

WSZECHŚWIAT

PISMO PRZYRODNICZE

Tom 111 Nr 4–6

Kwiecień – Maj – Czerwiec 2010

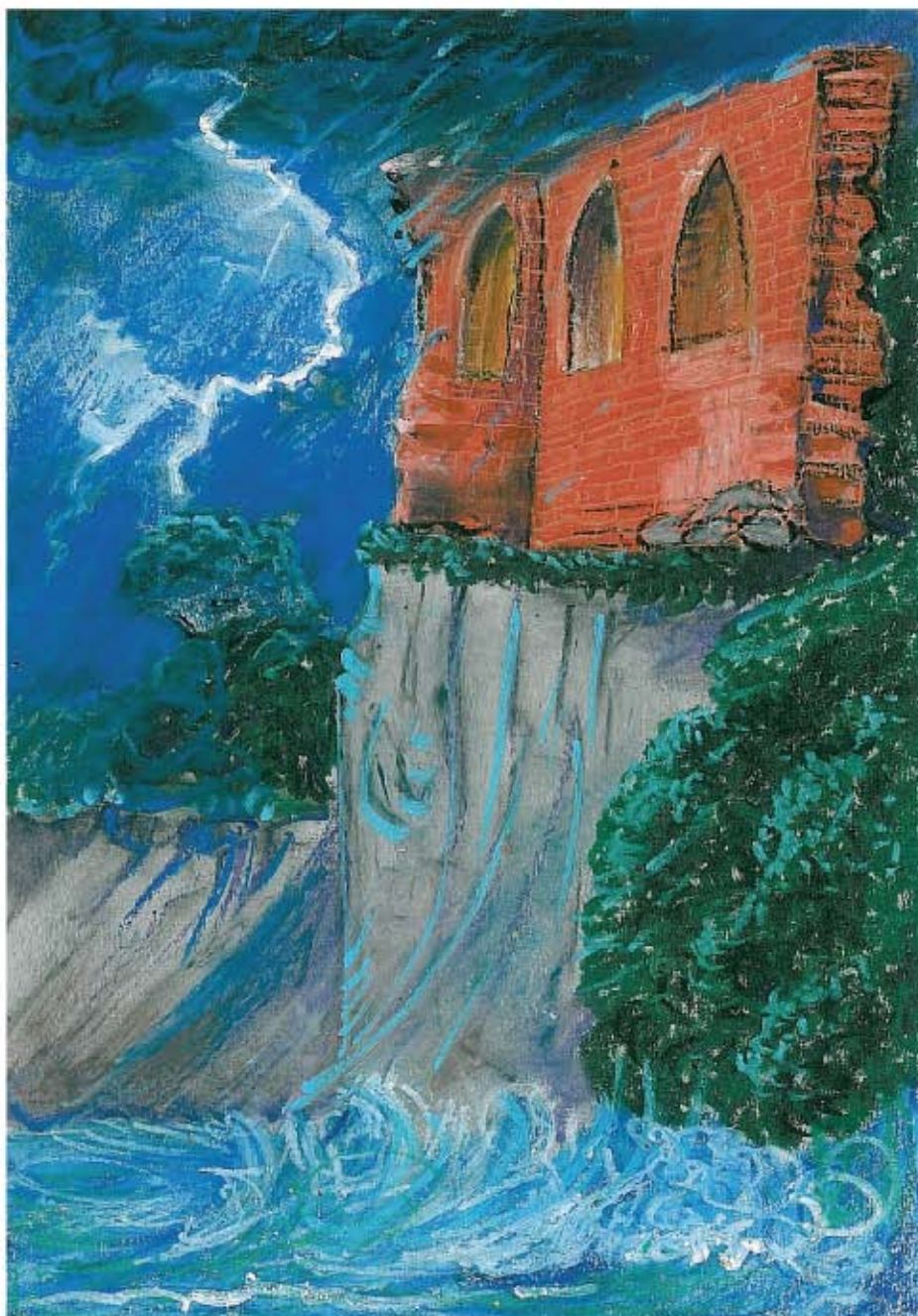
*Ogólnopolski
Konkurs
Geologiczno-
Środowiskowy
Nasza Ziemia –
Środowisko
Przyrodnicze
Wczoraj,
Dziś i Jutro*

*Drosophila
melanogaster –
najlepszy przyjaciel
neurobiologa*

Pijawka z haczykami

*Strategie obronne
owadów*

*Pomiary
bez oddziaływania*



ISSN 0043-9592



9 770043 959009 >

DO CZYTELNIKÓW

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 zeszytem 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 Płytycz, Marek Sanak, Januariusz 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 700 egz.

