferowaniu dobrze nasłonecznionych południowych i południowo-zachodnich stoków. Według pewnych informacji, pod względem długowieczności dorównuje nawet dębom, bo na Krymie niektóre egzemplarze oceniono na 1000 lat. Najstarszy opis pistacji dzikiej na Półwyspie Krymskim pozostawił nam rosyjski botanik pochodzenia niemieckiego Karl Ludwig Hablitz. W swym dziele *Opis fizyczny obwodu taurydzkiego pod względem jego położenia i wszystkich trzech królestw przyrody* (1785) autor zaznacza m.in., że „oprócz przyjemnego wyglądu, drzewo to pod koniec lipca napełnia się płynną, żywiczną substancją, która swym zapachem przypomina balsam z Mekki. A gdy zaszczepli się na nim prawdziwe pistacje, nabiera ono doskonałej jakości, a poza tym daje więcej terpentyny”.

Przez nacięcie pnia terebintu uzyskujemy tzw. terpentynę z Chios lub terpentynę cypryjską – zielonkawą, pachnącą masę żywiczną. Stwierdzono w niej do 14% olejku lotnego i 89% żywicy, a w korowinie ok. 25% garbników. Kalafonia wchodząca w skład żywicy była palona przez starożytnych Greków w trakcie uroczystości sakralnych, a Fenicjanie używali żywicy do obróbki naczyń sporządzonych z drewna. Z kolei w krajach Azji stanowiła nieodzowny komponent aromatycznych kadzideł. Godna uwagi jest ponadto wartość liściowych galasów, będących tworem mszycy *Pemphigus corniculatus* Pass. Zawierają one ok. 60% garbnika, merycetynę i 4% olejku lotnego. Z wymienionych składników produkuje się trwałe barwniki o jaskrawych kolorach, służące do farbowania jedwabiu oraz dywanów. Zawdzięczają im swoją renomę m.in. piękne dywany perskie i turkmeńskie. Opiera się na nich też garbowanie safianu (pers. *sāchtījan*, od *sācht* – mocny) – koziej skóry wykorzystywanej do oprawy cennych książek i wyrobu luksusowego obuwia. Roślina najintensywniej produkuje żywicę w lipcu i sierpniu. W tym okresie z jednego drzewa można uzyskać od 40 do 100 g surowca. Od najdawniejszych czasów używano go w celach terapeutycznych. Wzmiankę o właściwościach leczniczych pistacji terpentynowej znajdujemy w *Corpus Hipocraticum* z IV stulecia p.n.e. Znana była maść gojąca wrzody i rany, autorstwa wybitnego tadejskiego uczonego Awicenny, właśc. Al Hussein Abu-Ali Ben Abdallah Ibn Sina, z Buchary (979–1037). Spo-

rzządzona została przez stopienie żywicy z woskiem i masłem, a o jej atrakcyjności świadczy fakt, że nie została zapomniana przez wieki. Żywica wchodziła również w skład plastrów przeciwrumatycznych, a obecnie gdzieś wytwarza się z niej lek łagodzący oparzenia, pęknięcia skóry i odleżyny. Oprócz tego moc zdrowotną przypisywano owocom, spożywając je w stanie niedojrzałym z kwaśnym mlekiem. W średniowieczu nie pomijano z tego względu nawet korowiny, liści i nasion.

Na Półwyspie Krymskim i w Azji Środkowej cenne drewno pistacji wykorzystywano bez umiaru. Znalazło zastosowanie przede wszystkim w budownictwie okrętowym, gdyż doskonale nadawało się do wytwarzania drobnych elementów wymagających materiału wyjątkowej twardości i trwałości – bloków, łożysk oraz kół zębatach. Na Krymie największych spustoszeń dokonano w latach 20. XIX wieku, w trakcie wzmożonej działalności tartaków i produkcji węgla drzewnego, używanego w paleniskach kowalskich i piecach grzewczych. W wyniku tej rabunkowej eksploatacji wyniszczono wiele stanowisk terebintu, co spowodowało erozję gleby, zwłaszcza zboczy górskich. Podobna sytuacja zaistniała w Azji Zachodniej, gdzie występował pospolicie wokół osad, meczetów i cmentarzy. Często spotykamy go w utworach poetyckich oraz opisach obrzędów, zwłaszcza religijnych. Nieliczne egzemplarze rosnące na pustyni Negew i w dolinie Galilei są uważane za najstarsze na tym obszarze. Skupina tych drzew stanowiła niegdyś miejsce uroczystości sakralnych, m.in. grzebania znakomitych osobistości. Biblijna nazwa terebintu *elah* pochodzi od hebrajskiego *el* – Bóg, i jest uosobieniem mocy oraz stanowczości. Według legendy pistacjowy gaj Mamre niedaleko Hebronu w Palestynie zasłynął z rytualnej ofiary Abrahama.

Nie można też pominąć śródziemnomorskiej pistacji lentyszek (*Pistacia lentiscus* L., syn. *P. massiliensis* Mill., *Lentiscus massiliensis* Fourr., *Terebinthus lentiscus* Moench). Egzystuje jako dwupienny krzew osiągający wysokość 3–4 m. Posiada liście parzystopierzaste, złożone z 4–10 par lancetowatych, skórzastych i silnie pachnących listków. Groniaste kwiatostany składają się z drobnych kwiatów, owocem zaś jest okrągławy, początkowo czerwony pestkowiec, przybierający później barwę czarną. Szczególne znaczenie ma odmiana – var. *chia* Desf., kultywowana na greckiej wyspie Chios. Po nacięciu kory krzewu otrzymujemy wonną oleożywicę o nazwie mastyks (łac. *mastix*, z gr. *mastiche*). W jej

składzie stwierdzono m.in. od 90 do 100% kwasów – mastyksowego i mastykolowego, oraz żywicę mastyksową. Użytkuje się ją w lecznictwie, przemyśle perfumeryjnym i alkoholowym. Wchodzi w skład takich wyrobów spirytusowych, jak na przykład *Mastica* i *Raki*. Znalazła ponadto zastosowanie w cukiernictwie i piekarnictwie. W niektórych rejonach Grecji (Sporady) młode gałązki lentyszka marynowane w occie są chętnie spożywane przez ludność.

Aromatyczna żywica charakteryzuje się tym, że w trakcie żucia mięknie, klejąc zęby, a podczas spalania wytwarza dym o przyjemnej terpentynowej woni.



Ryc. 4. Pistacja lentyszek (*Pistacia lentiscus* L.). Za: Köhler's *Medizinal-Pflanzen in naturgetreuen Abbildungen und kurz erläuterndem Texte*, Gera 1887.

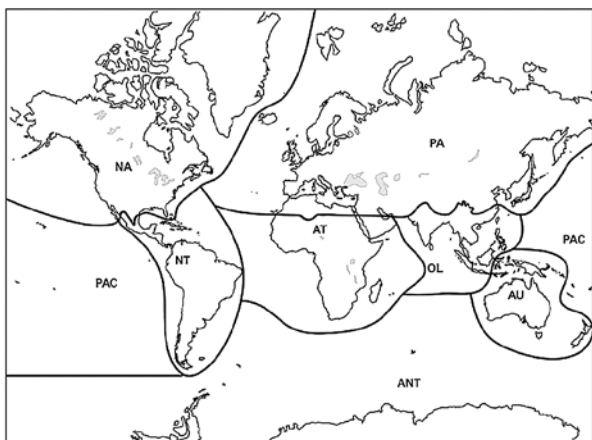
Wspomniane właściwości zadecydowały o wykorzystaniu mastyksu już w starożytności do dezynfekcji jamy ustnej i wytwarzania kadzideł, nieodzownych w obrzędach sakralnych. Poza tym jest wykorzystywany przy produkcji lakierów, pokostu, mas dentystycznych i past do czyszczenia zębów. Oprócz tego cenią go aktorzy, bo świetnie przykleja wymagane owłosienie. Takie sztuczne wasy i brody nie podrażniają skóry i można je łatwo usunąć po przedstawieniu.

Niezależnie od tego spirytusowo-eterowy roztwór mastyksu nadaje się do utrwalania węglowych i pastelowych rysunków.

FRESHWATER ANIMAL DIVERSITY ASSESSMENT – CO WIEMY O BIORÓŻNORODNOŚCI W WODACH SŁODKICH ŚWIATA

Tomasz Mamos (Łódź)

Różnorodność i rozmieszczenie zwierząt słodkowodnych na świecie stanowią obiekt zainteresowań oraz badań dokonywanych przez specjalistów od wielu lat. Jednak dopiero w roku 2008 wiedza na ten temat została podsumowana i opublikowana w ramach projektu Freshwater Animal Diversity Assessment (FADA).



Ryc. 1. Granice regionów zoogeograficznych zdefiniowane w projekcie FADA: PA - palearktyczny, NA - nearktyczny, PAC - pacyficzny, AU - austaloazjatycki, OL - orientalny, AT - afrotropikalny, NT - neotropikalny, ANT - antarktyczny (FADA, 2008).

Wyspowe rozmieszczenie środowisk słodkowodnych oraz duża różnorodność lokalnych faun utrudniają globalną ocenę różnorodności biologicznej w wodach słodkich. Z powodu postępującej degradacji wód śródlądowych w skali światowej, w 1988 r. z inicjatywy The United Nations Environment Programme (UNEP) zostało zorganizowane spotkanie ekspertów z dziedziny zoologii i hydrobiologii. Jego konsekwencją było ustanowienie w r. 1992 tekstu konwencji Convention on Biological Diversity (CBD), której najważniejszym założeniem jest zachowanie i bezpieczne użytkowanie różnorodności biologicznej. Aby założenie to zrealizować podjęto próbę oszacowania ilości gatunków organizmów słodkowodnych i zidentyfikowanie obszarów najbardziej potrzebujących ochrony – projekt FADA.

Prace przy projekcie FADA rozpoczęto przy wsparciu naukowców działających w ramach DIVERSITAS – międzynarodowego projektu, mającego na celu scalenie oraz promocję wiedzy o bioróżnorodności. Podjęto także współpracę ze specjalistami z Centre National pour la Recherche Scientifique

przy French National Research Institute. Prace nad pierwszą fazą, trwającą od września 2002 do czerwca 2003 roku, miały na celu zebranie informacji i wydanie ich w formie wstępnego dokumentu. Miałyby one zainteresować tematem naukowców, zajmujących się poszczególnymi grupami organizmów. Ta faza zakończyła się wydaniem w 2005 roku w ramach serii wydawniczej *Developments in Hydrobiology* (Springer), tomu pt. *The Diversity of Aquatic Ecosystems*, będącego pierwszym szkicem globalnego zróżnicowania zwierząt słodkowodnych. Jednym z elementów tego projektu jest udostępnienie wszelkich potrzebnych informacji na portalu internetowym <http://fada.biodiversity.be/>. Ten artykuł rozpoczął kolejną fazę pracy. Przy udziale 169 ekspertów – taksonomów z całego świata, jako autorów prac dotyczących konkretnych grup taksonomicznych, faza ta zakończyła się zebraniem danych w 59 artykułach. Zostały one opublikowane w formie tomu *Developments in Hydrobiology* zatytułowanego *Freshwater Animal Diversity Assessment*. Z tego zbioru, jeden artykuł poświęcony jest wodnym roślinom naczyniowym, ze względu na ważną rolę, jaką pełnią w budowie struktury habitatów – dostarczając schronienia oraz pożywienia wodnym zwierzętom.

Aby spełnić cele projektu FADA każda grupa taksonomiczna zwierząt została opracowana pod względem trzech podstawowych aspektów:

1. Możliwie najdokładniejszego oszacowania różnorodności w skali światowej;
2. Określenia geograficznego rozmieszczenia gatunków;
3. Wyznaczenia głównych obszarów występowania organizmów endemicznych.

Artykuły zostały podzielone na części, w których są zawarte informacje o poszczególnych taksonach:

1. *Species and generic diversity section* – określenie liczby gatunków, rodzajów oraz wyższych taksonów. Zróżnicowanie taksonów z uwzględnieniem konkretnych habitatów oraz informacji o tym jak duża może być jeszcze niepoznana różnorodność wymagająca dalszych badań;
2. *Phylogeny and historical processes* – związane informacje o powstaniu i ewolucji danej grupy;
3. *Present distribution and endemism* – dotycząca rozmieszczenia geograficznego;

4. *Human-related issues* – zawiera informacje na temat ekonomicznej lub medycznej przydatności badanych taksonów, a także uwagi dotyczące podstawowych zagrożeń, ochrony oraz gatunków z Światowej czerwonej księgi IUCN.

Aby publikacje tworzyły integralną całość ujednoliconą została również terminologia. Zdefiniowane zostały na podstawie literatury i odpowiednio zmodyfikowane takie pojęcia, jak: *hot spot* – miejsce wyjątkowo bogate w gatunki endemiczne (występujące tylko na danym obszarze) np.: jezioro Bajkał, jezioro Wiktorii; stopień endemizmu – określający liczbę gatunków endemicznych występujących na danym obszarze; gatunki kosmopolityczne – występujące we wszystkich wyszczególnionych w projekcie regionach geograficznych z wyjątkiem antarktycznego.

Wśród gatunków zawartych w publikacji wyróżniono dwie kategorie:

1. *Real water species* – gatunki, których cały cykl życiowy związany jest silnie z wodą;
2. *Water dependent* – gatunki, które pozostają w bliskiej zależności od środowiska wodnego, poprzez część cyklu życiowego zachodzącą w tym środowisku.

Pomimo, że tematyka pracy skupia się na wodach słodkich, uwzględniono również gatunki żyjące w śródlądowych wodach słonych, z pominięciem zwierząt niewykazujących zdolności przetrwania poza wodami zasolonymi.

Nomenklatura geograficzna również została ujednoliconą; wyróżniono i zdefiniowano następujące regiony geograficzne (ryc. 1): palearktyczny, nearktyczny, pacyficzny, australoazjatycki, orientalny, afrotropikalny, neotropikalny, antarktyczny.

Wyniki FADA przedstawiają się bardzo interesująco. W przypadku kręgowców (z ptakami wodnymi) zliczono 18 235 gatunków. Stanowi to aż 35% wszystkich opisanych zwierząt kręgowych. Szacuje się, że 50% gatunków ryb i 73% gatunków płazów, to gatunki słodkowodne. Największe zróżnicowanie organizmów, szczególnie jeśli chodzi o gatunki endemiczne, notuje się w regionie nearktycznym (NA). Uwidacznia się to zarówno w liczbie gatunków, jak i wyższych taksonów. Najmniejsze zróżnicowanie (przede wszystkim wśród ryb) opisano w regionie australijskim. Dużą endemicznością pod tym względem charakteryzuje się region neotropikalny, głównie ze względu na rzekę Amazonkę, która jest tam *hot spot* endemizmu. Także region afrotropikalny charakteryzuje się dużym endemizmem ryb w jeziorach tektonicznych (jezioro Tanganika, jezioro Wiktorii).

Z bezkręgowców grupą wyróżniającą się są owady. Stanowią 60% wszystkich opisanych do tej pory zwierząt związanych z wodami słodkimi. Dominują takie rzędy jak: muchówki, chrząszcze czy chruściki, stanowiące odpowiednio 43%, 18%, 15% wszystkich wyróżnionych w FADA gatunków owadów. Innymi grupami, bogatymi w gatunki są: pluskwiaki różnoskrzydłe (6% wyróżnionych), widelnice (5%), ważki (7%) i jętki (4%). Największe zróżnicowanie owadów notowane jest w regionach: palearktycznym, neotropikalnym i orientalnym. Zwraca uwagę duże zróżnicowanie gatunków zaobserwowane w stosunkowo słabo poznanych regionach tropikalnych. Potwierdza ono potrzebę dalszych badań tych obszarów.

Skorupiaki reprezentowane są w wodach słodkich przez 11 990 gatunków, co stanowi około 30% tej fauny światowej. Czołowymi reprezentantami są tutaj dziesięcionogi i widłonogi, jak również małżoraczki i obunogi. Ponownie najbardziej obfitującym w gatunki jest region palearktyczny, jednak takie ważne grupy jak kraby i krewetki wykazują największą różnorodność w regionie orientalnym, a raki w regionie nearktycznym. Należy tutaj wyróżnić takie *hot spots*, jak obszar pontokaspijski, czy jezioro Bajkał, które obfitują gatunki endemicznych obunogów, małżoraczków, widłonogów i skrzelonogów.

Wśród mięczaków znanych jest około 5 000 gatunków słodkowodnych – zaledwie 7% wszystkich znanych gatunków mięczaków. W wodach słodkich żyją jedynie małże i ślimaki, wykazujące największe zróżnicowanie w regionach: palearktycznym i nearktycznym. Innymi miejscami z dużą liczbą gatunków endemicznych są: jezioro Tanganika (Afryka), zlewisko rzeki Kongo (Afryka), oraz Mekong (południowo-wschodnia Azja).

Podsumowując, w projekcie FADA zawarto 125 531 gatunków zwierząt słodkowodnych, co stanowi 9,5% całkowitej znanej liczby gatunków wszystkich zwierząt (1 324 000 wg UNEP 2002). Biorąc pod uwagę, że powierzchnia wód słodkich stanowi tylko 0,01% powierzchni Ziemi, można stwierdzić, że znaczna bioróżnorodność skupia się właśnie w wodach słodkich. Publikacja ta stanowi przystępną i dobrze opracowaną bazę danych dla wszystkich osób zainteresowanych olbrzymią bioróżnorodnością występującą w wodach słodkich. Jest pozycją niezbędną w zbiorach hydrobiologów i taksonomów zajmujących się zwierzętami wodnymi. Stanowi również bogate źródło informacji dla wszystkich zainteresowanych wodami śródlądowymi.

FOTOGRAF PRZYRODY A PIKSEL – ODCINEK 3: O WYŻSZOŚCI RAW-ÓW NAD JPG-AMI

Wyższe są tak, jak pierwotność wyższa jest od wtórności. Co jest pierwsze? Poza myślą, intuicją, podświadomością fotografa, pierwszy jest moment naciśnięcia spustu. Niewątpliwie! Wtedy światło poruszające się z niewyobrażalną prędkością c zatrzymane zostaje, przerobione zostaje na bity. To jest moment, ułamek sekundy, bo nawet i cztery takie operacje aparat fotograficzny może w sekundzie wykonać. Tak więc, mamy informację, mamy mnóstwo informacji, informacji dwadzieścia tysięcy razy więcej niż ta, którą Czytelnik zyskał, gdy doczytał dotąd (licząc, że każda litera, a nawet odstęp miały znaczenie). Pamiętajmy, że piksel to trzy litery, RGB, a każda z nich wymaga, co najmniej bajta, czyli tyle, co litera tekstu.