KONKURS DLA DOKTORANTÓW O NAGRODĘ PREZESA POLSKIEGO TOWARZYSTWA PRZYRODNIKÓW IM. KOPERNIKA NA NAJLEPSZY ARTYKUŁ POPULARNO-NAUKOWY

Popularyzowanie nauki, wbrew pozorom, nie jest łatwym zajęciem, ponieważ wymaga umiejętności mówienia i pisania o rzeczach nowych i trudnych w sposób przystępny i zrozumiały. Zdobycie tej umiejętności wymaga odpowiedniego treningu. Konkurs ten stwarza taką okazję i ma na celu wyłonienie najlepszych, młodych popularyzatorów nauki. Uczestnikiem konkursu może być doktorant dowolnego kierunku studiów, który opublikuje w 2010 roku artykuł w czasopiśmie *Wszechświat*. Zostanie przyznana nagroda w wysokości 1000 PLN za pierwsze miejsce w konkursie. Wyniki konkursu zostaną ogłoszone w pierwszym zeszycie *Wszechświata* w marcu 2011.

Prof. dr hab. Elżbieta Pyza

DO CZYTELNIKÓW

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 zeszytem 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 Płytycz, 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 700 egz.

KONKURS DLA DOKTORANTÓW O NAGRODĘ PREZESA POLSKIEGO TOWARZYSTWA PRZYRODNIKÓW IM. KOPERNIKA NA NAJLEPSZY ARTYKUŁ POPULARNO-NAUKOWY

Popularyzowanie nauki, wbrew pozorom, nie jest łatwym zajęciem, ponieważ wymaga umiejętności mówienia i pisania o rzeczach nowych i trudnych w sposób przystępny i zrozumiały. Zdobycie tej umiejętności wymaga odpowiedniego treningu. Konkurs ten stwarza taką okazję i ma na celu wyłonienie najlepszych, młodych popularyzatorów nauki. Uczestnikiem konkursu może być doktorant dowolnego kierunku studiów, który opublikuje w 2010 roku artykuł w czasopiśmie *Wszechświat*. Zostanie przyznana nagroda w wysokości 1000 PLN za pierwsze miejsce w konkursie. Wyniki konkursu zostaną ogłoszone w pierwszym zeszycie *Wszechświata* w marcu 2011.

Prof. dr hab. Elżbieta Pyza



PISMO POLSKIEGO TOWARZYSTWA PRZYRODNIKÓW IM. KOPERNIKA

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

TOM 111
ROK 128

KWIECIEŃ - MAJ - CZERWIEC 2010

ZESZYT 4-6
2556-2558

MAK – PIĘKNY I NIEBEZPIECZNY

Roman Karczmarchuk (Wrocław)

*Stoi palka, na niej galka,
Mógłbym przysiąc, że w niej tysiąc*

Wywód tej popularnej zagadki z naszych dziecięcych lat jest bliski prawdy, bo w puszcze maku lekarskiego, zależnie od jej rozmiarów, znajdujemy od dwóch do trzech tysięcy nasion.

Mak (*Papaver* L.), rodzaj z rodziny makowatych – *Papaveraceae* Juss., obejmuje ponad 100 przeważnie jednorocznych gatunków, rodzimych w umiarkowanej i chłodnej strefie półkuli północnej. Tylko jeden gatunek, *P. aculeatum*, egzystuje w południowej Afryce i w Australii.

W Polsce na naturalnych stanowiskach rosną cztery następujące gatunki: mak alpejski (*P. alpinum*), dostrzegany niekiedy w piętrach kosówki i alpejskim Tatr, gdzie tworzy darnie na podłożu wapiennym; ma białe kwiaty z żółtawą nasadą płatków i często ozdobi ogródki skalne; mak polny (*P. rhoeas*) – chwast segetalny, powszechny na obszarze całego kraju, aż do niższych pięter górskich. Mak piaskowy (*P. argemone*), pospolity na niżu składnik zbiorowisk piaszczystych; mak wątpliwy (*P. dubium*) spotykany rzadko na niżu w zbiorowiskach segetalnych i ruderalnych.

Największe znaczenie gospodarcze ma nieznany w stanie dzikim mak lekarski (*P. somniferum*). Etymologia nazwy rodzajowej jest niepewna i być może



Ryc. 1. Mak lekarski (*Papaver somniferum*). Za: Franz Eugen Köhler, Köhlers Medizinal-Pflanzen [...], 1883–1914.

wiąże się ze starożytnym językiem literackim Indii – sanskrytem, gdzie *papaver* znaczy „zgubny sok” lub

„puchnąć”. Natomiast nazwa gatunkowa, pochodząca od łacińskich słów: *somnus* – sen, i *fero* – niosę, przypomina o jego zdolnościach usypiających.