Czas na konkrety, lecz najpierw konkret negatywny. Otóż, nie to jest najważniejsze, że w RAW-ach zwykle każdy z trzech kolorów zajmuje więcej niż jeden bajt, więcej niż 8 bitów. Są różne standardy, są RAW-y 10, 12, a nawet 14-bitowe. Przypomnijmy, o co chodzi w tych bitach. Bajt, czyli ośmiobitowa jednostka informacji wyglądać może na przykład tak: 10010110, i mamy tu średnią intensywność koloru. Brak, któregoś koloru, na przykład czerwieni wygląda tak: 00000000, a maksimum czerwieni (czerwień „wypalona”) to: 11111111. Rzecz w tym, że jak dość łatwo policzyć, przy ośmiu bitach mamy 256 stopni intensywności czerwieni, zieleni czy niebieskiego ($256=2^8$). Niektórym to mało, więc mają w matrycach przetworniki analogowo-cyfrowe dziesięciobitowe. Mają wtedy 1024 stopni jasności. Gdzie oglądamy te 1000, albo i 4000 (12 bitów) stopni jasności skoro monitory są ośmiobitowe? Jest tu pewien kłopot, ale czy każdą informację od razu musimy oglądać, czy nie można jej jakoś inaczej wykorzystać, czy 12 bitów koloru nie może się przydać na etapie przetwarzania zdjęcia? Może się przydać. Wrócimy do tego zaraz, teraz jednak podkreślmy jeszcze raz, że nie większa liczba bitów RAW-ów jest najważniejsza.

Najważniejsza jest możliwość odłożenia na potem wszystkich ważnych decyzji, które odłożyć na potem można. Które to decyzje? Naciśnaliśmy spust, bity są w matrycy. Koniec. Obiektyw był, jaki był, ogniskowa była, jaka była, czas migawki i otwór przysłony również – tego już nie zmienimy. Nie zmienimy w momencie (po momencie), gdy matryca wykonała swoje i przesłała surowe dane (*raw data*) do pamięci. Ale teraz za obraz bierze się procesor. Musi go zamienić na

JPG, musi skompresować, ale nie zajmujemy się kompresją. Ktoś, kto myśli o porządnym fotografowaniu za pomocą RAW-ów musi mieć dużą kartę pamięci i nad kompresją się nie zastanawiać. Procesor, wykonując swoją czynność konwersji musi uwzględnić nasze preferencje, ustawione w *menu* aparatu: kontrast, nasycenie, wyostrenie. Wykonuje to, przerabia surowy obraz zgodnie z naszymi decyzjami, które przed naciśnięciem spustu wprowadziliśmy do pamięci aparatu. Czy decyzje te były jedynie słuszne?

Jeżeli wzięliśmy za długi czas migawki, to obiekt ruchomy będzie poruszony i tego nie cofniemy (w n+1-szym odcinku niniejszego cyklu będzie mowa o dekonwolucji). Głębia ostrości to również „przetwarzanie” informacji zupełnie nie cyfrowe, ale fizyczne. Tego po naciśnięciu spustu nie cofniemy. Ale gdyby zatrzymać procesor, żeby nie psuł obrazu i nie przerabiał go na JPG, bo my chcemy się zastanowić, siedząc w wygodnym fotelu, przed komputerem, jaki ma być kontrast, jakie nasycenie, jaki stopień wyostrenia zdjęcia, który przecież zależeć powinien od końcowych rozmiarów obrazka. Jeżeli procesor aparatu potrafi przerabiać obraz z matrycy (RAW), to nie mogłby tego zrobić procesor naszego komputera, używając programu dostarczonego przez producenta aparatu? Pytanie retoryczne. Jasne, że mógłby.

Ktoś powie, że JPG-i też można skonstrastować, zwiększyć nasycenie itp. Oczywiście, do pewnego stopnia. Weźmy przykład. Powiedzmy, że popełniliśmy błąd polegający na tym, że zapomnieliśmy skorygować kontrast (może nie było czasu na szperanie po menu). Fotografujemy rzecz kontrastową, a kontrast ustawiony jest na środkową wartość, albo, co gorsza wyżej, może i na max, bo poprzednie zdjęcie to było coś całkiem innego, może jakaś sina dal bez pierwszego planu. Matryca jak matryca, ma swoje możliwości, powiedzmy jednak, że dała sobie radę z cieniami i ze światłami. Najgłębszy cień to nie 00000000, a może 00000010, a światła nie są „wyżarte”, mają wartość, na przykład 11111101. (Można dopuścić, żeby maksymalny cień był kompletnym zerem, a maksymalne światło kompletną „jedyneką”, pod warunkiem, że nie byłyby to całe obszary, a raczej pojedyncze piksele.) Jeżeli jest tak, to RAW jest w porządku, ale bierze się za niego procesor, i zgodnie z naszym zaleceniem zwiększa kontrast, co sprowadza się z grubsza do tego, że nawet bajt o wartości 00001000 zostaje wyzerowany, a 11110000 „wyjedynekowany” do poziomu 255. Piękne obszary subtelnych cieni, miejscami

o wartości 3, gdzie indziej 10, 15 zostały zamienione na jednolitą czarną plamę. I koniec, nie ma powrotu. Między pikselem, który przed przetworzeniem miał zieleni 00000010 a teraz ma 0, a takim, który oryginalnie miał 0 i to mu zostało, nie ma żadnej różnicy (zupełnie żadnej – to istota cyfry).

Błąd w odwrotnym kierunku, czyli wykonanie zdjęcia JPG przy niskim kontraście obiektu o niskim kontraście daje wynik mniej opłakany, lecz również niekorzystny. Otóż cała rozpiętość tonalna obiektu zostanie „wepchnięta” powiedzmy w 20 kanałów (przy prawidłowej ekspozycji mogłoby to być np. wartości pikseli od 121 do 140). A moglibyśmy, przy ustawionym dużym kontraście mieć je w 60. kanałach, a to już jest różnica. Po skontrastowaniu JPG-a można mieć 20 odcieni szarości, widocznych jako osobne obszary a 60 odcieni, z niedostrzegalnymi granicami.

Wszystko to jednak marność. Nic RAW-y nie pomogą, gdy brak tematu, pomysłu. Czytelnik zauważył być może ze zdziwieniem, że opowieści powyższe nie są, a powinny być ilustrowane odpowiednimi zdjęciami. Rzecz jest prosta, te różnice między dziesięcioma a ośmioma bitami głębi koloru to subtelności trudne do oddania w druku, nawet przy tak dobrej poligrafii jak ta, z której korzysta „Wszechświat”. W dużym stopniu rzecz też w CMYK-u, ale to inny temat.

By jednak zachęcić czytelnika do korzystania z elastyczności RAW-ów, na koniec rzecz najmocniejsza, świadomie jeszcze niewspominana. Chodzi

o BB (kto pamięta, kto to?) - balans bieli. Białe ma być białe, szare szare (czarne zawsze jest czarne). Zdjęcia w świetle żarówek, energooszczędnych czy prawdziwych, żarowych, zdjęcia o sinym zmierzchu, zdjęcia w lesie pod dachem zielonych liści. I już po bieli. Dobry, uważny fotograf ustawia oczywiście balans bieli, przestawia odpowiednią ikonkę w aparacie na żarówkę, albo, co zawsze najlepsze, definiuje biel fotografując odpowiedni szary wzorec, albo zwykły kawałek białego papieru. Ta ostatnia operacja jednak już na pewno musi trwać i zajmować uwagę. A wystarczy zapisywać RAW-y, o balansie bieli możemy wtedy na planie zapomnieć. Wszystko załatwimy przy komputerze. No może jedno, trzeba na którymś ze zdjęć z danej sceny, z danego światła mieć najmniejszy chociaż kawałek czegoś białego (lub szarego – ale z tym trudniej).

Ostatnia uwaga, fotografia cyfrowa nie wymaga używania komputera, można kartę z aparatu wyjmować i komuś oddawać do wydrukowania, albo do bezpośredniego rozesłania do znajomych. Wtedy nie robimy RAW-ów. Jeżeli jednak mamy ambicje wyciągnąć z naszego sprzętu maksimum jakości, to musimy do aparatu „dołączyć” komputer i na nim, mając pliki RAW dokończyć proces twórczy.

I jeszcze jedno, nie nazywajmy RAW-a cyfrowym negatywem, a przerabiania go na JPG wywoływaniem, nie twórzmy sztucznych, nic nie wartych legend. Analogia z analogiem jest na prawdę bardzo słaba, a o chemii czas zapomnieć – dziś (i jutro) jest piksel.

Dr hab. inż. Adam Walanus jest profesorem na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH, przyrodnikiem, z wykształcenia fizykiem, specjalistą w dziedzinie analizy danych. E-mail: walanus@geol.agh.edu.pl. Dodatkowe informacje dotyczące treści artykułu: www.adamwalanus.pl/fototechnika.html oraz: www.adamwalanus.pl

KAMIEŃ SPADŁY Z NIEBA

W Bibliotece im. Stefanyka we Lwowie (dawnej Biblioteka Zakładu Narodowego im. Ossolińskich) w rękopisie nr 717¹ na karcie 446 - 446 v. pomieszczono opis meteorytu, który spadł 18 marca 1771 na Ukrainie, koło Owruca.

Rękopis ten powstał przez połączenie luźnych akt dotyczących przede wszystkim konfederacji barskiej, głównie z lat 1770 - 1774. Liczy on 447 kart liczbowanych, kilka kart policzono dwa razy, a jedną nawet trzy razy; zawiera 104 pozycje. Znajdują się tam listy urzędowe i prywatne, mowy, uniwersały, itp.; ostat-

nie dwie pozycje to: „Opisanie kamienia spadłego z nieba” i „Opisanie bytności najj. KJMci² w Kamieńcu”; król przebywał w Kamieńcu Podolskim od 11 do 15 listopada 1781³ Treściowo nie korespondują one z innymi pozycjami. Zapewne włączono je zatem do tego zbioru, aby uchronić od zagubienia.

Opis tego niecodziennego zdarzenia zaskakuje rzeczowością i dokładnością. Niewątpliwie „kamień spadły z nieba” musiał wywołać nie tylko zdumienie, ale i lęk. Można domniemywać, że – jak to często bywa w przypadku zjawisk niezrozumiałych i niewy-

¹ Wojciech Kętrzyński, *Katalog rękopisów Biblioteki Zakładu Narodowego im. Ossolińskich*, t. I - III, Lwów 1884 - 1898.

² Stanisław August Poniatowski, król polski (1732 - 1798).

³ *Słownik geograficzny Królestwa Polskiego i innych krajów słowiańskich*. Warszawa, 1882, t. III, 754.

tłumaczalnych – próbowano wróżyć nadejście jakichś klęsk lub nieszczęść. Zjawisko było na tyle niecodzienne, że stało się przedmiotem badań naukowych, na miarę epoki. Nie wiadomo, kto był inicjatorem ekspertyzy, której dokonali dwaj miejscowi urzędnicy (podstarości i sędzia grodzki – owrucy) oraz jezuita ksiądz Kazimierz Sobolewski. Ten ostatni miał wykształcenie teologiczne a studiował także filozofię i matematykę. Może to właśnie jemu zawdzięczamy przeprowadzenie doświadczeń, które zostały dokładnie opisane. Zareagowano bardzo szybko. Relacja pochodzi bowiem z 20 marca 1771 roku, a samo zjawisko miało miejsce 18 marca tegoż roku. Nie wiadomo, jakie były dalsze losy tego „kamienia”.

Opisanie kamienia spadłego z obłoków

„W powiecie owruckim, województwie kijowskim, w dobrach WJ. Pana Dunina Wąsowicza podstolego kijowskiego⁴, nazwanych Denicze, położonych pomiędzy Owručem⁵ [a] Wielechnikami⁶ biorąc od Owrucza przez Matwiejowicze⁷, dobra WJM. pana Steckiego⁸, sędziego grodzkiego owruckiego mil dwie⁹, a milę od Wielechnik, gdzie przeciąg tak idzie, że Owruć leży na wschód zimowy, a Wielechniki na zachód letni, w rzeczonych Deniczach 18 marca 1771 roku, o godzinie 9 - tej z rana za świadectwem tych ludzi: Łauryna Zuy, Prokopa Loy wyrostka od lat 15, Leybka Nesowicza i szwagra jego Mewszy, Jana Kielowicza arendarza owruckiego, którzy oczyma swemi widzieli, jako leciał kamień przy wypogodzonym powietrzu i słońcu jasno świecącym, z chmurki mało dojrzanej, białawej i mglistej, z łoskotem na kształt nieby strzelby razem wielu wystrzelony, słyszany około mil 4 [~ 28,5 km], czemu powszechnie dają

wszyscy świadectwo. Spadek zaś samego kamienia najgwałtowniejszemu piorunowi był podobny, który najprzód padł tuż przy wsi Deniczach, na niwie Hryczka Draganczyka rolnika, gdzie w zmarzłej ziemi, wybiwszy dół więcy jak na pół łokcia [~ 18 cm] długi, szerszy nad calów ośm [~ 20 cm], głęboki na calów ośm, wyskoczył w górę więcej trzy sążni [~ 5 m] i jako rzeczony kamień szedł od południa zachodniego na północ wschodnią. Tak odbiwszy się po pierwszym spadku w tę stronę zamierzał, uczyniwszy trzy znaczne podskoki przez płot żerdziany z niwy na ogród tegoż samego rolnika na łokci mierniczych 30 i ćwierć, licząc odległość ostatniego padnięcia od pierwszego. Kamień ten przy ostatnim spadku roztrząsł się upadłszy w śnieg przygłębszy, którego wiele przy sobie roztopił swoją gorącością, zostawił jednak sztukę, jakoby trzecią część bryły całej jeszcze nie rozsypanego tego kamienia, a ta wielkiej wagi miała ważyć funtów cztery [~ 1,6 kg].

Materia pomienionego kamienia jest gęsta i zsiadła, na pół prawie niby z srebrnymi i złotawymi proszkami zmieszana, mająca w sobie żyłki krzemieniste ciemne, cała wewnątrz jasno popielata, po wierzchu nagorzeniem czarnym okryta, grubym na ludzki paznogieć. Ten kamień uderzony o żelazo niewiele ubruczył się dla swojej twardości; wydaje siarczysty zapach.

Te wszystkie doświadczenia czyniono w Deniczach umyślnie tam zjechawszy i 20 martii roku jako wyżej WP Ich PP Dabiewski podstarości, Stecki sędzia grodzki owrucki i ksiądz Sobolewski⁹ S.J., umyślnie na to wezwani.”

Bożena Wyrozumska (Kraków)

⁴ Jerzy Dunin Wąsowicz podstoli kijowski w 1752 r. i 1764 r. *Urzędnicy województw kijowskiego i czernichowskiego XV - XVIII wieku. Spisy.* Opracowali: Eugeniusz Janas, Witold Kłaczewski. Kórnik, 2002, s. 54, nr 289.

⁵ Owruć m. na Ukrainie nad rzeką Noryń, obwód Żytomierz.

⁶ Wielechniki m. na Ukrainie, obwód Żytomierz.

⁷ Matwiejowicze wieś na północny wschód od Wielechnik, *Słownik geograficzny Królestwa Polskiego i innych krajów słowiańskich*, t. VI, Warszawa, 1885, s. 176.

⁸ Leon Jan Stecki pisarz grodzki owrucki, 1758 r., pisarz ziemski owrucki, 1775; zmarł przed 26 X 1775, *Urzędnicy województw kijowskiego i czernichowskiego XV - XVIII wieku*, s. 86, nr 566.

⁹ Kazimierz Sobolewski, jezuita, profesor teologii (1719 - 1791). *Polski Słownik Biograficzny*, t. 39, s. 574 -5.

a

WSZECHŚWIAT PRZED 100 LATY

6

Niebezpieczne owoce Paryża, niebezpieczne płukanie

Zwracano już niejednokrotnie uwagę na możliwość przenoszenia się chorób zakaźnych drogą pokarmów niegotowanych. A. Sartory i A. Filassier zajęli się bliższym zbadaniem tej sprawy. W tym celu poddawali analizie bakteriologicznej owoce i warzywa, wzięte przygodnie bądź na wystawach sklepów owocowych, bądź na wózkach u sprzedawców warzyw.

Z doświadczeń tych, czynionych w Paryżu, wybieram parę, gdyż ilustrują one bardzo wymownie stan rzeczy.

1) Winogrona, wzięte o 3-jej po południu na nieprzykrytej wystawie sklepu, znajdującego się przy ulicy, mającej 7 m. 60 cm szerokości, pozbawionej słońca i mało ruchliwej (sklep był brudny) - po pierwszym myciu w wodzie sterylizowanej na 1 cm^3 tej wody dały 575 000 drobnoustrojów, w tej liczbie znajdowały się grzyby: *Penicillium glaucum*, *Rhizopus nigrans* i bakterie *Bacillus termo*, *Bac. subtilis*, *Miorococcus candicans* i inne.

Po drugim przepłukaniu w wodzie sterylizowanej było w 1 cm^3 21 000 bakt.

Po trzecim przepłukaniu w wodzie sterylizowanej było w 1 cm^3 , 7 000 bakt.

2) Poddano analizie wspaniałe winogrona, wzięte wewnątrz porządnej owocarni, mieszczącej się przy wielkim bulwarze (30 m. szerok.):

1 płókanie dało	58 000 bakt. na 1 cm^3
2 „ „	7000 „ „ „
3 „ „	3000 „ „ „

3) Brano winogrona o 8 rano w owocarni, mieszczącej się przy ulicy wąskiej (7 m. 60 cm), na wystawie nieosłoniętej, na którą właśnie strzepywano z górnego piętra koidrę. Winogrona zakurzone, brudne:

1 płókanie -	1 800 000 bakt.
2 „	51 000 „
3 „	11 000 „

4) Ulica 10 m. szerokości, przejeżdża dużo samochodów i powozów - wystawa bez przykrycia. Winogrona zakurzone:

1 płókanie -	3 200 000 bakt. na 1 cm^3
2 „	120 000 „ „ „
3 „	27 000 „ „ „

Podobne rezultaty dała również analiza bakteriologiczna truskawek; ilość bakterij, jak i w poprzednich razach, była w stosunku odwrotnym do czystości sklepu i szerokości ulicy. W podobnych doświadczeniach z porzeczkami starano się ponadto odtworzyć normalne warunki, w jakich odbywa się płókanie owoców. Używano wody zwyczajnej.

Otóż po pierwszym płókanu w wodzie sterylizowanej było 68 000 bakt. na 1 cm^3 .

Po drugim płókanu w wodzie zwyczajnej - 81 000 bakt.

Stąd praktyczne wnioski nasuwają się same.

N. M. (Miłkowska) Owoce jako szerzyciele mikrobów, *Wszechświat*, 1910, 29, 16 (2 I).

Starożytne teorie pochodzenia źródeł

Nikt dziś nie wątpi, że zasoby wód źródłanych i gruntowych pochodzą prawie wyłącznie z opadów atmosferycznych, z procesów skraplania pary wodnej w powietrzu i na powierzchni ziemi. Ten pogląd wydaje nam się tak naturalnym - zobaczymy, że jest dziś poparty ścisłymi dowodami, - że dziwić się należy, iż został poraz pierwszy stanowczo wypowiedziany dopiero przed 225 laty w dziele słynnego fizyka Mariotte'a: *Traite du mouvement des*

eaux, 1686. Coprawda już Witruwiusz w książce *De architectura*, a po długiej przerwie Bernard Palissy (*Discours admirable de la nature des eaux*, 1571) i Yossius (1656) oświadczyli się za podobnym poglądem, ale z jednej strony nie poparli go w sposób zadowalający, z drugiej zaś pozostali bez wpływu na naukę owych czasów.