Ryc. 2. Mak lekarski (*Papaver somniferum*) – kwiat. Fot. M. Mularczyk

Prezentowany takson osiąga wysokość 150 cm, a prosta, gęsto ulistniona łodyga rozdziela się w górnej części na 1–4 pędy. Wszystkie liście są powleczone nalotem woskowym. Sporej wielkości kwiaty mają płatki białe lub kolorowe, zielony zaś kielich tworzą dwie działki opadające podczas rozkwitania. Niezbyt rozgałęziony korzeń palowy dochodzi do długości 120 cm. Do wszystkich organów docierają rurki mleczne zawierające różne związki, m.in. alkaloidy. Pełnia rozwoju kwiatu trwa zaledwie jeden dzień i najczęściej odbywa się samozapylenie, ale ze względu na wielką ilość pyłku zwabiającego owady może też nastąpić obcozapylenie. Będąc rośliną długiego dnia, mak w okresie wegetacji nie toleruje nawet niezbyt dużego zacienienia. Przejawia się to wyrażeniem mniejszym plonem nasion, makowin oraz zasobem morfiny. Badania wykazały, że jeśli dzień trwa zaledwie sześć godzin, to rośliny nie osiągają fazy generatywnej. Jakkolwiek kielkowanie ma miejsce już w temperaturze 2°C, a siewki nie giną podczas spadku ciepłoty do –5°C, to jednak w okresie kwitnienia nieodzowny jest wzrost temperatury od 19 do 22°C. Najwięcej wody rośliny potrzebują w początkowej fazie rozwoju. Jej deficyt sprawia, że rosną słabo i zawiązują mniej torebek. Mak wymaga gleb żyznych, bogatych w próchnicę i wapń oraz dobrze zasilanych nawozami. Najbardziej łaknie azotu, który decyduje o plonie nasion i makówek.

Już w młodszej epoce kamienia – neolicie, zbierany mak wzbogacał ubogi jadłospis człowieka, a w brązie stanowił dodatek do wyrobu placków. Najstarsze nasiona, liczące 3500 lat, odkryto w palafitach Szwajcarii, południowych Niemiec i północnej

Italii, a o tysiąc lat młodsze zidentyfikowano w hiszpańskiej jaskini koło Grenady. Ustalono, że był to *Papaver somniferum* var. *antiquum*, podobny do dzikiego maku szczeciniastego (*P. setigerum*). Analogiczny takson pochodzi z naszych znalezisk reprezentujących kulturę łużycką w Biskupinie oraz z okresu wczesnopiastowskiego. Mak szczeciniasty występuje na rodzimych miejscach w basenie Morza Śródziemnego, począwszy od Maroka, Hiszpanii, Algierii i południowej Francji po Korsykę, Sycylię i Włochy, a następnie osiąga Grecję oraz Cypr. Prawdopodobnie dał on początek wszystkim uprawnym formom. O znajomości maku wśród Egipcjan w IV tysiącleciu a.C. świadczą szczątki napotymane w grobowcach, jak też wizerunki na malowidłach sepulkralnych. O właściwościach rośliny wspomina poeta grecki, autor *Iliady* i *Odysei*, Homer (VIII w. p.n.e.). W mitologii greckiej makówka symbolizowała nie tylko płodność, lecz również utożsamiała się ze snem i śmiercią. Bogini pól i urodzajów Demeter, po uprowadzeniu jej córki Persefony przez władcę świata podziemnego – Hadesa, spożywała makówki, aby odzyskać spokój. Przedstawiano ją, podobnie jak boga śmierci Tanatosa, z makówkami w ręku. Również bóg snu Hypnos był uwiódziony z łodygami maku i makówkami w dłoniach. O ówczesnym zainteresowaniu makiem dowiadujemy się ponadto ze wzmianek uczonego i filozofa Teofrasta z Eresos na wyspie Lesbos (370–287), botanika i lekarza Dioskuridesa (I w. *post Christum natum*) oraz Alkmana z Sardes (VII w. a.C.), przedstawiciela liryki chóralnej. Ojciec medycyny Hipokrates z Kos (ok. 460–377) zalecał pacjentom, celem uśmierzania bólu, napój z maku „mekonion”.



Ryc. 3. Mak polny (*Papaver rhoeas*) w Ogrodzie Botanicznym Uniwersytetu Wrocławskiego. Fot. M. Mularczyk

Oprócz tego wartościowe spostrzeżenie pochodzi z pism takich rzymskich luminarzy, jak *ad exemplum* poeta Wergiliusz (Publius Vergilius Maro, 70–19), autor dzieła o rolnictwie Kolumela z Gades (Lucius Iunius Moderatus Columella, I w. n.e.) oraz przyrodnik

Pliniusz Starszy, czyli Caius Plinius Secundus (23–79), który m.in. podaje, że dawnym Egipcjanom, w przeciwieństwie do Hebrajczyków, nie były obce lecznicze walory maku. W antycznym Rzymie kultywowano go już w czasach dominacji królów etruskich. Stanowił dodatek do zboża przeznaczonego na chleb. W średniowieczu uprawy obejmowały kraje leżące na północ od Alp. Mak widnieje w spisie pożytecznych roślin *Capitulare de villis* – króla Franków i Longobardów Karola Wielkiego (742–814). Sporo danych o nim spotykamy w herbarzach profesora botaniki z Akademii Krakowskiej – Szymona Syreńskiego, czyli Syreniusa (1541–1611) oraz znanego przyrodnika i agronoma, księdza Krzysztofa Kluka (1739–1796) z Ciechanowca na Podlasiu.