Poglądem ogólnie w czasach starożytnych i średniowiecznych panującym była tak zwana teoria nasiału morskiego: ślady jej znajdujemy już w pismach Arystotelesa i Pliniusza. Jądrzem tego poglądu jest przypuszczenie, że woda podziemna pochodzi z morza, wsiąka i dalej wsiąka w ląd stały, wydostaje się skutkiem parowania na powierzchnię i występuje tu w formie źródeł i wody zaskórnej. Rozumiemy dobrze, że takie zapatrywanie powstały właśnie w Grecji, w krainie krasowej, gdzie stosunki między wodą gruntową lądu a morzem są bardzo zawile, gdzie morze w licznych wąskich, do rzek prawie podobnych zatokach wdiera się w ląd, a źródła nadbrzeżne biją czasem pod powierzchnią morza.

Podobnie przyrodę Grecji tłumaczy się trzeci sposób zapatrywania się na pochodzenie wody źródlanej, który zapanował w starożytności i daje się śledzić od czasów Arystotelesa aż do czasów Seneki. Opierając się na spostrzeżeniu, że w pieczarach krainy krasowej greckiej temperatura powietrza jest stosunkowo niska, i uogólniając niesłusznie to spostrzeżenie na całą skorupę ziemską, autorowie tych poglądów przypuszczali, że wilgoć skorupy ziemskiej pochodzi z powietrza tą drogą, iż para wodna zawarta w powietrzu wsiąka w skorupę ziemską i skrapla się tam po ochłodzeniu. Ta trzecia teoria (tak zwana kondensacyjna) była tak nieprawdopodobna i oparta na tak niesłusznym uogólnieniu drobnych i jedynie miejscowych spostrzeżeń, że już w wiekach średnich odstąpiono od niej w zupełności. Gdy w czasach starożytności panowały trzy teorie co do pochodzenia wody zaskórnej, każda niedostatecznie poparta ale też nie zbita, to później aż do XVII w. zupełnie opuszczono teorie kondensacji, a szala przeważała bezwzględnie na stronę teorii nasiału morskiego. Szczegółowo tę teorię objaśnił lekarz belgijski Hellmont, przedstawiający sobie, że ziemia jest niby kulą z piasku, przesiąkniętą wodą z samodzielnym obiegiem wody podziemnej, która płynie z morza w głąb lądu, wydostaje się w górach na powierzchnię lądu i spływa rzekami do morza. W podobny sposób słynny Atanazy Kircher wyobrażał sobie, że w górach istnieją wielkie rezerwoary wody, do których wiry pompują wodę z morza.

Sawicki L. O pochodzeniu wody zaskórnej. *Wszechświat*, 1910, 29, 6 (2 I).

Jak walczyć z muchami?

Odkrycia ostatnich lat 20 stwierdziły, że niektóre owady są roznośicielami różnych chorób; wykazano między innymi związek komarów z malarią, następnie zaś much domowych z tyfusem, oraz wielu innymi chorobami infekcyjnymi. W ten sposób muchy ze stworzeń jedynie dokuczliwych do niedawna, stały się obecnie nadzwyczaj niebezpiecznymi lokatorami naszych mieszkań, a tępienie ich - środkiem nieodzownym, którego nie należy zaniedbywać.

W miastach muchy są stosunkowo rzadkie i nie liczne, stanowią zato prawdziwą plagę przedmieść oraz wsi. Roznoszeniem też zarazków tyfusowych przez muchy tłumaczy się, dlaczego ta choroba grasuje tak silnie przedewszystkiem po wsiach. Analogiczny powód (większa obfitość komarów) jest również przyczyną, większej częstości malarii po wsiach, niż po miastach.

Na wsi więc przedewszystkiem należy się zająć zwalczaniem much, walkę taką zaś ułatwia znakomicie ta okoliczność, że muchy domowe trzymają się prawie wyłącznie mieszkań ludzkich oraz zabudowań gospodarskich, na polach, łąkach lub w lasach nie można ich spotkać prawie zupełnie. Mnożeniu się tych owadów sprzyja najlepiej obecność nawozu końskiego, w nim bowiem najpomyślniej rozwijają się ich larwy. W braku końskiego nawozu muchy składają jaja na kale ludzkim lub krowim, a dopiero w ostateczności na odpadkach kuchennych. Walkę więc skierować należy przede wszystkim w stronę nawozu końskiego. Prof. Sajó radzi wynosić go możliwie często ze stajni i warstwy jego przesywać chlorkiem bielącym, ale tak, aby na wierzchu leżała konieczna warstwa chlorku. Zapach jego powstrzymuje muchy od składania jaj na nawozie, a jednocześnie zabija znajdujące się już tam larwy. Tak samo należy je niszczyć i w kale ludzkim. Wpłyne to ogromnie na zmniejszenie się liczby much. Drugim środkiem jest chwytanie much siatką i zabijanie ich następnie benzyną. Środek ten jest szczególnie skuteczny i nieoceniony w jesieni, wówczas bowiem można w ten sposób wytepić niedobitki musze, któreby mogły przetrwać i dać potem początek nowym rojom; a także na wiosnę, niszcząc bowiem pierwsze ukazujące się muchy przecinamy w zarodku mnożenie się tych stworzeń. Stosując te dwa środki, a jednocześnie licząc na pomoc naturalnych wrogów much (ptaków, owadów, drapieżnych, pasorzytów i t. p.) możemy spodziewać się wybitnego zmniejszenia się liczby tych owadów a nawet zupełnego ich wytepienia.

B. D. (Dyakowski) Szkodliwość muchy domowej i jej zwalczanie. *Wszechświat*, 1910, 29, 110 (13 II).

Rzemiosło krzemienne

Przed zapoznaniem się z metalami człowiek obcho-dził się jedynie prawie krzemieniem, który zastępował mu długie setki lat najniezbędniejsze przyrządy, a nawet i broń.

Z wykopalisk, nagromadzonych po muzeach, poznać można najlepiej te rozmaitego rodzaju przedmioty jak topory, dłuta, piłki, noże, groty i strzały. Większa ich część wyrobiona jest z krzemienia w ten sposób, że przez stosowne uderzenie innym kamieniem odbijane były od rdzenia krzemiennego. Znanne są jednak dość liczne szlifowane starannie i gładzone, już po odbiciu i otrzymaniu pożądanego kształtu zapomocą piasku lub innych gatunków ostrych kamieni. Naprzód zapomocą szlifowania ostrono tylko ostrza, później jednak gładzono i całe narzędzia krzemienne, kościane lub też rogowe. Celem zręczniejszego i dogodniejszego ich użycia człowiek neolityczny oprował je w drzewo lub też nasadzał na drewniane rączki. W ciągu tej właśnie epoki człowiek nauczył się wiercić dziury w kamieniu i w ten sposób nasadzać topory i młoty na drewniane rączki, czem znacznie posunął się naprzód w wyrabianiu swych narzędzi. Pierwsze takie otwory powstać mogły przez równoczesne wiercenie z obu stron zapomocą jakiegoś twardego kamienia lub zapomocą piasku. Inne drobniejsze wyroby kamienne jak groty, noży i piłki wskazują podobne postępy w technice wykonania i posiadają nawet typowe formy, które jednak w Galicyi nie zaznaczają się tak bardzo jak np. w innych krajach północy.

Inny objaw zmysłu artystycznego człowiek neolityczny wykazał w wykonywaniu przedmiotów ozdoby,

których przykłady zachowały się w innych częściach naszego kraju; w powiecie borszczowskim znane są tylko paciorki ze wsi Gusztyna i Dźwiniaczki i figurki gliniane, wypalane na czerwono, znalezione w Bilczu Złotem, skąd również pochodzą wyżej wspomniane, pięknie malowane naczynia dwójniki.

Janusz B. Zabytki przedhistoryczne w powiecie borszczowskim w Galicyi wschodniej. *Wszechświat*, 1910, 29, 37 (16 I).

Trujące cebulki

Rośliny cebulkowe należą do charakterystycznych dla flory stepowej i są dobrze przystosowane do warunków stepowych: z nastąpieniem okresu posuchy zamierają ich części nadziemne i życie przechowuje się tylko w podziemnych cebulach. Ale te podziemne narządy, przedstawiające nagromadzenie materiałów odżywczych mogłyby łatwo stać się łupem gryzoniów stepowych, gdyby nie zawierały mniej lub więcej niebezpiecznych truczizn, które - i to jest właśnie bardzo charakterystyczne - działają szczególnie silnie na gryzonie. Typowa dla stepów cebuliczka (*Scilla*) zawiera nadzwyczaj skuteczny i od dawna znany jad (scylitoksynę) na szczury, który dla ludzi w małych dawkach jest najzupełniej nieszkodliwy. Inne rośliny zawierają substancje trujące, niebezpieczne nawet dla ludzi, jak tulipina (z tulipanów), działająca bardzo silnie na serce; toż samo dotyczy truczizny z korony cesarskiej (*Fritillaria imperialis*) oraz pewnej lilii indyjskiej (*Gloriosa superba*), a także zimowita (*Colchicum*). Ta jadowitość różnych cebul i ich specyficzne działanie na serce znane są, zresztą od dawna; między innymi znalazła ona zastosowanie przez ludzi stepowe tych jadów do zatruwania strzał, dla roślin zaś ma to niewątpliwie znaczenie ochronne, zabezpieczanie zapasu pokarmów od zjedzenia przez różne zwierzęta,

B. D. (Dyakowski) Jady ochronne roślin cebulkowych. *Wszechświat*, 1910, 29, 79 (30 I).

Żarłoczność jaskółki

Loos, nadleśny w Libochu nad Łabą (w Czechach), zadał sobie pracę obliczenia, ile razy w ciągu dnia obserwowana przez niego jaskółka karmiła pisklęta. Obserwacja Loosa trwała cały dzień 15 sierpnia od godziny 6¹/₄ rano do 7³/₄ wieczorem, przedmiotem zaś jej była jedna jaskółka, która musiała sama znosić pokarm dla swych małych, ponieważ towarzysza jej z pary zginęła. Otóż jaskółka ta w ciągu całego dnia przylatywała do gniazda z pokarmem 526 razy, a po godzinie 6 wieczorem przestała go już zupełnie przynosić. Ponieważ za każdym razem miała w dziobie żywności dla dwojga lub nawet trojga piskląt, można więc liczyć, że przyniosła do gniazda w ciągu całego dnia przeszło 1500 owadów. Jeżeli do tego dodamy to, co zjadają dorosłe jaskółki, to można liczyć, że w okresie karmienia piskląt para tych ptaków niszczy dziennie do 3000 owadów.

B. D. (Dyakowski) Ile owadów zjadają dziennie ptaki? *Wszechświat*. 1910, 29, 95 (8 II).

KSIĘŻYCOWE GÓRY

Grzegorz Urban (Wrocław)

Bogatszy o doświadczenia z mego pierwszego pobytu za kołem polarnym w 1995 r. (masyw górski Chibiny na Półwyspie Kolskim) postanowiłem po raz drugi przekroczyć koło podbiegunowe północne. Chciałem ponownie zobaczyć dzień polarny i renifery oraz po raz kolejny spróbować zmierzyć się z okrutnymi owadami w tundrze, które latem stanowią prawdziwe utrapienie dla ludzi i zwierząt.



Ryc. 1. Tundra tuż za stacją Chorota - na trasie pociągu Sejda - Łabytnangi, w tle masyw Rai-Iz, Polarny Ural, 24.07.1999 r. Fot. G. Urban

Wybór padł jak zwykle na Rosję, gdyż kraj ten jest dla mnie ostoją prawdziwie dzikiej i pięknej przyrody i rajem dla miłośników „niepewności jutrzejszego dnia”, którzy nie lubią płacić za rozbicie namiotu na polach biwakowych wśród wrzaskliwych turystów, przemieszczać się w letnich korkach w Dolinie Kościeliskiej czy też uiszczać opłaty klimatycznej „za oddychanie” nad Bałtykiem. Chodziło także o to, aby nie było to zbyt daleko od domu, tj. jakieś 3 doby jazdy pociągiem w jedną stronę od granicy państwowej oraz aby góry nie były zbyt wysokie i można było spotkać rdzennych mieszkańców. Wypadło na Polarny Ural.

Po załatwieniu wszystkich niezbędnych formalności i zakupów wyjechałem wraz z kolegą 21.07.1999 roku pociągiem z Wrocławia do Warszawy, a stamtąd do Terespoła i dalej do Brześcia. Zabrałem ze sobą 253 \$ i 10 DM. Miało to w zupełności wystarczyć (w tym rezerwa finansowa) na ok. 3 tygodniową wyprawę. W Brześciu kupiliśmy bilety do miejscowości Łabytnangi (końcowa stacja położona na lewym brzegu Obu, przy jego ujściu do Zatoki Obskiej) przez Moskwę i z powrotem. Płacąc po 65 \$ na głowę (wówczas ok. 26 mln rubli białoruskich), co uznałem za całkiem przyzwoitą cenę, jak na odległość - bagatela 3500 km w jedną stronę i miejsce leżące. Główny koszt wyprawy – przejazd – był więc już z głowy.

Trasa z Moskwy wiodła przez Wołogdę, Kotłas, Sosnogorsk, Intę i Sejdę. Właściwie nic ciekawego za

oknem pociągu się nie działo. Dopiero mniej więcej od Sejdy (tu tor kolejowy rozwidla się i jedna nitka wiedzie do Workuty a druga do Łabytnang) rozpoczęła się na dobre tundra i można było zająć się fotografowaniem. Sprzyjało temu dające się otworzyć okno (co nie jest zbyt częstym zjawiskiem) w przedziale wagonu w którym podróżowaliśmy (ryc. 1).

Zamierzaliśmy wysiąść (i tak się stało) nieco wcześniej tj. na tzw. „106-tym kilometrze” – stacji, której formalnie nie ma i biletu się doń nie kupi, lecz zdarza się, że maszynista zatrzymuje pociąg w celu zabrania lub wysadzenia tamtejszych robotników i wówczas jest możliwość szybkiego wyskoczenia. Jest to o tyle korzystne, że jest się od razu w górach, a pociąg leniwie przedziera się dalej przez masyw z zachodu na wschód.

Ural, to pasmo średnio wysokie, obniża się znacznie w części środkowej, a na południu i północy wznosi się wyżej. Najwyższy szczyt – góra Narodnaja 1895 m n.p.m. – leży w północnej części Uralu. Poza niewielką średnią wysokością pasma godna uwagi jest jego długość. Ural ciągnie się na długości około 2 tysięcy km od Oceanu Lodowatego na północy do Niziny Nadkaspjskiej na południu. Ural dzieli się na 3 części, różniące się wysokością, szerokością i cechami geomorfologicznymi, a mianowicie na: Ural Północny, Środkowy i Południowy. W Uralu Północnym wyróżnia się Ural Polarny i pasmo Paj-Choj, będące geologicznie przedłużeniem Uralu Polarnego.

Szerokość Uralu Polarnego jest niewielka (najczęściej 20-30 km); w części północnej bardzo się zwęża i rozpada na oddzielne masywy rozdzielone poprzecznymi dolinami i nizinami. Średnia wysokość Polarnego Uralu wynosi 600-800 m n.p.m. a jego powierzchnia ma na ogół charakter wyżynny i jest ona pocięta głębokimi dolinami. Z kolei tereny, które otaczają Ural Polarny, znajdują się w zdecydowanej większości na wysokości do 100 m n.p.m., co sprawia, że mimo niezbyt imponujących wysokości bezwzględnych, góry te są silnie wyróżniającym się elementem krajobrazu. Znaczną część Polarnego Uralu stanowią rozległe masywy osiągające 1000 m n.p.m. rozdzielone stosunkowo nisko położonymi przełęczami (300-500 m n.p.m.) oraz szerokimi dolinami.

Polarny Ural określany jest czasem terminem „Księżycowe Góry”. Zbocza o mniejszym nachyleniu i płaskie powierzchnie wierzchowinowe pozbawione drzew, pokryte rozległymi ostrokrawędzistymi gołoborzami barwy szaro-rdzawej oraz strome kary

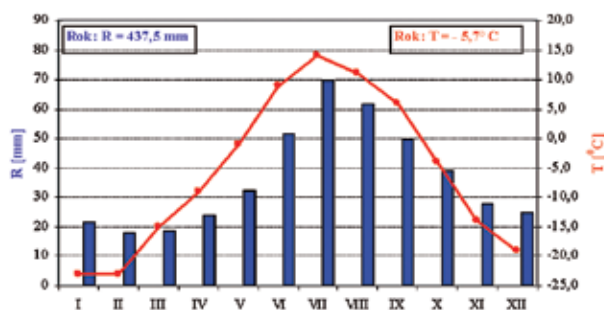
polodowcowe mogą rzeczywiście wyrzeźbić takie wrażenie, szczególnie przy dużym zachmurzeniu. Jeden z masywów nosi nazwę „Rai-Iz” (Raiz), co w języku jednego z rdzennych plemion – Chantów – oznacza „rozsypaną się górę”. Najwyższym szczytem jest Pajer – 1472 m n.p.m. W typowych polodowcowych dolinach oprócz różnorodnych moren spotyka się liczne jeziora i torfowiska (ryc. 2).



Ryc. 2. Typowy krajobraz wnętrza Polarnego Uralu - podmokłe szerokie płaskodenne doliny otoczone grzbiętami z rozległymi plateau niemal pozabawionymi roślinnością, 28.07.1999 r. Fot. G. Urban

Klimat

Klimat Polarnego Uralu jest typem klimatu kontynentalnego, z najwyższą temperaturą powietrza i sumą opadów atmosferycznych przypadającą na okres lata. Istotne znaczenie na warunki pogodowe wywierają chłodne masy powietrza arktycznego i polarnego napływające z Morza Barentsa. Na surowość klimatu tego obszaru wpływa również jego morfologia. Mianowicie, przebieg pasma górskiego w kierunku zbliżonym do południkowego i brak przeszkód o kierunku równoleżnikowym sprzyja częstym adwekcjom chłodnego powietrza z północy, co powoduje gwałtowną zmianę pogody, szczególnie w cieplej porze roku (czego doświadczyłem). Często są silne i porywiste wiatry. Ponadto szerokie polodowcowe doliny o małym spadku podłużnym sprzyjają częstym i intensywnym inwersjom termicznym.