Ryc. 4. Mak polny (*Papaver rhoeas*) – kwiat. Fot. M. Mularczyk

Jest rzeczą znaną, że Chińczycy spotkali się z makiem dopiero w VII stuleciu *post Christum natum*, ale typy zasobne w morfinę dotarły tam w wieku następnym, dzięki współpracy handlowej z Arabami. W podobny sposób został wprowadzony do Indii, gdzie jednak opium nie było znane aż do XIII stulecia. Zwyczaj stosowania opium w celach leczniczych, a następnie narkotycznych, pochodzi przypuszczalnie z Azji Mniejszej, skąd zaczął się rozpowszechniać m.in. w starożytnej Grecji, Egipcie i Rzymie. Warto przypomnieć, że w Helladzie posługiwano się nim nawet przy uśmiercaniu skazańców. Do ekstraktu ze szczwołu plamistego (*Conium maculatum*), zasobnego w bardzo toksyczny alkaloid koniinę, dodawano opium, aby zmniejszyć męczarnie delikwenta. Za pomocą takiego napoju stracono w Atenach wybitnego filozofa, nauczyciela Platona, Sokratesa (469–399), któremu zarzucano bezbożność i demoralizację młodzieży. Można jeszcze nadmienić, że o uznaniu opium za pospolity środek terapeutyczny w Europie, zdecydował niemiecki lekarz i przyrodnik Theophrastus Bombastus von Hohenheim Paracelsus (1493–1541).

W nasionach maku stwierdzono 38–50% oleju, 18–25% białka, 20–24% tokoferoli (wit. E), 5,15% popiołu zawierającego 70% K_2O (tlenku potasu), 0,05% Na_2O (tlenku sodu) 1,8% MgO (tlenku magnezu), 1,62% P_2O_5 (pentatlenku difosforu), 0,17% SO_2 (ditlenku siarki) oraz 0,24% Cl (chloru). Oprócz tego wykryto w makówkach i częściowo w słomie 25 alkaloidów, spośród których największe znaczenie mają morfina i kodeina (pochodne fenantrenu), papaweryna z grupy benzyloizochinoliny, a ponadto narkotyna (pochodna protoberberyny).

Najwięcej maku kultywuje się w Indiach, Chinach, Afganistanie, Iranie i Turcji, głównie celem uzyskania opium, czyli zaszuszonego soku mlecznego bogatego w alkaloidy o właściwościach narkotycznych. Otrzymuje się go po nacięciu niedojrzałych makówek z 10-centymetrowym odcinkiem łodygi. Trzeba wyjaśnić, że określenie „opium” powstało z greckiego *opion* – sok roślinny. Posługiwano się również synonimem „laudanum”, którym w średniowieczu nazywano wszystkie substancje o działaniu nasennym i przeciwbólowym. Rozpowszechniona była też nazwa mekonium (gr. *mekon* lub *makon* – mak).

Najważniejszy alkaloid – morfina, ogranicza wrażliwość ośrodką kaszlu, a ponadto osłabia czynność ośrodką oddechowego. W dozwolonych ilościach wywiera wpływ uspokajający, eliminuje ból i powoduje senność. Przyjmowana często oraz w nadmiarze jest m.in. przyczyną głębokiego snu, zapaści i zwężenia źrenic. Ponadto hamuje perystaltykę jelit, wywołuje obstrukcję i zwalnia przepływ żółci do dwunastnicy. Przyczynia się nie tylko do upośledzenia zdrowia fizycznego, lecz również prowadzi do bardzo niebezpiecznych i nieodwracalnych zmian psychicznych, kończących się śmiercią, często samobójczą.



Ryc. 5. Mak wschodni (*Papaver orientale*) – kwiat. Fot. M. Mularczyk

Próby ochrony społeczeństwa przed zgubnym wpływem nałogu mają długą tradycję i wykazują, że niejednokrotnie kończyły się fiaskiem. Już w XVIII stuleciu rząd chiński przeciwdziałał importowi opium i zwalczał jego palenie. Jednakże nie

docenił determinacji tych, dla których pomnażanie bogactwa było nadrzędnym celem, bez względu na stwarzanie śmiertelnego zagrożenia dla milionów ludzi. Takim klasycznym przykładem są wojny opiumowe prowadzone w XIX stuleciu przez Wielką Brytanię i Francję przeciw Chinom. Pretekstem do zbrojnej



Ryc. 6. Mak wschodni (*Papaver orientale*) – owoc zwany makówką. Fot. M. Mularczyk