Ryc. 3. Przebieg roczny średnich sum opadów atmosferycznych (R) i średniej miesięcznej temperatury powietrza (T) na stacji meteorologicznej w Salechardzie [oprac. własne wg: „Ямал: грань веков и тысячелетий” oraz <http://www.cdc.noaa.gov>]

Średnia roczna temperatura powietrza w Salechardzie – stolicy regionu – u podnóża Polarnego Uralu wynosi -6°C a na wierzchołku masywu Rai-Iz -5°C i jest niższa niż np. w położonym znacznie dalej na północ archipelagu Svalbard. Najcieplejszy jest lipiec ze średnią temperaturą $+14^{\circ}\text{C}$ a najzimniejszy styczeń i luty, ze średnią -23°C . Lato jest krótkie, ale wówczas 25-30-stopniowe upały nie należą



Ryc. 4. W dnach dużych dolin typowe są podmokłe turzycowiska i torfowiska, 28.07.1999 r. Fot. G. Urban

do rzadkości. Zima długa i mroźna z częstymi burzami (zamieciaми śnieżnymi). Najniższa minimalna temperatura powietrza zmierzona na stacji meteorologicznej Salechard wyniosła -54°C . Opady w sumie rocznej nie przekraczają 500 mm, a najwyższe średnie sumy miesięczne rzędu 55-70 mm przypadają w miesiącach VI-VIII, natomiast najniższe średnie ok. 20 mm/miesiąc występują zimą (rys. 3). Pokrywa śnieżna przeciętnie nie przekracza 40-50 cm.

Roślinność

Surowość klimatu Polarnego Uralu uwarunkowała w dużej mierze szatę roślinną i wpłynęła na szerokie rozprzestrzenienie się górskich tundr tego obszaru. Wyróżnia się tu tundrę krzewinkową, mszystą, mszysto-porostową i porostową. Charakterystyczne są liczne torfowiska typu palsa, kształtem przypominające bochen chleba, których jądro zbudowane jest z zamrożonego torfu z soczewkami lodu segregacyjnego a obrzeże tworzą podmokłe turzycowiska (ryc. 4). Palsa powstały na skutek przesączania się wody nagromadzonej w czasie lata do wnętrza torfowiska i następnie jej zamarzania, w zimie powstaje wypiętrzenie sięgające do 8 metrów wysokości.

Na torfowisku występuje między innymi malina moroszka, wełnianka pochwowata, brzoza karłowata *Betula nana*, borówka *Vaccinium vitis-idaea*. Najczęściej palsa występują w dużych i szerokich dolinach. Z innych rozpoznanych roślin spotkałem wierzbę arktyczną *Salix arctica*, chrobotka reniferowego i szereg mchów i porostów.



Ryc. 5. Dzieci koczowników z 11 brygady Sowchozu z Bielojarska ubrane w tradycyjne stroje, Polarny Ural, 28.07.1999 r. Fot. G. Urban

Przez Polarny Ural przechodzi polarna granica lasu, która jest dobrze widoczna w terenie. Obszar ten cechuje się dużym bogactwem florystycznym. Wynika to z nałożenia się zasięgów europejskich i azjatyckich gatunków roślinnych. Do endemitów Polarnego Uralsu zalicza się mak lapoński *Papaver lapponicum*, kastileję workucką *Castileja vorkutensis*, łyszczca uralskiego *Gypsophila uralensis* i wierzbownicę uralską *Epilobium uralense*. Z pewnością jest to raj dla botanika lub kogoś znającego się na rzeczy lepiej niż ja.



Ryc. 6. Fragment obozowiska Chantów z 7 brygady Sowchozu z Bielojarska, Polarny Ural, 30.07.1999 r. Fot. G. Urban

Tubylcy

Jak już wspomniałem jednym z celów wyjazdu na Polarny Ural, oprócz poznania warunków naturalnych, miało być spotkanie z rdzenną ludnością koczującą w tundrze. Obszar ten zamieszkują, poza Rosjanami, rdzenne narody Północno-Zachodniej Syberii, tj.: Nieńcy, Chantowie, Selkupy i Komi. Dawniej Nieńców nazywano Samojedami (czyli ludożercami), chociaż słowo „Nenec” w ich własnym

języku znaczy – człowiek i w takim znaczeniu zostało wprowadzone do oficjalnego użytku w 1930 r. Rzeczywiście ludzie ci są bardzo życzliwi i gościnni pod warunkiem, że nie są pijani (mieliśmy okazję spotkać jednych i drugich). Trudne warunki życia w tundrze i wierzenia religijne niejako wymusiły dobre cechy charakteru u rdzennej ludności, gdyż aby przetrwać musieli ze sobą i z przyrodą żyć w zgodzie. Przykrym faktem, który mogłem niejednokrotnie potwierdzić podróżując po dawnym ZSSR, jest to, że alkohol pity w nadmiernej ilości niszczy w rdzennej ludności poczucie wartości i ostatnie elementy własnej kultury i tradycji.



Ryc. 7. Część rodziny koczowników z 7 brygady Sowchozu z Bielojarska, kobiety i dzieci latem do worków zbierają chrobotka reniferowego (*Cladonia rangiferina*) jako zapas paszy dla renów na zimę, Polarny Ural, 30.07.1999 r. Fot. G. Urban

W czasie naszego pobytu na Polarnym Uralu natrafiliśmy na dwa obozy koczowników, których głównym zajęciem jest hodowla reniferów. Stada są liczne, przeciętnie 2-3 tysiące sztuk. Stanowili oni, w kolejności spotkania, 11 i 7 brygadę Sowchozu z Bielojarska. W pierwszym przypadku była to rodzina Chantów, a w drugim mieszanina Rosjan, Chantów i Komi. Ci pierwsi bardzo zorganizowani i pracowici, widoczne (co bardzo nas ucieszyło) elementy tradycji i kultury plemiennej (stroje, rękodzieło z haftowanymi wzorami typowymi dla Chantów, tj. motyw człowieka-myśliwego i renifera oraz jurty (tutaj zwanej czumem) i renifera). Renifer, podstawowe zwierzę hodowlane, symbolizujące siłę i niezależność terytorialną, jest najczęściej spotykany, stanowi także ważną część herbu całego regionu – Jamało-Nienieckiego Okręgu Autonomicznego Federacji Rosyjskiej (ryc. 5-8).

Drudzy reprezentowali totalny chaos i bałagan w obejściu. Miejsce obozowiska zanieczyszczały wnętrzności ubitych zwierząt, rozrzucone części garderoby, sprzętów i narzędzi, odchody wałęsających się renów, a w tym wszystkim przy braku elementarnej higieny baraszkowała z psami gromada dzieci. Wszystko razem robiło wrażenie jak po wybuchu bomby.



Ryc. 8. Zabawa (wnętrznościami renifera) dziewczynki z 7 brygady Sowchozu z Biełojarska, bezpośrednio po reniferobiciu, Polarny Ural, 30.07.1999 r. Fot. G. Urban

Chociaż wszyscy mówią własnym językiem, to po rosyjsku można się z nimi bez problemu porozumieć. Dorośli koczują w tundrze przez cały rok. Młodsze dzieci towarzyszą swoim rodzicom zwykle latem. Podstawową częścią garderoby u wszystkich są różnego rodzaju buty gumowe (których niezbę-



Ryc. 9. Autor, rdzenna ludność i „dobra tundry” przed odlotem do Biełojarska i Salechardu, Polarny Ural, 03.08.1999 r. Fot. G. Urban

ność z uwagi na dużą podmokłość dolin, związaną z wieczną zmarzliną, doceniliśmy niejednokrotnie) i ubrania ze skóry renów, a podstawą transportu - sanie drewniane budowane bez użycia gwoźdźcia zaprzęgane do reniferów. Ale to może temat na inną opowieść.

W każdym bądź razie od czasu do czasu odbywa się wielkie „reniferobicie” i poszczególne brygady zjeżdżają się w ustalone miejsce dostarczając mięso i skóry, które odbiera śmigłowiec. Towarzyszy temu wielkie zamieszanie, kwitnie handel i przy okazji sakiewki tubylców napęniają się nieopo-

datkowymi rublami. Wszystko odbywa się bardzo sprawnie. Udane interesy kończy „prazdnik”, podczas którego leje się morze wódki, która stanowi jeden z podstawowych składników zaopatrzenia. Korzystając z rekomendacji 7 brygady, łatwo zdołaliśmy się wkupić w łaski pilotów śmigłowca MI-8 i odlecieć w towarzystwie (niestety!) ubitych reniferów (ryc. 9). Ofiarowując obsłudze paczkę papierosów „Extra mocnych” udało nam się zobaczyć



Ryc. 10. Biełojarsk w rozlewiskach Małego Obu, widok ze śmigłowca, 03.08.1999 r. Fot. G. Urban

z lotu ptaka połyskujące w słońcu rozlewiska Obu i dziewiczą tundrę oraz wylądować szczęśliwie w Salechardzie (z międzylądowaniem w Biełojarsku). Myślimy, że to nie była zbyt wygórowana cena za tak nieziemskie wrażenia, w końcu był nasz to pierwszy lot w życiu i od razu nad takim obszarem (ryc. 10).



Ryc. 11. Autor na tle „wszędolazu”, Polarny Ural, 26.07.1999 r. Fot. G. Urban

Kilka dni wcześniej, umęczeni taszczeniem w upale ciężkich plecaków, oblepieni stadami meszek i załamani stosunkowo powolnym tempem przemieszczania obawialiśmy się, że nie zdążymy zrealizować założonego planu. Wówczas szczęście do nas się znowu uśmiechnęło. Mianowicie, zatrzymaliśmy na „stopa” w dziewiczej tundrze, grupę niemieckich geologów z Uniwersytetu w Halle, którzy w ramach praktyk, wynajętym pojazdem gąsienicowym (przypominającym czołg bez wieżyczki), tzw. „wszędolazem” penetrowali wnętrza Polarnego Uralu w poszukiwa-

niu ciekawych okazów geologicznych, nie bacząc w ogóle na ogromne wieloletnie zniszczenia, jakie powstają w tundrze po przejeździe takiego pojazdu. Towarzyszył im rosyjski kierowca tego pojazdu,



Ryc. 12. Podczas przejażdżki „wszędolazem”, Polarny Ural, 26.07.1999 r. Fot. G. Urban

który jako jedyny w grupie jako tako orientował się gdzie się znajduje. *Summa summarum*, zmęczenie,

Grzegorz Urban jest adiunktem w Instytucie Meteorologii i Gospodarki Wodnej we Wrocławiu. Z wykształcenia geograf, meteorolog i klimatolog. Z zamilowania podróżnik po terenach byłego ZSRR.

Andrzej Samek & Andrzej Sioma: **Bionika. Twórcza inspiracja dla inżynierów**. Wydawnictwo: Agencja Specjalistyczna Prasa i Książka, Katowice, 2007, 124 strony.



PODPATRYWANIE, CZYLI NAUKA OD PRZYRODY

Czym jest bionika? Rozpatrując rzecz gramatycznie można powiedzieć, że jest połączeniem słów **biologia** i **technika**. Co może oznaczać to połączenie? Okazuje się, że jest to nauka zajmująca się zastosowaniem rozwiązań i procesów biologicznych w technice. Czy taka nauka na jakikolwiek sens? Człowiek, zadufany w swojej „wielkiej” wiedzy, powie, że nie na żadnego sensu. Natomiast człowiek zdający sobie sprawę, że jest tylko pyłkiem w kosmosie, powie, że ma sens i to głęboki. Taki człowiek wie, że przyroda doskonalila swoje rozwiązania przez miliony lat. Wiele przy tym było pomyłek, ale w końcu,

ciekawość i chęć wykorzystania być może jedynej okazji w życiu, wzięły górę. Dając kilkadziesiąt rubli kierowcy (na „połówkę”), zabraliśmy się na kilkogodzinną przejażdżkę na dachu „wszędolaza” po tundrze. Przeżycia i widoki były niedoopisania, a przyjemny wymuszony ruch powietrza uwalniał nas podczas jazdy od bolesnych ukąszeń meszek (ryc. 11-12).

Takich i wiele innych niespodzianek, mniej lub bardziej miłych, spotkało nas wiele w czasie niespełna trzytygodniowej wyprawy na Polarny Ural. Sumaryczny koszt wyjazdu (przejazdy, wyżywienie, filmy, przelot, etc.) zamknął się w kwocie 124 \$ na osobę (wtedy niecałe 500 zł). Często wracałem myślami do ówczesnych przeżyć będąc zupełnie nieświadomy tego, że za kilka lat będzie mi dane powrócić tam znowu, tym razem już służbowo u schyłku tamtejszej zimy. Ale tym wydarzeniem podzielię się przy innej okazji.

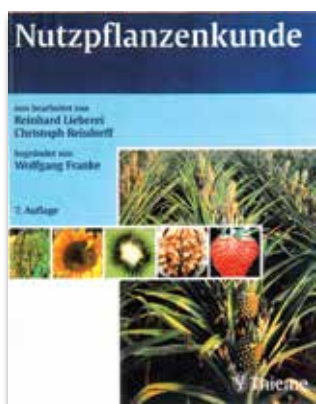
to, co najlepiej spełniało swoje zadania zostało utrwalone i przekazane potomnym. Taki człowiek jednocześnie wie, że nasze rozwiązania techniczne są udoskonalane raptem od kilku tysięcy lat. Jest więc od kogo się uczyć i jest co podpatrywać. Podpatrywanie przyrody nie jest łatwe i najlepiej rozpocząć je w młodości. Na stronie tytułowej książki jest fotografia dziecka - niech ono ma na imię Mateusz. Co robi Mateusz? Z zainteresowaniem ogląda żuka. Może to zdarzenie spowoduje, że w przyszłości zostanie bionikiem? Może będzie rozwiązywał problemy techniczne, które dla dzisiejszych inżynierów stanowią olbrzymie wyzwanie. Może będzie poszukiwał kształtu samochodu o jak najmniejszym współczynniku oporu powietrza, albo zaklei ranę specjalnym leczniczym plastrem przypominającym skórę, a może zajmie się oponami samochodowymi naśladującymi zachowanie się łap kota, czy też budynkami z wentylacją i klimatyzacją wzorowaną na kopcach termitów. Na Mateusza czeka wiele wyzwań - może zajmie się właściwościami jednokierunkowego ruchu kłosa jęczmienia czy specjalnymi wiertłami zbudowanymi na wzór długiej „kłujki” leśnej osy - trzpiennika sosnowca. Książka Panów Andrzejów - Samek i Siomy, pracowników Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie - nawiązuje do tych wyzwań. Składa się ona z dwóch części. W pierwszej części przedstawiono wybrane zagadnienia poruszania się pełzających zwierząt. Są to bardzo różnorodne sposoby ruchu, rozpowszechnione zwłaszcza wśród bezkręgowców. Wzorując się na takich sposobach podano cztery przykłady rozwiązań urządzeń mobilnych: robota fraktalnego NASA, robota poruszającego się wewnątrz rur i dwóch robotów wzorowanych na pełzaniu węża. Druga część książki zawiera trzynaście bardzo ciekawych i różnorodnych koncepcji różnego rodzaju maszyn, opracowanych w ramach zajęć projektowych z przedmiotu „Bionika”,

wykładanego na Politechnice Krakowskiej i w Akademii Górniczo-Hutniczej. Można tutaj wymienić przykładowo: skrzydlaka, robota leśnego, pływaka żółto-brzeżka, trąbę słonia czy meduzę. Każda koncepcja zawiera bardzo dobrze zilustrowane opisy: wzorca biologicznego i jego sztucznego odpowiednika, np. błędnika naturalnego i sztucznego. Opisy zakończono nazwiskami ich twórców. Wydawca przygotował książkę bardzo starannie i na dobrym papierze, jej wartość znacznie podnoszą ilustracje, zwłaszcza barwne. Mam nadzieję, że Mateusz zostanie godnym kon-

tynuatorem pracy Autorów książki i będzie mógł powiedzieć tak, jak Pan Piotr Kossobudzki w swoim artykule „Testowane na zwierzętach”: „*Podziękuj ośmiornicy – to jej zawdzięczasz wieszak z przyssawką, czy antypoślizgowy dywanik na dnie wanny. Ale to jeszcze nic – dziś naukowcy z osy, jęczmienia i ważki robią sondę kosmiczną, a z łapy kota – oponę. Witajcie w świecie bioniki!*”

Zenon Jędrzykiewicz (Kraków)

Nutzpflanzenkunde (Wiedza o roślinach użytkowych), neu bearbeitet von R. Lieberei, Ch. Reisdorff, begründet von W. Franke, 7, voll überarb. und erweit. Auflage, Stuttgart – New York, 2007, Georg Thieme Verlag, ss. 476, ISBN 978-3-13-530-407-6.



Rośliny użytkowe stanowią nadal podstawę życia współczesnego człowieka. Pozostają one nie tylko podstawą ludzkiego pożywienia, ale także wielu dziedzin rozwoju przemysłu i techniki. Wiedza ta nie zawsze jest w pełni uświadamiana przez wielu współczesnych ludzi. Do najwybitniejszych znawców roślin użytkowych w Niemczech w XX wieku należał niewątpliwie prof. Wolfgang Franke (1921-2001), który był autorem znakomitego dzieła naukowego „Wiedza o roślinach użytkowych – użyteczne rośliny obszarów umiarkowanych, subtropikalnych i tropikalnych”, wydanego po raz pierwszy już w latach siedemdziesiątych XX wieku. Od tego czasu opracowanie to miało sześć wydań, które cieszyły się ogromnym zainteresowaniem czytelników. Dzieło tego autora, określane potocznie, jako „Der Franke”, stało się na obszarze niemieckojęzycznym pracą standardową, do której nawiązywały liczne encyklopedie, leksykony, prace popularno-naukowe, a przede wszystkim literatura specjalistyczna. W roku 1997 ukazało się ostatnie wydanie tego opracowania jeszcze za życia prof. Franke.

Rozwój wiedzy spowodował jednak konieczność podjęcia niezbędnych aktualizacji i szerokiego uwzględnienia nowych osiągnięć naukowych. Tych koniecznych działań podjęli się pracownicy Biozentrum Uniwersytetu w Hamburgu – Klein Flottbek i Ogrodu Botanicznego Wydziału Biologii Roślin Użytkowych i Ekologii Stosowanej w osobach prof. Reinharda Lieberei’a i dr. Christopha Reisdorffa. Dokonali oni koniecznych zmian, chociaż

pozostaje nadal zachowana podstawowa struktura dzieła podjętego przez prof. W. Franke. Książka autorstwa W. Frankiego, i na nowo opracowana przez R. Lieberei’a i Ch. Reisdorffa „Wiedza o roślinach użytkowych”, składa się z „Przedmów” (do 7 wydania, 6 wydania i do 1 wydania), a także z podstawowych części książki: „Wiedza o roślinach użytkowych”; „Postać i budowa struktury ciała roślin i jego użytecznych części”; „Substancje roślin użytkowych wyznaczające ich jakość”; „Rośliny pokarmowe” i „Rośliny wykorzystywane technicznie”. W dużym zakresie uprawia się około 160 gatunków roślin, chociaż tylko 20 gatunków roślin dostarcza około 90% pożywienia.