interwencji było zniszczenie w Kantonie zapasu opium będącego własnością kupców angielskich. W istocie Anglikom chodziło o skłonienie Państwa Środka do zniesienia wszelkich ograniczeń handlowych. Trwające w latach 1841–1842 walki dowiodły słabości Chin, a od zdobycia Kantonu przez Anglików uratował je wysoki okup. Po otrzymaniu uzupełnienia z Indii wojska brytyjskie wkroczyły do Szanghaju, a okręty napastników na rzece Jangcy zaczęły zagrażać Nankinowi. Wymuszony traktat zapewniał cudzoziemcom otwarcie pięciu portów dla nieograniczonego przepływu towarów. Nie zadowolono to jednak Anglików i u schyłku 1856 roku razem z Francuzami rozpoczęli kolejną kampanię, podczas której opanowali i ograbili Kanton, a następnie z Szanghaju, gdzie zostali wzmocnieni przez rosyjskich i amerykańskich interwentów, flota brytyjsko-francuska wysadziła żołnierzy w porcie Dag niedaleko Pekinu. W upokarzającym traktacie tienneńskim (czerwiec 1858) nastąpiło nie tylko otwarcie dalszych 11 portów, lecz również zezwolenie na niekontrolowaną penetrację wnętrza kraju. Odmowa ratyfikacji podpisanych zobowiązań spowodowała wznowienie walk, zakończonych zajęciem stolicy państwa. W narzuconych umowach pekińskich Chińczycy musieli pójść na dalsze ustępstwa, znacznie ograniczające ich suwerenność.

Opium napływało w coraz większych ilościach, a zysk inicjatorów tego ohydneho procederu wzrastał niepominiernie. Z czasem nosiciel tego nieszczęścia objął w posiadanie inne połacie tej największej części świata i następnie rykoszetem poszybował w kierunku majątnych struktur zachodnich. Wzmocniony po drodze takimi „specyfikami”, jak *ad exemplum* heroína, marihuana, kokaina i wiele innych, stał się poważną groźbą dla naszej cywilizacji. Powstały silne i bezwzględne kartele narkotykowe, których roczny dochód wynosi 300 miliardów dolarów. Walka z tą zorganizowaną przestępczością napotyka na ogromne trudności, m.in. dlatego, że ubogim krajom zależy na zwiększeniu produkcji narkotyków celem wzmocnienia lichego budżetu. Jeżeli w ostatnich latach powierzchnia upraw maku lekarskiego na obszarze Złotego Trójkąta, na pograniczu Tajlandii, Laosu i Birmy, została bardzo ograniczona, to nastąpiło opanowanie rynku przez Afganistan, gdzie zwiększyła się ona z 74 tys. ha w roku 2002 aż do 200 tys. ha w sześć lat później. Z podobnym problemem zmagają się Laos i Birma, którym udało się wprowadzić w znacznej mierze uniemożliwić dostęp do trucizny, lecz natychmiast dotarły tu stymulanty i mieszanki farmaceutyków o działaniu znacznie bardziej destrukcyjnym.



Ryc. 7. Mak atlaski (*Papaver atlanticum*) z Maroka – kwiat. Fot. M. Mularczyk

Zasady uprawy maku w naszym kraju reguluje ustawa z dnia 24 kwietnia 1997 roku o zwalczaniu narkomanii. Dowiadujemy się m.in., że mak wysokomorfinowy może być uprawiany jedynie na potrzeby przemysłu farmaceutycznego i nasiennictwa, natomiast niskomorfinowy tylko na cele spożywcze i nasienne. Minister rolnictwa wraz z ministrem zdrowia wyznacza globalną powierzchnię na coroczną uprawę oraz rejonizację z podziałem na poszczególne województwa. Wojewoda zaś decyduje o powierzchni kultywacji w gminach. Po zbiorze słoma z maku musi być zniszczona. Największy areal uprawy (8346 ha) był w roku 1995, a najmniejszy (1080 ha) w 2002. Od trzech lat oscyluje w pobliżu 1000 ha. Znikoma

produkcja maku w Polsce wynika z utrudnień prawnych, niskich cen, niechęci przemysłu farmaceutycznego oraz znacznego importu z Czech: w 2003 roku – 5406 t, czyli pięciokrotnie przekraczającego nasze zbiory.



Ryc. 8. Maczek kalifornijski (*Eschscholzia californica*). Fot. M. Mularczyk

W 2007 roku najwięcej maku spożywczego wyprodukowały Czechy – 33755 t, drugie miejsce zajęła Francja – 3500 t, trzecie Węgry – 3300 t, czwarte zaś Niemcy – 2800 t.

Oprócz morfiny inne alkaloidy maku lekarskiego są stosunkowo bezpieczne i uplasowały się na widocznym miejscu w terapii. Należy do nich m.in. kodeina, która w dozwolonych porcjach wpływa depresyjnie na ośrodek kaszlu w rdzeniu przedłużonym i oddziałuje w słabym stopniu na inne ośrodki i narządy, w tym na korę mózgową. Z tej przyczyny nie eliminuje w dostatecznym zakresie bólu i nieznacznie hamuje perystaltykę jelit. Cieszy się natomiast powodzeniem, jako skuteczny lek przeciwkaszlowy. Na receptę można otrzymać tabletki Codeinum phosphoricum (Polfa) oraz takie preparaty z kodeiną, jak na przykład Thiocodin (Unia), tabletki łagodzące odruch kaszlowy.

Silnym działaniem przeciwkaszlowym odznacza się również narkotyna, która nie wywołuje przyzwyczajeń, nie osłabia perystaltyki jelit i nie kurczy mięśni oskrzeli. Skutecznie zwalcza uporczywy kaszel występujący przy dychawicy oskrzelowej i rozedmie płuc.

Natomiast papaweryna łagodzi napięcie mięśni gładkich jelit, dróg żółciowych, oskrzeli, miedniczek nerkowych, moczowodów i naczyń krwionośnych. Stosuje się ją w kolce jelitowej, żółciowej, kurczach żołądka i pęcherza oraz w dychawicy oskrzelowej. Stanowi składnik preparatu Eucardin (Unia) – są to tabletki zalecane w schorzeniach wieńcowych, Theopaverin (Polfa) – pastylki rozszerzające naczynia krwionośne, działające moczopędnie, a ponadto zmniejszające napięcie mięśni gładkich żołądka i dróg żółciowych, Tolargin (Polfa) – czopki zalecane w skurczach i bólach jamy brzusznej.

Mak polny (*Papaver rhoeas*) jest również rośliną jednoroczną z rodziny makowatych, pochodzącą prawdopodobnie z obszaru śródziemnomorskiego. Na naturalnych stanowiskach rośnie w różnych połaciach Europy, także w Polsce. Jego pojedyncza lub rozgałęziona łodyga, zawierająca biały sok mleczny, osiąga wysokość 90 cm, a szarozielone liście są pierzastodzielne lub -wrębne, o odcinkach wydłużonych bądź lancetowatych, ząbkowanych i owłosionych. Duże, promieniste kwiaty o płatkach czerwonych, do 4,5 cm długości, charakteryzują się czarną plamą u nasady. Owocem jest wielonasienna torebka, pod której tarczą są otworki ułatwiające rozsiew nasion. Mogą one przeleżeć w ziemi bardzo długo, a kiełkują już w temperaturze 1°C. Surowcem farmaceutycznym są płatki rozwijających się kwiatów – Flos Rhoeades (Flos Papaveris rhoeades), zrywane bez uszkodzeń od maja do sierpnia i niezwłocznie suszone w cieniu i przewiewie albo w suszarniach o temperaturze do 30°C. Podczas tego procesu ich kolor czerwony przechodzi w różowawofioletowy. W kwiatach maku polnego stwierdzono nie tylko alkaloid reodynę, zaliczaną do tzw. papawerubin, lecz również alkaloidy izochinolinowe, antocyjany, m.in. cyjaninę i mekocyjaninę, kwasy organiczne (np. mekonowy), fitosterol, związki śluzowe oraz sole mineralne.

Surowiec ogranicza podrażnienia błony śluzowej górnych dróg oddechowych i zmniejsza intensywne odruchy kaszlowe. Aplikowany młodocianym oraz starszym wpływa uspokajająco i nieraz sprowadza senność. Odwary z kwiatów w postaci napoju są pomocne w nieżytach jamy ustnej i gardła, a poza tym mogą wyeliminować suchy, męczący kaszel. Stwierdzono też celowość ich użycia do płukania przy zapaleniu jamy ustnej, dziąseł i gardła, jak również do irygacji przy stanach zapalnych pochwy.

Niektóre maki są bardzo dekoracyjne i cieszą nasze oczy pięknem barw. Do często uprawianych w ogrodach należy mak wschodni (*Papaver orientale*), rodzimy w Azji Mniejszej i w rejonie Kaukazu. Jego łodygi dochodzą do wysokości 120 cm, kwiaty zaś, o średnicy 15 cm, mają ceglastoczerwone płatki z czarnymi plamami u nasady. Eksploatowany jest w różnych odmianach, jako bylina parkowa i rabatowa.

Pochodzący z tych samych obszarów i podobny do poprzedniego, wieloletni mak przykwiatkowy (*P. bracteatum*) osiąga wysokość 150 cm, a jego kwiaty odznaczają się kolorem krwistoczerwonym, przeważnie bez plam czarnych. Do celów ozdobnych wykorzystuje się z powodzeniem wielobarwne odmiany.

Spośród gatunków jednorocznych największą wartość dla terenów zieleni mają liczne różnobarwne mieszańce i odmiany maku lekarskiego i polnego.

Oprócz tego w uprawie ogrodowej znalazł zastosowanie dwuletni mak syberyjski (*P. nudicaule*) o kwiatach pojedynczych w kolorze białym, różowym lub pomarańczowym.

Z dojrzałych nasion maku można otrzymać jadalny olej, który służy również do produkcji portretowych farb olejnych. Natomiast pozostałe po wytłoczeniu makuchy stanowią doskonałą paszę dla zwierząt.

Jeszcze nie tak dawno delectowano się makiem znacznie częściej. Nie zapomniano o kluskach z makiem, a wyśmienite kajzerki – niem. Kaisersemmel = cesarska bułka – obficie znaczone tym specjałem, były na stołach codziennym elementem śniadaniowym. Ponadto nie mogło zabraknąć kutii, tradycyjnej potrawy wigilijnej, sporządzanej z gotowanej pszenicy, miodu, maku i bakalii. Mało kto wie, że ongiś spożywano ją też po nabożeństwie żałobnym. Wielkim popytem cieszyły się niezwykle smaczne lwowskie precle, wypiekane z grubą warstwą maku. Obecnie dość częstym smakołykiem są makowniki i torty makowe. Poza tym nasiona maku wykorzystuje się do ozdabiania i aromatyzowania pieczywa, a zmielone stanowią często dodatek do niektórych mieszanek przyprawowych.