Najważniejszą część pracy stanowi część zatytułowana „Rośliny pokarmowe”. Przy tym rośliny dostarczające pożywienia można podzielić następująco: dostarczające węglowodanów; dostarczające białka; dostarczające tłuszczów i olejów; dostarczające owoców; warzywa i rośliny dostarczające sałat; użytki; roślinne narkotyki psychoaktywne; dostarczające substancji słodzących; rośliny przyprawowe i paszowe. Do najważniejszych roślin dostarczających węglowodanów należą niewątpliwie zboża. Możemy w tym miejscu wymienić przede wszystkim: pszenicę zwyczajną, żyto zwyczajne, pszenżyto, jęczmień zwyczajny, owies zwyczajny, ryż siewny, kukurydzę zwyczajną. Ważne znaczenie gospodarcze posiadają rośliny dostarczające sacharozy. Należy tutaj: burak cukrowy, trzcina cukrowa, proso cukrowe, klon cukrowy, palma miodowa (*Jubaea chilensis*), a także liczne gatunki palm (najczęściej ich kwiatostany).

Uprawianych jest także wiele roślin dostarczających tłuszczów i olejów. Niektóre z tych roślin są powszechnie znane, m.in. soja owłosiona, palma olejowa, kapusta rzepak, słonecznik, orzech ziemny, palma kokosowa, oliwka europejska, sezam indyjski, kukurydza, len zwyczajny, rącznik pospolity, konopie siewne, mak lekarski.

Owoce należą do ważnych roślin dostarczających zdrowego pożywienia ludności. Wiele owoców ma tylko znaczenie lokalne. Tylko niektóre z nich mają znaczenie światowe. Należą do nich owoce cytrusowe, m.in. pomarańcza chińska, mandarynka, grejpfrut, pomarańcza olbrzymia (*Citrus maxima*), cytryna zwyczajna, kwaśna lima, cedrat mający znaczenie rytualne i religijne, pomarańcza gorzka, kumkwat. Do bardzo znanych owoców należą: banan owocowy i mączny, melon właściwy i arbuz, winna latorośl, palma daktylowa, melonowiec właściwy, inaczej papaja, awokado amerykańskie, aktinidia chińska, czyli kiwi.

Ważne znaczenie posiadają rośliny warzywne i dostarczające sałatek. Do najbardziej znanych warzyw należą: owoce warzywne i sałatkowe (pomidor, pomidor drzewiasty, bakłażan, papryka roczna, ogórek, dynia zwyczajna); warzywne liściowe i sałaty liściowe (kapusta warzywna, kapusta bezgłowa zielona, kapusta pekińska, kapusta pak-choi, rukieta siewna, inaczej rukola, pieprzyca siewna – rzeżucha, rukiew wodna, warzucha lekarska, nasturcja wielka). Istotne znaczenie posiadają także użytki pochodzenia roślinnego. Należy wymienić rośliny zawierające kofeinę i teobrominę, m.in. herbata chińska, herbata maté (*Ilex paraguariensis*), gatunki kawy (kofeina w nasionach), kakaowiec właściwy, różne gatunki *Coli*, a także *Paulinia guarana*. Natomiast do najbardziej znanych używek należą rośliny zawierające nikotynę oraz rośliny do żucia.

Ostatnia część pracy zatytułowana jest „Rośliny wykorzystywane technicznie”. Przedstawia się tam: ro-

śliny dostarczające włókien; rośliny dostarczające drewna; rośliny dostarczające garbników; rośliny dostarczające kauczuku i substancji pokrewnych; dostarczające żywicy, balsamu i laku; dostarczające wosku; rośliny dostarczające barwników; dostarczające insektycydów; rośliny dostarczające energii i paliw.

Podsumowując trzeba ogólnie stwierdzić, że dzieło „Wiedza o roślinach użytkowych” stanowi ważne i interesujące kompendium o roślinach wykorzystywanych przez człowieka. Ze względu na swoją kompetencję, wysoki poziom naukowy i przejrzystość może ono służyć, jako cenna pomoc dla studentów i naukowców w dziedzinie nauk rolniczych i ogrodniczych, a także szerokiemu gronu czytelników. Warto by tę interesującą książkę przetłumaczyć na język polski.

Eugeniusz Kośmicki (Poznań)

Urs Eggli, **Sukkulenten**, 2, vollständig überarbeitete Auflage, 618 Farbfotos, 10 Zeichnungen, Stuttgart (Hohenheim), 2008, Eugen Ulmer KG, ss. 392, ISBN 9-78-3-8001-53 61.



Jako „sukulenty” rozumie się gatunki suchoroślów gromadzące wodę celem przetrwania okresu suszy. Występują one zazwyczaj obficie na obszarach, na których opady są niewielkie, chociaż raczej regularne. Książka Urs Eggli’ego pt. „Sukulenty” podejmuje przede wszystkim rozważania podstaw botanicznych, obszary ich występowania, a także wymogi ekologiczne tej bardzo zróżnicowanej grupy roślin. Obok wprowadzenia do biologii sukulentów w książce U. Eggli’ego zawarto wyczerpujące rozważania w zakresie ich uprawy, rozmnażania, chorób i szkodników, jak też możliwości ich zbierania. W pracy zawarty jest 618 barwnych fotografii, które przedstawiają w sposób alfabetyczny ponad 50 rodzin roślin, 250 rodzajów i ponad 1000 gatunków. W pracy zawarte są klucze do oznaczania poszczególnych rodzin, rodzajów i gatunków roślin.

Autor książki Urs Eggli jest znanym szwajcarskim botanikiem – od ponad dwudziestu lat jest naukowym współpracownikiem Kolekcji Sukulentów Zurychu (*Sukkulenten – Sammlung Zürich*). Od wielu lat zajmuje się on też zbieraniem specjalistycznej literatury podejmując różnorodne aspekty biologii i ewolucji sukulentów. Był on

kierownikiem wielu wypraw botanicznych do obszarów występowania sukulentów, a także cenionym wykładowcą i autorem wielu opracowań naukowych. Do najważniejszych z nich – obok opracowania „Sukulenty” – należy czterotomowy „Leksykon sukulentów”, którego jest wydawcą. Do bardzo znanych sukulentów należą niewątpliwie kaktusowate (Cactaceae), obejmujące 126 rodzajów i 1800 gatunków, rosnących głównie na obu kontynentach amerykańskich. Kaktusy stanowią właściwie prototyp kolczastych sukulentów posiadających pień, które nie są jednak szerzej omawiane w tej książce. O kaktusach istnieje już bogata literatura przedmiotu w tym zakresie (np. „Duży leksykon kaktusów” Edwarda F. Andersona, czy też książka znanego hodowcy kaktusów Hansa-Friedricha Haage’go „Kaktusy. Nowe idee dla pokoi, balkonów i ogrodów”; obie wydane w wydawnictwie Eugen Ulmer Verlag w Stuttgarcie).

W książce Urs Eggli’ego można wyróżnić charakterystyczne części składowe: „Przedmowa”; „Podstawy botaniczne”; „Kolekcja – uprawa i opieka”; „Leksykon rodzin, rodzajów i gatunków”, a także „Skorowidz rzeczowy”; „Skorowidz botanicznych nazw roślin”; „Skorowidz rycin”. W przedmowie autor książki stwierdza, że kaktusy znane są już powszechnie z wielu publikacji. Natomiast „pozostałe sukulenty” znane są zazwyczaj mniej, mimo, że od około 1980 roku pojawia się stopniowo coraz większe zainteresowanie tymi roślinami. Ogólna liczba „pozostałych sukulentów” wynosi około 7500 gatunków, a najważniejsze rodziny zawierające sukulentów liczą więcej niż 1000 gatunków (należą tutaj *Asclepiadaceae*, *Aizoaceae*, *Crassulaceae*). Książka U. Eggli’ego pragnie wypełnić lukę w tym zakresie.

Istotne znaczenie posiada w omawianej książce część „Podstawy botaniczne”. Omawia się tutaj szeroko: zewnętrzną i wewnętrzną budowę sukulentów, definicję „sukulencji” (pogrubione organy i specjalne tkanki magazynujące wodę, aspekty funkcjonalne) i charakterystyczne rodzaje sukulentów (pniowe, liściowe, korzeniowe, tzw. rośliny kłocowe posiadające krótkie bulwiaste

nadziemne i podziemne pnie, tzw. rośliny *caudex*), obszary występowania sukulentów (półpustynie, prawdziwe pustynie, skrajne pustynie), szczególne warunki ekologiczne obszarów suchych, geografie sukulentów i ich szczególne przystosowanie się do szczególnych warunków życia. Poświęca się także sporo uwagi botanicznemu podziałowi roślin, nazewnictwu roślin i regułom nomenklatury botanicznej. Na uwagę miłośników sukulentów zasługuje także część „Kolekcja – uprawa i opieka”, gdzie przedstawia się możliwości uprawy tych roślin, problem ich przetrzymywania i zastosowanej ziemi łącznie z ich nawodnieniem i nawożeniem, tworzeniem kolekcji, metodami rozmnażania, a także najważniejsze choroby i szkodniki. Część ta kończy się bibliografią, a także przedstawieniem najważniejszych czasopism poświęconych sukulentom.

Najważniejsza część książki poświęcona jest „Leksykonowi rodzin, rodzajów i gatunków”. Nie sposób wymienić tutaj nawet najważniejszych rodzin i rodzajów roślin omówionych w książce. Do najważniejszych sukulentów zalicza się niewątpliwie: agowowate (*Agavaceae*); przypoludnikowate (*Aizoaceae*); aloosowate (*Aloaceae*); nanerczowate (*Anacardiaceae*); toinowate (*Apocynaceae*); trojeściowate (*Asclepiadaceae*); astrowate (*Asteraceae*); niecierpkowate (*Balsamineaceae*); gruboszowate (*Crassulaceae*); wilczomleczowate (*Euphorbiaceae*); motylkowate (*Fabaceae*); bodziszkowate (*Geraniaceae*); jasnowate (*Lamiaceae*); moringowate (*Moringaceae*); portulakowate

(*Portulacaceae*); pokrzywowate (*Urticaceae*). Stosunkowo niewiele sukulentów może rosnąć w warunkach przyrodniczych Europy Środkowej. Znacznie więcej sukulentów uprawia się w mieszkaniach, szklarniach, palmiarniach. Do bardzo znanych gatunków sukulentów należą m.in.: agawy (m.in. cenne źródła surowców); jukki (niektóre są mrozoodporne); *Carpobrotus* (figi Hottentotów); delospermy (niektóre gatunki są mrozoodporne); tzw. żywe kamienie (*Lithops*); wiele ciekawych gatunków aloesów (*Aloe*); haworcje (*Haworthia*); hoje (kwiaty porcelanowe *Hoya*); stapelie (*Stapelia*); bardzo ozdobne eszewerie (*Echeveria*); wysokie rozchodniki (*Hylotelephium*); ozdobne żyworódki (*Kalanchoe*); rozchodniki (*Sedum*); rojniki (*Sempervivum*); uprawiane w doniczkach draceny i sansewierie, pelargonie, hiacenty, lewizje (*Lewisia*); portulaki (*Portulaca grandiflora*). Niektóre sukulenty stają się bardzo rzadkie i są zagrożone szybkim wymarciem.

Recenzowana książka Ursa Eggli'ego zasługuje na uwagę polskich czytelników. Daje ona dużą wiedzę w zakresie uprawy sukulentów w oparciu o ich przystosowania biologiczne. Jak dotąd brakuje takich pogłębionych opracowań w literaturze botaniczno-ogrodniczej. Warto by tę interesującą książkę przetłumaczyć na język polski, jako cenną pomoc dla specjalistów – botaników, a także szerokiego grona miłośników sukulentów.

E. Kośmicki (Poznań)

Richard Bisgrove, **Die Gärten der Gertrude Jekyll** (Ogrody Gertrudy Jekyll). Aus dem Englischen von Maria Gurlitt Sartori. Farbfotos von Andrew Lawson, Eugen Ulmer, Stuttgart (Hohenheim), 2008, ss. 192, ISBN 3-8001-6561-9.



Gertrude Jekyll (1843-1932) uchodzi w Wielkiej Brytanii za *First Lady of Gardening* („Pierwszą Damą Ogrodnictwa”), ponieważ stworzyła wiele ogrodów nie tylko w Anglii, ale także w innych państwach. Takie ogrody, jak Hestercombe w Somerset uchodzą jeszcze dzisiaj za wybitne świadectwa angielskiej sztuki ogrodniczej, chociaż wiele zaprojektowanych ogrodów nie utrzymało się do naszych czasów. Do dzisiaj zostało jednak, co najmniej, 2000 planów nasadzeń roślin. Przedstawienia bogatego dorobku G. Jekyll podjął się Richard Bisgrove z Uniwersytetu Reading, który sam zaprojektował wiele ogrodów w Wielkiej Brytanii i w Stanach Zjednoczonych. Jest on autorem wielu publikacji i wykładów o historii ogrodów, a także o dziele Gertrudy Jekyll. Książka R. Bisgrove’a „Ogrody Gertrudy Jekyll” stanowi próbę przedstawienia spuścizny „Pierwszej

Damy Ogrodnictwa” i jej znaczenia we współczesnej epoce na początku XXI wieku.

W tym celu R. Bisgrove wybrał 45 przykładowych, ale typowych planów ogrodowych. Większość z tych planów nie została dotąd opublikowana. Autor książki z dużą starannością zanalizował zasady i charakterystyki tworzenia ogrodów, które powinny być harmonijne wobec otaczającego ich środowiska naturalnego. W omawianej pracy plany roślin zostały naszkicowane na nowo; otrzymały one nowe aktualne nazwy roślin. Wyróżnić można następujące części książki R. Bisgrove’a: „Wprowadzenie – plany ogrodowe Gertrudy Jekyll”; „Jak powstają ogrody – oczami malarki dla współczesnych ogrodników”; „Charakter ogrodów – style ogrodowe”; „Stosowanie roślin – kombinowanie barw, form i struktur”; „Rabaty bylinowe – kształtowanie ich roślinami”; „Ogrody formalne – projekty i nasadzenia”; „Ogrody różane – różnorodność i zastosowania”; „Kształtowanie roślinami drzewiastymi – trwałe nasadzenia”; „Ogrody zbliżone do przyrody – ogrody łatwe do opieki”; „Schody i murki – rośliny obejmujące ostre kontury”; „Słońce i cień – wykorzystanie przeciwieństw”; „Preferowane przez Gertrudę Jekyll rośliny – opisy i propozycje do zastosowania”. Na zakończenie przedstawiono skorowidz planów, źródło ilustracji, Posłowie autora, a także skorowidz rzeczowy roślin i ogrodów.

Gertrude Jekyll znana jest ze wspaniałych ogrodów, które ona sama zaprojektowała. Często twierdzi się – w sposób nieco uproszczony – że „wynałazła” ona rabatę bylinową. Takie stanowisko jest na pewno uproszczone, gdyż autorka pozostawiła po sobie trzynaście książek,

ponad 1000 artykułów i dwa tysiące nasadzeń roślin dla około 250 ogrodów. Duże znaczenie dla tworzenia projektów ogrodów miała współpraca pomiędzy Gertrude Jekyll i Edwinem Lutyensem. Znalazło to wyraz we wspólnym ich domu w Munstead Wood, gdzie wystąpiła charakterystyczna różnorodność rozwiązań ogrodniczych. Dzięki swojej pracy stała się G. Jekyll niejako „pomnikiem narodowym”. Traktowała ona ogród nie jako ostateczne rozwiązanie, ale jako proces, gdzie występują także błędy podczas projektowania. Przy tym każdy ogród powinien mieć swój swoisty charakter – „własną osobowość”. Najbardziej znaną, i godną uwagi rabatą bylinową, jest rabata w Munstead Wood, która ma 60 m długości i 4,3 m szerokości, ograniczona wysokim murkiem. Przy tym poszczególne części rabaty posiadają rośliny w różnych barwach. G. Jekyll zaprojektowała także wiele formalnych ogrodów. W ogrodach tych uprawia się wiele charakterystycznych roślin m.in. fuksje, santoliny, magnolie, róże.

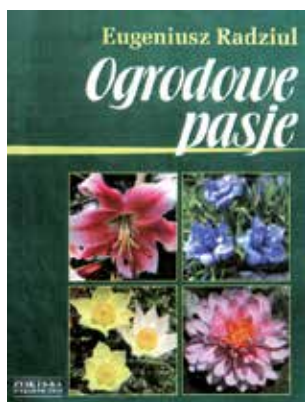
Rośliny drzewiaste stanowią zawsze szkielet ogrodu, przy tym wartość ozdobną posiadają kwiaty, liście, a nawet gałęzie i pnie. Ulubione przez G. Jekyll były także ogrody

o charakterze naturalnym, a także ogrody leśne. Charakterystyczne są tutaj buki, brzozy, narcyzy, hosty. Charakterystyczne było wykorzystanie przez G. Jekyll przeciwieństwa pomiędzy obszarami słonecznymi i cienistymi. Na obszarach cienistych charakterystyczne były ciemierniki (*Helleborus*), różaneczniki, epimedia, bodziszk, dzwonki, a w słońcu rosną dobrze echinopsy, jukki, krwawniki. Do ulubionych – przez G. Jekyll – roślin należą rośliny z szarymi i srebrzystymi liśćmi, rośliny z jasnozielonymi liśćmi (zwłaszcza paprocie), a także rośliny z żywymi barwami, oraz posiadające białe kwiaty i liście.

Książka R. Bisgrove’a „Ogrody Gertrudy Jekyll” stanowi niewątpliwie źródło cennych informacji o projektowaniu ogrodów. Zasluguje ona na zainteresowanie polskich czytelników, którzy mogą ją wykorzystać w praktyce wprowadzania angielskiej sztuki ogrodniczej. Postać Gertrudy Jekyll należy niewątpliwie do najbardziej znanych angielskich projektantów ogrodów i znawców roślin.

Eugeniusz Kośmicki (Poznań)

Eugeniusz Radziul, **Ogrodowe pasje**. Poznań, 2009, Zysk i S-ka Wydawnictwo, ss. 469, ISBN 978-83-7506-307-3.



Eugeniusz Radziul należy do najbardziej znanych kolekcjonerów roślin i jest wytrawnym ich znawcą. Szczególnie dotyczy to roślin rzadkich i charakteryzujących się określonymi, osobliwymi cechami. Jest właścicielem ciekawego ogrodu w okolicach Rzepina, gdzie rośliny te pięknie się rozwijają a także autorem bardzo ciekawych książek ogrodniczych pt. „Skalniaki”, „Byliny” i „Rośliny cenne, rzadkie, poszukiwane”. Jest przy tym charakterystyczne, że E. Radziul w swoich książkach wykorzystuje własne wieloletnie bogate doświadczenia ogrodnicze, sam wykonuje wszystkie fotografie, a także opiera się na metodach ekologicznych stosując szeroko własne komposty.