Wyraz „mak” spotykamy w różnych trafnych powiedzonkach, przysłowiach i utworach muzycznych.

„Cisza jak makiem zasiał” – wynika to z tego, że podczas wiatru sianie tych miniaturowych nasion napotyka na duże trudności. Makówką określano głowę: „Hej, Gerwazy, daj gwintówkę! Niechaj strąć tę makówkę” (*Zemsta* Aleksandra Fredry). „Nie urodzi mak, przybędziem i tak”. „Pisać maczkiem” – bardzo drobne pismo.

Czerwone maki – krew. „Czerwone maki na Monte Cassino zamiast rosy piły polską krew” („Czerwone maki” Feliksa Konarskiego, refren). „Sianie maku” – wywoływanie niepokoju. Złoty maczek kalifornijski (*Eschscholzia californica*) – godło Kalifornii.

Z przedmiotem naszych rozważań wiąże się również nazwy miejscowości. Najbardziej znane, to Maków Mazowiecki, miasto w województwie mazowieckim. Nazwa zawarta w falsyfikacie mogileńskim datowanym na rok 1065, lecz przypuszczalnie napisanym dopiero w XII stuleciu (Macow). W źródłach średniowiecznych widnieje też forma Makowo (1435). Nieco młodszy rodowód posiada Maków Podhalański, miasto w województwie małopolskim. Nazwa tego miasta znana od XIV wieku (Makow, 1378).

Z makiem związane są także liczne polskie nazwiska, takie jak: Makaj, Makal, Makalski, Makala, Makałowski, Makan, Makasewicz, Makaś, Makieła, Makiewicz, Makoch, Makochon, Makochowski, Makowiak, Makowicz, Makuchowski i wiele innych.

Dr Roman Karczmarczyk jest emerytowanym nauczycielem.

MUSZKA – NAJLEPSZY PRZYJACIEL NEUROBIOLOGA

Milena Damulewicz (Kraków)

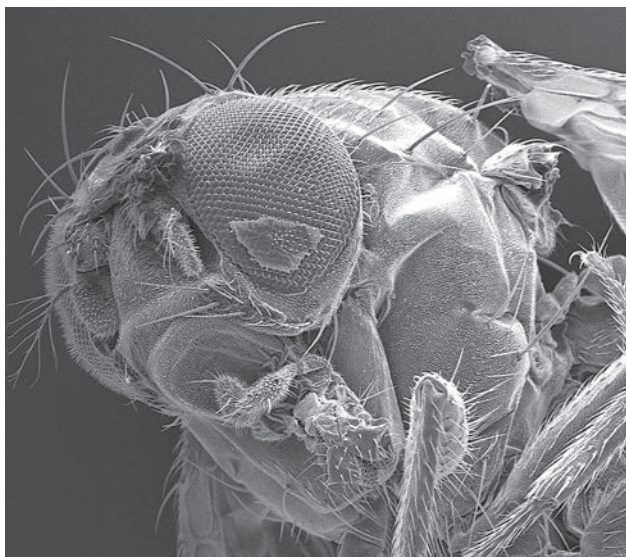
Kiedy słyszymy słowo „owocówka” od razu przed oczami staje nam obraz małej muszki, która pojawia się znikąd w naszej kuchni zwabiona zapachem zostawionego na talerzu kawałka jabłka czy cytryny. Większość osób reaguje obrzydzeniem na widok tego małego owada. W Australii ta niechęć doprowadziła do wprowadzenia tzw. „strefy wolnej od muszki owocowej” – przez granicę tej strefy nie można przewozić żadnych owoców pod karą wysokiej grzywny. Owocówka potrafi być niezwykle uciążliwa, ale może warto bliżej się jej przyjrzeć, bo ma ona wielkie zasługi na polu nauki, m.in. przy tworzeniu chromosomalnej teorii dziedziczności.

Łacińska nazwa gatunkowa muszki owocówki – *Drosophila melanogaster* – oznacza „czarnobrzucha miłośnicza rosy”. Skąd taka romantyczna nazwa? Muszka owocowa pochodzi z terenów pustynnych,

stąd jej aktywność ograniczona jest do wczesnych godzin porannych i późnych wieczornych. Taki rytm pozwalał jej przodkom unikać południowego upału. Nazwa świetnie oddaje więc „upodobania” owada do pory dnia, w której pojawia się rosa. Polska nazwa gatunkowa – wywilżna karłowka – również brzmi nieco egzotycznie.