W roku 2009 ukazała się w renomowanym poznańskim wydawnictwie Zysk i S-ka Wydawnictwo kolejna oryginalna książka zatytułowana „Ogrodowe pasje”. Książka ta jest skierowana, jak stwierdza E. Radziul, do mniejszych lub większych pasjonatów roślin i ogrodów. Znajduje się w niej ponad 400 barwnych fotografii roślin z wyczerpującymi opisami, dotyczącymi ich zastosowania w warunkach klimatycznych, charakterystycznych dla

Polski. Asortyment przedstawionych w książce roślin jest bardzo bogaty, obejmując: byliny, rośliny cebulowe, trawy i paprocie. Pierwsze, stosunkowo krótkie rozdziały: „Od autora”; „Do czytelnika”, a także „Ogrody i rośliny”, mają charakter wprowadzający. Znacznie bardziej obszerna jest podstawowa część książki, zawierająca rozdziały: „Rabaty”; „Skalniaki”; „Leśne zakątki”; „Ogrody naturalistyczne”; „Oczka, błotka, strumyki, obrzeża wód”; „Pergole i drabinki”. Książka zakończona jest skorowidzem nazw roślin, co znacznie ułatwia możliwość ich wyszukania. W komentarzu „Od autora” E. Radziul podnosi znaczenie ogrodów i uprawy roślin dla współczesnych ludzi. W jego ujęciu pasje ogrodnicze, podobnie zresztą jak pozostałe, rodzą się poniekąd poprzez charakterystyczną „infekcję” czy „zarażenie” psychiczne. Opisuje też swoją ponad 35-letnią drogę ogrodniczej pasji. W rozdziale „Do czytelnika” ostrzega przed bezkrytycznym wykorzystywaniem literatury ogrodniczej. Przykładowo, wiele roślin z Wysp Brytyjskich trudno jest uprawiać w Polsce, gdzie panuje zdecydowanie odmienny klimat. Ogrody i uprawiane w nich rośliny zależą od specyficznych warunków danego terenu, chociaż decydujące znaczenie posiadają tutaj pomysłowość i potrzeby samego właściciela. Stosowanie roślin wymaga jednak przynajmniej minimalnej wiedzy na temat roślin, przy tym autor książki zwraca szczególną uwagę na czynniki przyrodnicze, które stanowią podstawę typowych formacji ogrodniczych.

Istotne znaczenie w prawie każdym ogrodzie posiadają rabaty. Rabaty te mogą mieć bardzo różnorodny charakter. Niesposób wymienić tutaj wszystkich roślin omawianych przez autora książki. Wydaje się jednak, że na wymienienie zasługują: zimowity (*Colchicum*), jeżowka purpurowa (*Echinacea purpurea*) z licznymi nowymi odmianami, ciekawe gatunki mikołajków (*Eryngium*), goryczka trojeściowa (*Gentiana asclepiadea*), nowe odmiany słoneczniczków (*Heliopsis helianthoides* var.

scabra), bardzo popularne obecnie żurawki (*Heuchera*), kosańce bródkowe, liczne gatunki lilii, narcyzy ogrodowe, piwonie chińskie z wieloma odmianami (*Paeonia lactiflora*), floksy plamisty i wiechowaty (*Phlox maculata* i *P. paniculata*), odmiany trzykrotki Andersa, czy wiosenne tulipany ogrodowe.

Ważną część ogrodów stanowią skalniaki, które nadsłaniają fragmenty górskiego krajobrazu stanowiąc miejsce dla uprawy wielu cennych roślin. Bogactwo możliwych do uprawy roślin jest wprost zdumiewające m.in. himalajska naradka *Androsace lanuginosa*, oryginalny zawilec *Anemone obtusiloba*, aster z Kolorado (*Aster coloradoensis*), niezwykle atrakcyjna berkheja purpurowa (pochodząca z Afryki), kilka interesujących gatunków dziewięciśnów (*Carlina*), niedawno wprowadzona do uprawy *Cotula hispida*, liczne gatunki i odmiany krokusów, mikołajki, liczne gatunki szachownic (*Fritillaria*), górskie goryczki (*Gentiana*), oman wąskolistny (*Inula ensifolia*), narcyzy botaniczne, ciekawe odmiany sasank (*Pulsatilla*), bardzo kolorowe tulipany botaniczne.

W cienistych ogrodach można tworzyć charakterystyczne leśne zakątki. Przy tym należy nadać podłożu leśny charakter. W tym celu konieczne jest wzbogacenie gleby w kompost. Można tutaj wymienić anemonopsis wielkolistny (*Anemonopsis macrophylla*), kopytnik, paproć języcznik zwyczajny z ciekawymi odmianami (*Asplenium scolopendrium*), okazałą lilię himalajską sięgającą do 2-4 m (*Cardiocrinum giganteum*), ciemiernik wschodni z licznymi odmianami (*Helleborus orientalis*), liczne odmiany funkii z ozdobnymi liśćmi i kwiatostanami (*Hosta*), trójsklepka *Tricyrtis*. Coraz większym zainteresowaniem cieszą się ogrody naturalistyczne określane jako działki ekologiczne. Należą tutaj m.in. kłosowiec (*Agastache*), aster wrzosolistny (*A. ericoides*), boemeria (*Boemeria*) z ozdobnymi liśćmi, sadziec konopiasty i purpurowy (*Eupatorium*), bodziszek zwłaszcza z kolorowymi liśćmi, sło-

neczniki, ligularie, bardzo ozdobne trawy miskanty chińskie (*Miscanthus sinensis*), coraz bardziej popularne rdesty (*Polygonum*), rabarbary, mało znane jeszcze krwiściagi (*Sanguisorba*), a także ciemiężycy (*Veratrum*), a nawet ozdobne koniczyny.

Oczka, błotka, strumyki i obrzeża wód stają się coraz bardziej popularne w ogrodach. Co więcej, zbiornik wodny to często najbardziej pożądany obiekt w ogrodzie, gdyż stwarza on specyficzny mikroklimat. Budowa oczka wodnego wymaga rozwiązania szeregu problemów, podobnie jak też wprowadzenie odpowiedniej roślinności. Współcześnie znanych jest wiele ciekawych roślin rosnących w zbiornikach wodnych, jak i na jego brzegach. Można tutaj wymienić m.in. mikołajek nadwodny (*Eryngium aquaticum*), bardzo dekoracyjną pstrolistkę sercowatą (*Houttuynia cordata*), kosańce mieczolistny i syberyjski (z wieloma cennymi odmianami), wiele odmian grzybienia ogrodowego, zwanego lilią wodną (*Nymphaea hybrida*). Na brzegach mogą być wykorzystane gatunki paproci długosza (*Osmunda*), natomiast w wodzie rosną także strzałki m.in. strzałka szerokolistna 'Plena' (*Sagittaria latifolia* 'Plena'). W ogrodzie nie może również zabraknąć pergoli i drabinek. E. Radziul przedstawia tutaj wiele ciekawych roślin m.in. aktinidię pstrolistną (*Actinida kolomikta*), powojniki wielkokwiatowe (*Clematis*), a także powojniki botaniczne (*C. macropetala*, *C. viorna*, *C. viticella*), rzadko spotykane miesięcznik dahurski (*Menispermum dahuricum*) czy tlandiantę zwodną (*Thladiantha dubia*).

Podsumowując można stwierdzić, że książka Eugeniusza Radziula „Ogrodowe pasje” stanowi interesującą pozycję wydawniczą zarówno dla szerokiego grona miłośników roślin i ogrodów, jak i dla specjalistów z zakresu ogrodnictwa. Polecam tę ważną i istotną książkę botaniczno-ogrodniczą.

Eugeniusz Kośmicki (Poznań)

POLSKIE ELIMINACJE KONKURSU PRAC MŁODYCH NAUKOWCÓW UNII EUROPEJSKIEJ

15 stycznia 2010 r. odbyły się Polskie Eliminacje Konkursu Prac Młodych Naukowców Unii Europejskiej. Do finałów zakwalifikowano 16 prac badawczych.

Komitet Główny Olimpiady Biologicznej przesłał na konkurs 24 prace badawcze; 8 z nich zakwalifikowano do polskich eliminacji. 7 - otrzymało nagrody lub wyróżnienia.

Nagrody główne:

1. Jedną z trzech pierwszych nagród zdobył laureat XXXVIII Olimpiady Biologicznej - **Łukasz Sokolowski** za pracę „W jaki sposób żerują mrówki *Formica cinerea*”. Wyjazd na finały europejskie do Lizbony.
2. Jedną z trzech drugich nagród zdobył finalistą

XXXVIII Olimpiady Biologicznej - **Kamil Witek** za pracę „Wpływ kierunku napływu przyjmowanego pokarmu na modyfikację kształtu sieci łownych pajaków - krzyżaka ogrodowego i nasosznika trzęsia”.

3. Jedną z czterech trzecich nagród zdobyła **Joanna Mróz** (uczestniczka zawodów II stopnia XXXVIII Olimpiady Biologicznej) za pracę „Wpływ sposobu omłotu na początkowy wzrost i rozwój nasion pszenicy Orkich”.

Wyróżnienie:

4. **Filip Tyliczek** (finalista XXXVIII Olimpiady Biologicznej) za pracę „Skuteczność przydrożnej foliowej bariery w ochronie płazów”.

Nagroda za wyróżniający się plakat:

5. Jedną z trzech nagród otrzymała **Alina Motowidło** (uczestniczka zawodów II stopnia XXXVIII Olimpiady Biologicznej) za pracę „Ocena stopnia zanieczyszczenia zbiornika zaporowego elektrowni Rybnik na podstawie analizy organizmów zespołu poroślinnego”.

Wyróżnienie Instytutu Biologii Doświadczalnej im. Marcelego Nenckiego:

6. **Tomasz Bryk** (uczestnik zawodów II stopnia XXXVIII Olimpiady Biologicznej) za pracę „Wpływ zawartości azotu w glebie na szybkość trawienia tkanek zwierzęcych w dzbankach dzbanecznika”.

7. **Karolina Kluz** (uczestniczka zawodów II stopnia XXXVIII Olimpiady Biologicznej) za pracę „Śmiertelność, jej przyczyny i produktywność miodu pszczoły miodnej *Apis mellifica* w 85 pasiekach województwa podkarpackiego”.

Elżbieta Auguścińska

Komitet Główny Olimpiady Biologicznej

MAZURSKIE IMPRESJE



Ryc. 1. Góra Czterech Wiatrów zimą, Mrągowo, 6 stycznia 2006. Fot. M. Olszowska

Od ponad 20 lat mieszkam w Mrągowie na Mazurach Zachodnich, w Krainie Wielkich Jezior. Przeprowadziłam się tu z najbliższą rodziną aż z Krakowa. O Mazurach wiedziałam, że to region „Zielonych Płuc Polski”, kraina lasów, jezior i niewiele przekształconych naturalnych krajobrazów. Jako biologa to mnie cieszyło. Wyprowadzając się z Krakowa, liczyłam na poprawę stanu zdrowia całej rodziny w czystym środowisku. Klimat Mazur kształtowany jest przez powietrze kontynentalne napływające ze wschodu, dlatego obszar ten ma surowsze warunki klimatyczne niż pozostała, nizinna część kraju. Tutejsze zimy



Ryc. 2. Żeremie bobrowe na jez. Duś, Rosocha, 9 września 2007. Fot. M. Olszowska

były dla mnie za długie i zbyt mroźne, natomiast lata, choć słoneczne, o wiele za krótkie. Krótki był także okres wegetacyjny, który trwa przez około 180 - 190 dni w roku. Przywykła do krajobrazów Pogórza, długo nie mogłam się również oswoić z otaczającym mnie krajobrazem bez gór i bez jodły, jako bożonarodzeniowej choinki. W Mrągowie nie czułam wielkomiejskich wibracji, które znałam z Krakowa. Śmieszyły mnie drobne nieporozumienia, wynikające z językowego regionalizmu. Bogactwo mazurskich jezior od zawsze przyciągało tu wodniaków – żeglarzy, bojerowców i wędkarzy. Latem kolorowe żagle na jeziorach to normalny widok. Zimą pojawiają się bojery i latawce snowkitingu. My również latem całą rodziną żeglowaliśmy, przemierzając Szlak Wielkich Jezior Mazurskich. Czasem



Ryc. 3. Kormoran czarny (*Phalacrocorax carbo*) na jeziorze Czos, Mrągowo, 15 września, 2006. Fot. Maria Olszowska

bywało niebezpiecznie, bo na jeziorach, jak w moich ukończonych górach, pogoda potrafi się gwałtownie zmienić. W ciągu kilku minut, zamiast denerwującej żeglarza flauty, zerwać się może silny, nawet huraganowy wiatr, który zryje gładką taflę jeziora wysokimi, szalejącymi falami. Mazury to tereny głównie rolnicze. Nie ma tu wielkiego przemysłu, który zanieczyszcza środowisko. Natomiast bogactwo naturalnych ekosystemów jest duże. Występują liczne kompleksy lasów świerkowo-sosnowych o stanie zbliżonym do pierwotnego. Wiele jest obszarów zabagnionych z roślinnością błotną i torfowiskową. Wśród licznych gatunków roślin i zwierząt ogromna większość jest objęta ścisłą ochroną.

Z upływem lat zaczęłam zauważać, że mazurski polodowcowy, pagórkowaty krajobraz jest malowniczy a Mazury mają swoje „góry”. Nad Mrągowem wznosi się Góra Czterech Wiatrów (ryc. 1) zagospodarowana jako ośrodek zimowego sportu i rekreacji (wys. 185 m n.p.m.). Obok góry mrągow-



Ryc. 4. Ropucha paskówka (*Bufo calamita*) rozlewisko, Pilec, 25 kwietnia 2009. Fot. M. Olszowska

skiej występują na Mazurach jeszcze inne. Do najbardziej znanych należą Góra Krzyżowa w Lidzbarku Warmińskim (134 m n.p.m.), Piękna Góra w Gołdapi (270 m n.p.m.) i Góra Dylewska niedaleko Ostródy (312 m n.p.m.). Wszystkie zagospodarowane podobnie, jak Góra Czterech Wiatrów i zimą chętnie odwiedzane przez narciarzy, nie tylko z Mazur.



Ryc. 5. Rzekotka drzewna (*Hyla arborea*) płazi kameleon, Woźnice, 20 września 2009. Fot. M. Olszowska

A ja?? Moje dzieci w międzyczasie dorosły, miałam więcej czasu dla siebie i zaczęła się we mnie budzić uśpiona ciekawość świata. Mogłam już.... odkrywać Mazury. Częściej odbywałam piesze wycieczki i jeździłam w odleglejsze rejony Mazur Wschodnich. Im uważniej się rozglądałam, tym więcej bogactwa przyrody dostrzegałam.



Ryc. 6. Grzybienie białe (*Nymphaea alba*) na jez. Piecuch, Mrągowo, 3 czerwca 2007. Fot. M. Olszowska

W jeziorach, rzekach i nad ich brzegami toczy się intensywne życie. Bobry europejskie (*Castor fiber*) budują tu swoje żeremia (ryc. 2) Jeden z budulców żeremi stanowią drzewa. Bobry ścinają je dobrze rozwiniętymi siekaczami tak, aby spadły w kierunku rzeki. Po II wojnie ssak ten był zagrożony wyginięciem. Został restytuowany w niedalekim Popielnie (Stacja Badawcza PAN) i reintrodukowany. Bobry pozytywnie wpływają na renaturalizację krajobrazu, zwiększając retencję wód i są obecnie objęte ochroną. Na jeziorach otoczonych wysokimi drzewami możemy dostrzec kormorana czarnego (*Phalacrocorax carbo*),



Ryc. 7. Szablak krwisty (*Sympetrum sanguineum*) na łące, Giżycko, 8 sierpnia 2009. Fot. M. Olszowska

gdy stoi na wystających z wody gałęziach (ryc. 3). Ptaka objęto ochroną częściową. Dynamiczny wzrost populacji kormorana budzi ciągły niepokój wśród rybaków, bo kormorany pustoszą jeziora, wyżerując narybek i ryby. Już od marca nad rozlewiskami i jeziorami zaczynają rozlegać się donośne głosy godujących płazów, które wchodzą do wód, aby złożyć skrzek. To piękne, pożyteczne i chronione zwierzęta (ryc. 4, 5). Zaobserwowałam wszystkie gatunki



Ryc. 8. Żółw błotny (*Emys orbicularis*), bagno, Cudnoch, 31 maja 2008. Fot. Joanna Małż

płazów nizinnych. Na Mazurach kręgowce te mają dobre warunki do rozrodu. Dlatego szczególnie na tym terenie należy dbać o zbiorniki wodne, ich czystość, aby ta grupa zwierząt nie wyginęła. Na jeziorach od czerwca do września kwitnie grzybienie białe (*Nymphaea alba*). To bylina posiadająca białe kwiaty osadzone na długich podwodnych szypułkach, zamykające się w czasie deszczu i w nocy (ryc. 6) Każdy biały kwiat kojarzy mi się z czaszą kielicha, nad którą zastyga w powietrzu jaskrawo ubarwiona ważka. Owad ten potrafi poruszać dwiema parami skrzydeł niezależnie od siebie. Fascynuje obser-

watora niesamowitymi akrobacjami powietrznymi. Ważce można się dokładniej przyjrzeć wtedy, gdy usiądzie (ryc. 7). Jeśli nam dopisze szczęście, możemy spotkać jedynego rodzimego żółwia - żółwia błotnego (*Emys orbicularis*).



Ryc. 9. Żmija zygzakowata (*Vipera berus*) łąka, Mrągowo, 30 kwietnia, 2007. Fot. Maria Olszowska

Gad ten żyje na terenie podmokłym, zabagnionym, z dużą ilością roślinności. Najłatwiej zauważyć go, gdy wygrzewa się w słońcu na brzegu zbiornika wodnego. To zwierzę bardzo rzadkie, pod ścisłą ochroną (ryc. 8). Innym ciepłolubnym gadem jest jadowita żmija zygzakowata (*Vipera berus*). Jeśli ją spotkamy, powinniśmy zachować bezpieczną odległość około 1 metra, bo zaskoczona, nadep-



Ryc. 10. Rosiczka okrągłolistna (*Drosera rotundifolia*) torfowisko wysokie, Gązwa, 25 sierpnia 2009. Fot. M. Olszowska

nięta, może nas zaatakować (ryc. 9). Jad żmii powoduje zaburzenia krzepliwości krwi i jest niebezpieczny głównie dla osób z chorobami serca i dla małych dzieci.

Wspomniałam już o mazurskich torfowiskach. Na zachód od Mrągowo położony jest rezerwat Gązwa. Rezerwat ten jest klasycznym przykładem torfowiska wysokiego typu kontynentalnego. Został utworzony w 1958 roku. Gleba torfowisk wysokich ma kwaśny odczyn i jest uboga w zwią-



Ryc. 11. Widłak jałowcowaty (*Lycopodium annotinum*), las Kumiecie, Gołdap, 29 października, 2009. Fot. Maria Olszowska

ki azotowe. Występować tu mogą gatunki roślin doskonale przystosowane do tych warunków życia. Wśród nich chroniona rosiczka okrągłolistna, która uzupełnia niedobory azotu, polując na owady. Rosiczka zwabia je czerwonymi liśćmi, przekształconymi w pułapki oraz lepką słodką wy-



Ryc. 12. Żurawie (*Grus grus*) we mgle, łąka, Canki, 18 września, 2009. Fot. Maria Olszowska

dzieliną (ryc. 10). Na obrzeżu torfowiska wysokiego żyje rzadki chroniony paprotnik - widłak jałowcowaty (*Lycopodium annotinum*) (ryc. 11). Roślina ta została wytrzebiona, bo niegdyś masowo używano jej do celów leczniczych.

Mazury nazywane są „ptasim rajem”. Zalesione, zabagnione tereny z licznymi jeziorami są ostoją ptaków. Awifauna liczy ponad 350 gatunków przeróżnego ptactwa



Ryc. 13. Dzięcioł duży (*Dendrocopos major*), las, Mrągowo, 25 sierpnia, 2009. Fot. M. Olszowska

leśnego, błotnego, jeziornego i łąkowego. Coraz częściej obserwuję na polach uprawnych żerujące żurawie (*Grus grus*), chętniej niż kiedyś przebywające w sąsiedztwie ludzi. To duże, piękne ptaki odlatujące na zimę i wracające do nas wczesną wiosną (ryc. 12). Słysząc wtedy ich głośny i charakterystyczny krzyk. Mieszkam na skraju lasu i spędzam w nim każdą wolną chwilę. Wśród zieleni i śpiewu ptaków skutecznie się relaksuję. Ilekroć jestem w lesie



Ryc. 14. Kowalik zwyczajny (*Sitta europaea*), las, Mrągowo, 14 kwietnia 2006. Fot. M. Olszowska

niezależnie od pory roku, słyszę wytrwałe postukiwania dzięcioła dużego (*Dendrocopos major*) (ryc. 13). Zawsze z ogromną radością przyglądam się kowalikowi zwyczajnemu (*Sitta europaea*), jak sprytnie schodzi po pniu głową w dół (ryc. 14).



Ryc. 15. Król puszczy - żubr (*Bison bonasus*), Wolisko, 25 lipca, 2009. Fot. Maria Olszowska

Dobrym pomysłem na jednodniową, samochodową wycieczkę jest Puszcza Borecka, przepiękny zakątek leśny o charakterze pierwotnym. Tamtejszą atrakcją turystyczną stanowi Stacja Hodowli Żubrów w Wolisku. Żubry (*Bison bonasus*) żyją tu w wolnych stadach. Ze specjalnej, zbudowanej dla turystów platformy, można podziwiać króla puszczy (ryc. 15).

Mimo bogactwa przyrody Mazury nie mają parku narodowego, choć utworzono parki krajobrazowe. Jednym z nich jest obejmujący Puszcę Piską, Mazurski Park Krajobrazowy z unikatowymi gatunkami i bogactwem form polodowcowych. Mam nadzieję, że Park ten zostanie przekształcony w park narodowy. Mazury to także obszar na mapie Europejskiej Sieci Ekologicznej Natura 2000. W ramach Dyrektywy Siedliskowej i Dyrektywy Ptasiej ochroną zostały objęte siedliska ważne dla zachowania zagrożonych lub bardzo rzadkich gatunków roślin i zwierząt, mające znaczenie dla ochrony wartości przyrodniczych zjednoczonej Europy. Wspomniany rezerwat torfowiskowy – Gązwa, chroniony jest właśnie Dyrektywą Siedliskową.



Ryc. 16. Jesienny pejzaż, Zalec, 26 września 2006. Fot. M. Olszowska

Cieszy mnie bardzo, że Mazury znalazły się w finale konkursu na nowe Siedem Cudów Natury, ogłoszonego przez Szwajcarską Fundację *New 7 Wonders*, jako jedyna

kandydatura w swojej kategorii - *Krajobrazy i formy polodowcowe*. To dla Mazur duże wyróżnienie. Można ponownie na nie zagłosować, wchodząc na oficjalną stronę kampanii www.mazurycudnatury.pl. Wskazana strona zawiera instrukcję głosowania w języku polskim. Głosowanie trwa do 2011 roku. Gdyby Mazurom udało się uzyskać status jednego z siedmiu cudów świata, zyskałyby szansę na pełniejszą realizację zrównoważonego rozwoju. Rozwoju, który pozwala zachować naturalne środowisko dla przyszłych pokoleń w stanie mało zmienionym. Mazury są tego warte.



Ryc. 17. Mazurska mgła, Czerwonka, 19 września, 2009. Fot. Maria Olszowska

Wspomnę jeszcze o zachwycających, magicznych, wczesnojesiennych mazurskich mgłach. Snują się po polach, nad taflą jezior i między wzniesieniami moren (ryc. 16, 17, 18).



Ryc. 18. Mglisty świt nad jez. Ryńskim, Ryn, 19 września, 2009. Fot. Maria Olszowska

Patrzę na Mazury oczami przybysza z zewnątrz. Dlatego widzę je inaczej niż rdzenni mieszkańcy. Doceniam niepowtarzalne piękno krainy jezior i lasów. Kto chce zasmakować samotności z dala od ludzi i cywilizacji, niech przyjedzie na Mazury. Znajdzie tu potrzebny spokój i ciszę. Serdecznie zapraszam na Mazury Wszystkich, którzy kochają i szanują przyrodę... A w lipcu do Mrągowa na Piknik Country i Mazurską Noc Kabaretową nad jeziorem Czos - też zapraszam.

„BOSKA” MODRASZKA



Sikora modra (*Parus caeruleus*), zwana modraszką, jest ptakiem często spotykanym w lasach, parkach i ogrodach. Jest mniejsza od wróbla, wierzch głowy i skrzydła ma jasnoniebieskie, a spód ciała żółty. Waży około 10-12 g., rozpiętość skrzydeł ma 20 cm, a długość ciała 11,8 cm. Żywi się – podobnie jak wszystkie sikory – owadami i ich larwami, a także – szczególnie zimą – nasionami zawierającymi dużo tłuszczu. Gniazda buduje w dziuplach i budkach lęgowych. Składa do 16 jaj, które są białe z rdzawymi kropkami. Zimą często korzysta z pomocy człowieka je, słoneinę, słonecznik, łuskane orzechy włoskie, itp.



Czasami sikorki budują gniazda w najbardziej nieoczekiwanych miejscach. Ja zaobserwowałem parę sikorki modrej, gdy ścieliły sobie gniazdo w figurce Pana Jezusa. Wchodziły do niej przez otwór po ułamanej ręce i mieszkały w środku. Figurka jest metalowa i wydaje mi się, że w słoneczne dni młodym sikorkom było bardzo gorąco, ale zauważyłem, że udało im się dorosnąć i wylecieć, nie wiem tylko ile ich było. Na niewielkiej 16 arowej działce w Koźmicach Wielkich koło Wieliczki, w 2009 roku gniazdowały dwie pary modraszek. Jedna para zbudowała gniazdo w budce, a druga w figurce Pana Jezusa.

Przemysław Konrad Wojtaś, uczeń klasy V Szkoły Podstawowej nr 1 w Krakowie. E-mail przemyslawwojtas@op.pl

W JAKI SPOSÓB ŻERUJĄ MRÓWKI *FORMICA CINEREA*?

Lukasz Sokołowski (Łódź)

Streszczenie

Celem przeprowadzonych badań było zakwalifikowanie strategii żerowania mrówek *Formica cinerea* (ryc. 1) do jednej z kilku określonych przez naukowców metod, opisanych dokładniej w rozdziale „Wstęp”. W tym celu obserwowano 10 kolonii *F. cinerea* w terenie. Przeprowadzono również serię eksperymentów na 2 koloniach hodowanych w formikarium (specjalnym terrarium przystosowanym do hodowli mrówek), mających na celu określenie, w jaki sposób *F. cinerea* reaguje na dostępność kilku różnych źródeł pokarmu jednocześnie i czy potrafi w sposób elastyczny przełączać się między źródłami pokarmu o mniejszej jakości na źródła pokarmu o wyższej jakości.

Obserwacje wykazały, że *F. cinerea* stosuje metodę żerowania wykorzystującą tak zwane szlaki zapachowe. Eksperymenty wykazały, że robotnice *F. cinerea* potrafią

przekazywać sobie informacje o jakości pokarmu i wykazują umiarkowaną elastyczność przy przełączaniu się między źródłami pokarmu o różnej jakości.



Ryc. 1. Królowa i robotnica *F. cinerea*. Fot. Radosław Krawczuk i Maciej Nielubowicz.

Wstęp

Spółczenstwa mrówek mogą liczyć nawet miliony robotnic. Aby przy takiej liczbie współpracy między członkami kolonii była możliwa, mrówki musiały wytworzyć szereg zachowań pomocnych przy organizacji pracy.

Bez wątpienia jednym z aspektów życia kolonii mrówek wymagających najdoskonalszej koordynacji jest żerowanie. Gatunki mrówek są bardzo zróżnicowane, tym samym stosują rozmaite strategie ułatwiające poszukiwanie i eksploatację źródeł pokarmu. Należy jednak pamiętać, że we wszystkich z nich (poza żerowaniem indywidualnym) istotną rolę odgrywają feromony, organiczne substancje zapachowe, za pomocą których mrówki przekazują sobie informacje.

Najprostszą strategią jest **żerowanie indywidualne**. Stosując tę metodę robotnice poszukują pożywienia samodzielnie, nie współpracując z innymi. Znacznie bardziej rozpowszechnionym i efektywnym sposobem żerowania jest **żerowanie wykorzystujące rekrutację**, które możemy podzielić na kilka podrodzajów, z czego najważniejsze są:

- masowa rekrutacja;
- grupowa rekrutacja.

Mrówki stosujące **masową rekrutację** po znalezieniu pokarmu wracają do gniazda pozostawiając szlak zapachowy. Powrót takiej mrówki do mrowiska powoduje wzmożoną aktywność innych robotnic, po czym liczna, nieskoordynowana grupa mrówek rusza do pożywienia po trasie oznaczonej feromonami przez pierwszą zwiadowczynię. Pewnym szczególnym rodzajem tej strategii są **szlaki zapachowe**, różniące się od typowej rekrutacji masowej tym, że ścieżki feromonów utrzymują się przez dłuższy czas i służą do oznakowania drogi do zasobnych źródeł pokarmu.

Istnieje również **rekrutacja grupowa**, przy której robotnica odnajdująca pokarm nie pozostawia śladu zapachowego, tylko osobiście zaprowadza do niego grupę innych robotnic zdając się w większej mierze na indywidualną pamięć niż na ślady zapachowe (Beckers i in., 1989).

Literatura podaje, że niektóre strategie żerowania, głównie oparte na robotnicach doprowadzających osobiście inne robotnice do źródła pokarmu (rekrutacja grupowa), umożliwiają swobodniejsze przełączanie się między różnymi źródłami pokarmu, gdyż są mniej zależne od istniejących już śladów feromonalnych.

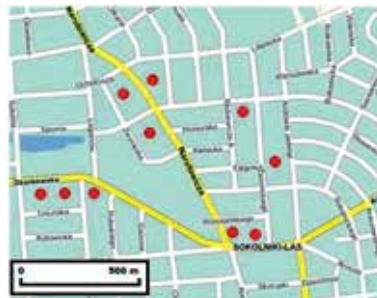
Celem przeprowadzonych badań było określenie, którą z tych strategii stosują mrówki *F. cinerea* oraz sprawdzenie, w jakim stopniu wykazują elastyczność podczas żerowania.

Metody

Badany gatunek mrówek *Formica cinerea* to mrówka zamieszkująca suche i nasłonecznione łąki całej Polski. Jest optymalnym obiektem badań, gdyż odznacza się łatwością hodowli i szybkością rozmnażania, co było istotne dla powodzenia laboratoryjnej części badań. Co więcej, jest gatunkiem słabo opisanym w literaturze, dzięki czemu badanie zyskuje na innowacyjności.

Obserwacjom poddano 10 różnych kolonii *F. cinerea* zamieszkujących suche łąki w miejscowości Sokolniki pod Łodzią (ryc. 2). Obserwacje prowadzono w ciepłe, słoneczne dni w miesiącach lipcu i sierpniu. W odległości 1 metra od gniazda umieszczono plastikową tackę z kroplami miodu. Zachowanie mrówek obserwowano przez 2 godziny od

rozpoczęcia żerowania. Eksperyment przeprowadzono dla każdej kolonii 4 razy. Pomiedzy każdym z nich robiono 4 dni przerwy, aby mieć pewność, że feromony pozostawione przez mrówki z poprzednich powtórzeń eksperymentu przestaną działać i nie będą miały wpływu na wyniki kolejnych powtórzeń badania.



Ryc. 2. Plan Sokolnik z naniesioną lokalizacją obserwowanych kolonii.

Przedmiotem drugiego eksperymentu były dwie kolonie hodowane w formikariach z wybiegami o wymiarach 20x20 cm (ryc. 3). W skład każdej z nich wchodziła królowa, około 500 robotnic, larwy, poczwarki i jaja. Podczas badań zastosowano podobną metodę jak w badaniach J.C. de Biesau, J.L. Deneuborga i J.M. Pasteelsa (1992) na gatunku *Myrmica sabuleti*. Przeprowadzono 3 rodzaje eksperymentów. W odległości 20 cm od wejścia do gniazda i 30 cm od siebie umieszczono 2 krople roztworu cukru o objętości 3 ml według jednego z poniższych schematów:

1. jednocześnie jedną kroplę o stężeniu 5% i drugą o stężeniu 25%;
2. najpierw jedną kroplę o stężeniu 5%, a 10 min. później drugą o stężeniu 25%;
3. najpierw jedną o kroplę stężeniu 25%, a 10 min. później drugą o stężeniu 25%.

Za każdym razem obserwację prowadzono przez 45 min. od rozpoczęcia żerowania. Co 1 minutę liczono robotnice przy obu kroplach roztworu cukru (ryc. 4). Każdy z wariantów eksperymentu przeprowadzono na każdej z kolonii 4 razy. Pomiedzy każdym eksperymentem robiono 4 dni przerwy, z takich samych powodów jak w przypadku badań terenowych (dodatkowo wybieg przecierano materiałem).



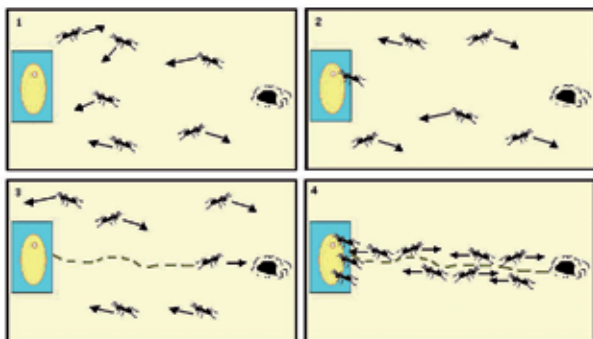
Ryc. 3. Formikarium (sztuczne mrowisko), w którym prowadzono laboratoryjną część badań. Fot. Łukasz Sokołowski.



Ryc. 4. Robotnice żerujące przy dwóch kropkach cukru różniących się stężeniami. Fot. Łukasz Sokołowski.

Wyniki eksperymentów terenowych

Podczas badań terenowych zachowanie mrówek za każdym razem było jednakowe. Kolejne stadia żerowania ilustrują poniższe rysunki.

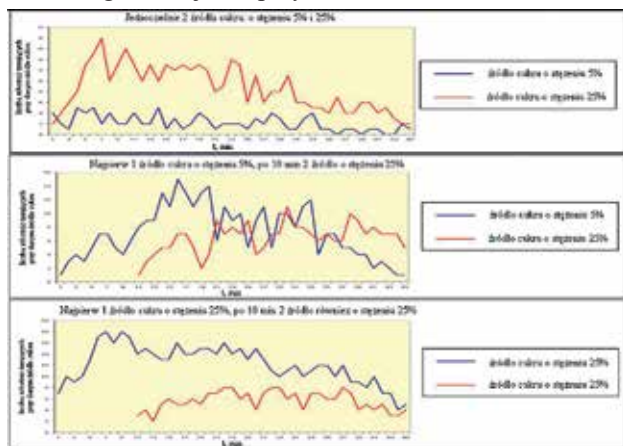


Ryc. 5. Rysunki ilustrujące wyniki obserwacji terenowych.

1. Mrówki nie współpracują, każda indywidualnie poszukuje pożywienia obok wejścia do mrowiska.
2. Kilka mrówek przypadkowo natrafia na kropkę i pożywia się nią.
3. Najedzone mrówki wracają do mrowiska możliwie najkrótszą drogą.
4. Liczne mrówki kursują w obie strony między gniazdem i pokarmem tą samą drogą, co pierwsze mrówki, które odnalazły miód. Z biegiem czasu idzie tym szlakiem coraz więcej mrówek.

Wyniki eksperymentów laboratoryjnych

Zmienną liczbę żerujących robotnic wraz z upływem czasu ilustrują poniższe wykresy. Podczas każdego z powtórzeń w obu grupach badawczych otrzymano zbliżone wyniki prowadzące do tych samych wniosków. Z tego powodu zamieszczono tylko jeden, losowo wybrany wykres do każdego rodzaju eksperymentu.



Ryc. 6. Wykresy prezentujące wyniki badań laboratoryjnych.

Dyskusja

Obserwacje terenowe pozwoliły stwierdzić, że mrówka *Formica cinerea* stosuje strategię żerowania zwaną masową rekrutacją. Robotnice poszukują pożywienia pojedynczo, dopiero gdy przypadkowo natrafiają na pokarm, powracają do gniazda oznaczając drogę do pożywienia za pomocą feromonów. Tuż po powrocie robotnicy, która natrafiła na pokarm, gniazdo opuszcza liczna grupa robotnic i udaje się do pożywienia wzdłuż oznaczonego szlaku. Jednakże grupa mrówek opuszczających gniazdo nie jest kompletnie zdeorganizowana. Trzyma się ona dokładnie oznaczonej trasy, wzdłuż której mrówki kursują w obie strony przez dłuższy czas, aż do wyczerpania źródła pokarmu.

Takie zachowanie wskazuje, że *F. cinerea* stosuje odmianę rekrutacji masowej – szlaki zapachowe. Wniosek ten potwierdzają dane z literatury (R. Beckers i in., 1989), według których szlaki zapachowe są najczęstszą strategią żerowania wśród mrówek z rodzaju *Formica*.

Przyczyną obrania takiej metody żerowania może być fakt, że *F. cinerea* jest mrówką wysoce terytorialną i agresywną, żerującą na rozległej przestrzeni wokół gniazda. Ta dominacja pozwala *F. cinerea* na zajmowanie dla siebie najzasobniejszych źródeł pokarmu (owoców, martwych zwierząt, itp.) i spokojne eksploatowanie ich przy pomocy efektywnych i efektywnych szlaków zapachowych. Tymczasem inne, mniej agresywne mrówki muszą zadowolić się gorszym pokarmem, który eksploatują w mniej spektakularny sposób (np. w małych grupach), aby nie ściągnąć na siebie uwagi dominujących *F. cinerea* i nie narazić się na ich atak.

Eksperymenty laboratoryjne wykazały, że robotnice *F. cinerea* potrafią przekazywać sobie informacje o jakości pokarmu i wykazują umiarkowaną elastyczność przy przełączaniu się między jego źródłami. Jeśli *F. cinerea* otrzyma jednocześnie dostęp do źródeł pokarmu o różnej jakości, to w szczytowym momencie żerowania źródło zasobniejsze wybiera przeszło 4 razy więcej robotnic. Jak ustalono wcześniej, mrówki te stosują rekrutację masową i jedyną wskazówką prowadzącą do pokarmu jest ślad zapachowy. Należy zadać sobie pytanie: w jaki sposób mrówki modyfikują ów ślad, aby zawierał on informacje o jakości pokarmu? Najbardziej prawdopodobną metodą jest stosownie przez robotnice wydzielin dwóch gruczołów: gruczołu Dufoora i gruczołu jelita tylnego (E. Wilson, B. Holldobler, 1990). Jeśli robotnica znacząc feromonami trasę wiodącą do pokarmu użyje mieszaniny dwóch wspomnianych wydzielin, to manipulując ich wzajemnym stosunkiem ilościowym może zakodować informację o jakości pokarmu, do którego prowadzi ów szlak. Jest również prawdopodobne, że robotnice znacząc drogę do pokarmu wydzieliną tylko jednego z tych gruczołów, a informacja przekazywana jest dzięki stosowaniu różnych jej ilości, zależnych od jakości odnalezionej pokarmu. Jednak aby zweryfikować te przypuszczenia dla gatunku *F. cinerea* należałoby przeprowadzić badania z użyciem specjalistycznej aparatury.

W przypadku, gdy robotnice najpierw otrzymają dostęp do pokarmu o gorszej jakości i utworzą prowadzący

do niego ślad zapachowy, a 10 min. później udostępni im się źródło pokarmu o wyższej jakości, to jeszcze przez około 10 min. grupa robotnic pożywająca się gorszym pokarmem jest liczniejsza. Po upływie 10 minut liczba robotnic przy obu źródłach pokarmu zrównuje się i taki stan utrzymuje się przez około 15 min. Dopiero po 25 min. od udostępnienia lepszego źródła pokarmu liczba żerujących przy nim robotnic zaczyna zdecydowanie przewyższać liczbę robotnic przy gorszym pokarmie. Oznacza to, że mrówki *F. cinerea* potrafią przełączać się z pokarmu gorszego na lepszy, ale proces ten zachodzi stosunkowo powoli, zwłaszcza jeśli uwzględnimy fakt, że powierzchnia wybiegu, na którym badano mrówki jest wielokrotnie mniejsza niż faktyczny obszar żerowania *F. cinerea*. Przypuszczalnie przełączanie się między źródłami pokarmu w warunkach naturalnych trwa jeszcze dłużej. Przemawia to za tym fakt, że *F. cinerea* są w dużym stopniu zależne od utworzonego już szlaku zapachowego i dość niechętnie zmieniają raz obraną trasę.

Tezę tę potwierdza trzeci eksperyment, w którym najpierw udostępniono mrówkom 1 źródło pokarmu, a po 10 min drugie tej samej jakości. W tym przypadku zabrakło bodźca w postaci różnej jakości pokarmów zachęcającego mrówki do zmiany obranej trasy. Z tego powodu, mimo, że najkorzystniej byłoby eksploatować dwa źródła pokarmu naraz z jednakową efektywnością, przez cały czas trwania eksperymentu przeszło 2 razy więcej mrówek żerowało przy źródle, do którego na początku utworzyły szlak zapachowy.

Bibliografia:

1. Beckers R., Goss S., Deneubourg J.L., Pasteels J.M., (1989). Colony size, communications and ant foraging strategy.
2. Biesau J.C., Deneubourg J.L., Pasteels J.M., (1992). Collective flexibility during mass recruitment in the ant *Myrmica sabuleti*.
3. Holldobler B., Wilson E.O., (1990). The Ants. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
4. Holldobler B., Wilson E.O., (1998). Podróż w krainę mrówek. Prószyński i S-ka, Warszawa.

Lukasz Sokołowski wykonał prezentowaną pracę w czasie wakacji, pomiędzy 2 a 3. klasą. W trakcie pisania pracy i przygotowywania się do olimpiady Jego opiekunką była mgr Ilona Majewska, nauczycielka biologii w XXI LO w Łodzi. Lukasz Sokołowski zdobył tytuł laureata II stopnia oraz wyróżnienie w Konkursie prac badawczych na XXXVIII Olimpiadzie Biologicznej. W finale polskich eliminacji Konkursu Prac Młodych Naukowców UE otrzymał tytuł laureata, wyróżnienie za najlepszy plakat oraz nominację do reprezentowania Polski w czasie europejskich finałów w Lizbonie w 2010 r. Aktualnie Lukasz Sokołowski studiuje na Wydziale Lekarskim Uniwersytetu Medycznego w Łodzi. Jego zainteresowania to: hodowla i życie mrówek (myrmekologia), zoologia, medycyna, gry komputerowe, manga i anime (japońskie komiksy i animacja), amerykańskie seriale (House MD, Lost itp.).

Pozornie metodę żerowania *F. cinerea* (odmiana masowej rekrutacji – szlaki zapachowe) można określić jako średnio skuteczną. Jest ona z pewnością efektywniejsza niż żerowanie indywidualne czy typowa rekrutacja masowa. Jednak rekrutacja grupowa zapewnia o wiele większą elastyczność przy eksploatacji źródeł pokarmu. Aby w pełni zrozumieć zalety szlaków zapachowych *F. cinerea* należy spojrzeć na tę mrówkę i jej środowisko okiem ekologa. Drugą mrówką, która obok *F. cinerea* najliczniej zasiedla suche łąki naszego kraju jest *Tetramorium caespitum*. Jest ona mrówką znacznie mniejszą, jednak równie terytorialną i agresywną co *F. cinerea*, do tego jej kolonie górują pod względem liczebności. Gdyby te dwa gatunki stosowały tę samą metodę żerowania, to z pewnością prowadziłyby to do licznych walk wyniszczających dla obu gatunków. Jednakże *T. caespitum* stosuje rekrutację grupową, więc podczas gdy *F. cinerea* eksploatuje duże i nieliczne źródła pokarmu za pomocą szlaków zapachowych, *T. caespitum* może dzięki swej bardziej elastycznej metodzie żerowania eksploatować źródła mniej zasobne, jednak liczniejsze i bardziej rozrzucone w terenie.

Tym sposobem oba gatunki uniknęły wyniszczającej konkurencji a natura po raz kolejny ujawniła swój geniusz...

Jeśli ktoś po przeczytaniu mojej pracy zainteresował się mrówkami na tyle, że chciałby zająć się ich hodowlą, to na stronach: formicopedia.org i antmania.pl znajdzie wszelkie niezbędne informacje (nie tylko o hodowli, ale o mrówkach w ogóle). Są to fora połączone z bazami artykułów o hodowli mrówek.

KONKURS O NAGRODĘ PREZESA POLSKIEGO TOWARZYSTWA PRZYRODNIKÓW im. KOPERNIKA

Kolejna edycja konkursu o Nagrodę Prezesa Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika, na najciekawszy artykuł opublikowany przez doktoranta w 110 tomie Pisma Przyrodniczego *Wszechświat* w roku 2009, została rozstrzygnięta. W okresie tym opublikowano 5 artykułów spełniających wymogi regulaminu konkursu.

Jury konkursu pod przewodnictwem Prof. dr hab. Elżbiety Pyzy, Prezesa Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika uznało, że laureatem nagrody została mgr Renata Szymańska, za artykuł – „Witamina E – leczy wszystko, oprócz złamanego serca”, który ukazał się w tomie 110, z. 1-3, str. 54-57 Pisma Przyrodniczego *Wszechświat*. Autorka jest doktorantką w Zakładzie Fizjo-

logii i Biochemii Roślin na Wydziale Biochemii, Biofizyki i Biotechnologii Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie.

Beneficjentka Nagrody Prezesa Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika otrzymuje nagrodę pieniężną w wysokości 1000 złotych, honorowy dyplom oraz prenumeratę rocznika Pisma Przyrodniczego *Wszechświat* w bieżącym roku.

Gratulujemy Autorce zdobytej nagrody!

Prezes Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika
Prof. dr hab. Elżbieta Pyza

PROFESOR JERZY GŁĄZEK (1936-2009)



Ryc. 1. Profesor Głazek u wejścia do Jaskini Goryczkowej w Tatrach podczas 38 Sympozjum Speleologicznego organizowanego przez Sekcję Speleologiczną PTP im Kopernika w 2004 r.

W dniu 3 lipca 2009, po 8-miesięcznej chorobie zmarł Profesor Jerzy Głazek, długoletni Przewodniczący Sekcji Speleologicznej Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika, a jednocześnie jeden z najwybitniejszych geologów i speleologów, ceniony w Polsce i na świecie.

Jerzy Głazek urodził się 10 lipca 1936 w Warszawie, jednak już w dzieciństwie, a potem w dorosłym życiu związany był z różnymi miejscami i regionami Polski. W dzieciństwie Profesor przebywał często w Bukowinie Tatrzańskiej, gdzie dom mieli jego dziadkowie ze strony matki, bywał jednak również często w Kielcach i w Górach Świętokrzyskich, z którymi wiązały go z kolei powiązania rodzinne ojca. Okres licealny spędził we Wrocławiu, gdzie też podjął studia geologiczne na Uniwersytecie Wrocławskim (lata 1953-55). Od III roku studia te – w wyniku reformy – kontynuował na Uniwersytecie Warszawskim. Tytuł magistra geologii uzyskał w 1959 r. na podstawie pracy *Zdjęcie geologiczne masywu Koszystej w Tatrach*. Już jako student, od 1956 r., był zatrudniony na Wydziale Geologii Uniwersytetu Warszawskiego pełniąc obowiązki asystenta. W roku 1966 Jerzy Głazek obronił rozprawę doktorską pt: *Budowa geologiczna okolic Lang-Khuan w Północnym Wietnamie na tle struktury południowo-wschodniej Azji*

(Nagroda III Stopnia Ministra Szkolnictwa Wyższego). Habilitację uzyskał w 1990 r. na podstawie rozprawy *Paleokarst of Poland*. W roku następnym (1991) Jerzy Głazek przeniósł się do Instytutu Geologii Uniwersytetu A. Mickiewicza w Poznaniu, gdzie objął kierownictwo Zakładu Geologii Dynamicznej i Regionalnej. Tytuł naukowy profesora w dziedzinie Nauk o Ziemi nadał Jerzemu Głazkowi prezydent RP w 1998 r. Od 2005 r. Profesor był członkiem korespondentem Polskiej Akademii Umiejętności.

Dorobek Profesora Jerzego Głazka jest bardzo wszechstronny i obejmuje ponad 400 artykułów, rozdziałów w książkach, prac popularno-naukowych i innych publikacji reprezentujących prawie wszystkie dziedziny geologii. Z tej liczby około 220 publikacji dotyczy zjawisk krasowych i jaskiń, z czego 60 to oryginalne prace naukowe, publikowane w czasopismach indeksowanych, międzynarodowych monografiach lub w materiałach międzynarodowych kongresów. Wśród tych prac do najważniejszych należą: rozdział *Karst of Poland* (z R. Gradzińskim i T. Dąbrowskim) w książce *Karst, important karst areas of the northern hemisphere* (Elsevier, Amsterdam, 1972) a także monografia: *Paleokarst, a systematic and regional review* (wspólne wydawnictwo Academia, Praha i Elsevier, Amsterdam, 1989), której Profesor był współredaktorem oraz współautorem (m.in. autorem rozdziału *Paleokarst of Poland*).

Jerzy Głazek prowadził badania zjawisk oraz form krasowych w Europie i Azji, w różnych strefach klimatycznych, porównując kras stref tropikalnych, klimatów umiarkowanych i obszarów subpolarnych. Uczestniczył również w badaniach najciekawszych stanowisk paleokrasowych odkrytych w różnych regionach Polski w ostatnich kilkudziesięciu latach, będąc często inicjatorem tych prac. Do najważniejszych jego osiągnięć w tym zakresie należą:

- badania stanowisk krasu kopalnego w Przewornie na przedpolu Sudetów z unikatową fauną kopalną owadów (z K. Galewskim i T. Wysoczańskim-Minkowiczem);
- badania stanowiska Kozi Grzbiet w Górach Świętokrzyskich o podstawowym znaczeniu dla interpretacji paleogeograficznych i paleoekologicznych plejstocenu (z L. Lindnerem, T. Wysoczańskim-Minkowiczem i innymi);
- badania jaskiń Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej, które zwróciły uwagę na obecność form krasu hipogenicznego na tym obszarze (z A. Szykiewiczem) oraz doprowadziły do wyróżnienia nowego typu tzw. jaskiń proglacialnych związanych z aktywnością wód pochodzenia lodowcowego (z J. Bednarkiem, A. Szykiewiczem, A. Wierzbowskim);
- badania jaskiń oraz krasowych przepływów wód w Tatrach, które doprowadziły do wyróżnienia trzech

typów przepływów (z Z. Wójcikiem i T. Dąbrowskim) i stwierdzenia obecności jaskiń proglacialnych w tych górach na przykładzie Jaskini Miętusiej, ostatnio zaś zaowocowały hipotezą o hydrotermalnym pochodzeniu Jaskini Bielskiej;

- stwierdzenie krasu hydrotermalnego w Górach Kaczawskich (z A. Kozłowskim);
- badania jedyne dotąd stanowiska paleontologiczno-archeologicznego w jaskiniach gipsowych Poniżnia;
- badania krasu dolnokredowego na Górze św. Anny (z A. Barczukiem).

Jerzy Głazek zapoczątkował w Polsce badania izotopowe nacieków jaskiniowych metodą U/Th (praca z R. Harmonem opublikowana w 1984 r.). Zakwestionował również wiodącą rolę klimatu w rozwoju krasu, ważniejszą rolę przypisując sytuacji przestrzennej, bądź charakterowi skały, oraz poglądy, że poziomo rozwinięte jaskinie stanowią podziemne przedłużenie powierzchniowych tarasów rzek.

Naukowy dorobek Profesora obejmuje, oprócz badań stanowisk i procesów krasowych, zagadnienia z dziedziny geologii regionalnej, tektoniki, paleontologii i hydrogeologii. Jerzy Głazek udokumentował (wraz z J. Kutkiem) ryftową ewolucję Gór Świętokrzyskich w mezozoiku; opisał ruchy tektoniczne wzdłuż strefy Teisseyre'a-Tornquista; podważył istnienie orogenu kaledońskiego w NW Polsce; na podstawie obserwacji geologicznych w Azji Południowo-Wschodniej zakwestionował równowiekowość ruchów górotwórczych na kuli ziemskiej; opracował metodę rozpoznawania kręgów ramion węzłowieł w płytkach cienkich (z A. Radwańskim); opisał dolnocenomańskie skamieniałości śladowe (z R. Marcinowskim i A. Wierzbowskim). Jednym z najważniejszych odkryć Profesora była weryfikacja datowań (odmłodzenie o 200 000 lat) martwic ze szczątkami hominidów z Bilzingsleben w Niemczech opublikowana w *Nature* (z R. Harmonem i K. Nowakiem).

W latach 1981-86 Jerzy Głazek był zastępcą sekretarza Generalnego Międzynarodowej Unii Speleologicznej (UIS), zaś w latach 1977-1986 – sekretarzem Komisji Speleoarcheologii tej organizacji. Profesor był wielokrotnie wybierany lub powoływany do różnych naukowych ciał kolegialnych i redakcyjnych. Był członkiem Komitetu Geologicznego PAN oraz Rady Naukowej Muzeum Ziemi PAN, wchodził w skład redakcji czasopism: „Speleologia” (1967-1976), „Kras i speleologia” (od 1977), „Slovenský kras” (od 1999), „Acta Geologica Polonica” (1996-1999) oraz „Geologos”

(1998-2007, redaktor naczelny). Wiele razy był wyróżniany nagrodami JM Rektorów UW i UAM, 3 razy Nagrodą Ministra. Otrzymał także Złoty Medal na VI Międzynarodowym Kongresie w Ołomuńcu (1973), Złoty Krzyż Zasługi (1977), Krzyż Kawalerski Polonia Restituta (1987), medal z okazji 30-lecia Zarządu Jaskiń Słowackich (1999), Medal Komisji Edukacji Narodowej (2002) oraz Honorowy Medal Słowackiego Muzeum Ochrony Przyrody i Jaskinioznawstwa.

Profesor bardzo dużą rolę przywiązywał do pracy dydaktycznej. Był współautorem wielokrotnie wznawianego *Przewodnika do ćwiczeń z geologii dynamicznej*, wypromował ponad 40 magistrantów i 6 doktorów.

Aktywność speleologiczna i speleologiczno-dydaktyczna Profesora była ściśle związana z jego zaangażowaniem w działania Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika. Profesor Głazek aktywnie uczestniczył w pracach Sekcji Speleologicznej PTP prawie od początku jej istnienia (Sekcja powstała w 1964 r.). W drugiej połowie lat sześćdziesiątych XX w. był animatorem ustanowienia Nagrody im. M. Markowicz-Łohinowicz, przyznawanej za wybitne publikacje z dziedziny badań jaskiń i krasu. W ostatnich zaś latach przyczynił się do wznowienia tradycji przyznawania Medalu jej imienia (zamiast nagrody). Od 1981 r. był Przewodniczącym Sekcji Speleologicznej, będąc wybieranym przez członków Sekcji na kolejne kadencje. Jako Przewodniczący Sekcji miał głos decydujący przy wyborze miejsc odbywania corocznych sympozjów speleologicznych. Uczestniczył w tych sympozjach i wielokrotnie zabierał głos podczas ich sesji referatowych oraz terenowych.

Uczestnicząc w sympozjach, i bieżącej działalności Sekcji, Profesor koncentrował wokół siebie wszystkich, którzy naukowo lub hobbistycznie zainteresowani byli badaniami jaskiń – nie tylko geologów, lecz również biologów, hydrologów, paleontologów, archeologów a nawet znawców sztuki jaskiniowej. Wychował w ten sposób kilka pokoleń speleologów. Był dla nas Nauczycielem i Mistrzem, ale był również przyjacielem wielu z nas. Być mistrzem i zarazem przyjacielem, to trudna sztuka. Bo mistrz to ktoś, kto wiele wie i przekazuje swą wiedzę innym, zaś przyjaciel – to człowiek życzliwy i otwarty na sprawy innych, który stara się zrozumieć i pomóc innym. Trudno zaś być jednocześnie autorytetem i pomocnikiem, ale Profesorowi udawało się godzić te dwie role. Tym bardziej będziemy odczuwać Jego brak wśród nas.

Ditta Kicińska & Jan Urban

Sprostowanie

W tomie 110, nr 10-12 *Wszechświata* w artykule Waldemara Celarego *Wpływ antropopresji na zmiany bioróżnorodności na przykładzie wybranych grup owadów* autorem zdjęcia na ryc. 7 jest Piotr Sura. Autor artykułu przeprasza za pomyłkę.