Muszka owocówka jest doskonałym organizmem modelowym do badań behawioralnych, genetycznych czy farmakologicznych. Jako zwierzę laboratoryjne muszka konkuruje nawet z gryzoniami, gdyż jej hodowla jest tańsza i nie zajmuje wiele miejsca, ponieważ muszki hodoje się w kolbach, dzięki czemu całe populacje zajmują niewielką przestrzeń. W naturalnych warunkach muszki żywią się drożdżami rozwijającymi się na gnijących owocach. W warunkach laboratoryjnych ich hodowla nie sprawia więc wiele

kłopotów, gdyż standardowa pożywka złożona jest z mączki kukurydzianej, drożdży i miodu. Kolejną korzystną cechą *D. melanogaster* jest to, że posiada ona bardzo krótki cykl rozwojowy. Młoda muszka już po 6 godzinach od wyjścia z poczwarki jest zdolna do zapłodnienia. Samica może złożyć 400–800 jaj, z których już następnego dnia wylęgają się larwy. Po 5 dniach żerowania larwy tworzą poczwarki, w których w ciągu kolejnych 4–5 dni dochodzi do przeobrażenia w formę dorosłą – imago. Pełny cykl życiowy trwa więc w sprzyjających warunkach około 10–11 dni. W laboratorium pozwala to na otrzymanie dużej liczby potomstwa w bardzo krótkim czasie.



Ryc. 1. Muszka owocowa *Drosophila melanogaster*. Zdjęcie z mikroskopu skaningowego; powiększenie 75 x. Fot. M. Damulewicz. Archiwum zajęć dydaktycznych prowadzonych przez Pracownię Mikroskopii Elektronicznej Zakładu Cytologii i Histologii UJ.

Muszka posiada tylko 4 pary chromosomów, dzięki czemu łatwiej niż u myszy przeprowadzić u niej manipulacje genetyczne i uzyskać mutanty lub linie transgeniczne, które pozwalają na badania konkretnych genów czy białek. Genom *Drosophila melanogaster* złożony jest z ok. 14 tysięcy genów, podczas gdy genom człowieka zawiera 20–25 tys. genów kodujących białka. Ponad 60% ludzkich genów ma swoje ortologi w genomie muszki. Ortologi mają co najmniej 40% identyczności w sekwencji nukleotydów oraz 40–50% podobieństwa sekwencji aminokwasów kodowanego białka, a w przypadku domen katalitycznych podobieństwo sięga nawet 80%. Procesy takie jak organogeneza, procesy metaboliczne, rozwój neuronalny są konserwatywne, tzn. wykazują niezwykle podobieństwo u tak różnych organizmów jak ssaki i owady.

Ośrodkowy układ nerwowy muszki owocowej składa się z mózgu wraz z płacami wzrokowymi, zwoju podprzetykowego i nerwowego łańcuszka brzuszego.

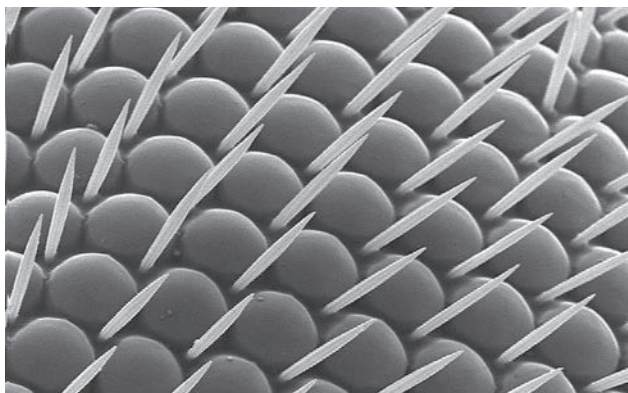
W mózgu znajdują się ośrodki zmysłów, pamięci i uczenia się, oscylatory zegara biologicznego, ośrodki ruchowe oraz integrujące informacje zmysłowe, przetwarzające oraz ośrodki decyzyjne. Ponad 200 tys. neuronów tworzy skomplikowaną sieć połączeń, które regulują motorykę, lot, węch, smak, widzenie, zachowania godowe, agresję czy uczenie się. Komunikacja między rejonami mózgu czy poszczególnymi neuronami zachodzi dzięki sygnalizacji elektrycznej i chemicznej za pośrednictwem neuroprzekaźników, takich jak: serotonina, dopamina, glutaminian, GABA, acetylocholina, histamina, adenozylna, neuropeptydy i inne. Mechanizmy transmisji sygnału za pośrednictwem neuroprzekaźników są prawie identyczne jak u ssaków. Funkcjonowanie układu nerwowego muszki wykazuje więc wysoki stopień podobieństwa do ssaków, tak więc stanowi doskonały model do badań neurobiologicznych.

Muszka jest obok myszy i szczurów najczęściej wykorzystywanym zwierzęciem w badaniach chronobiologicznych. Chronobiologia to nauka dotycząca rytmów biologicznych. Następujące po sobie kolejno dni i noce determinują cykliczne, 24-godzinne zmiany zachowania u zwierząt i roślin. Takie zmiany okołodobowe dotyczą nie tylko rytmu aktywności, snu i czuwania, ale również wielu procesów fizjologicznych zachodzących wewnątrz organizmów. Zaburzenia tej rytmiki, spowodowane np. sztucznym oświetleniem w trakcie nocy, pracą zmianową czy podróżami międzykontynentalnymi mogą powodować liczne zaburzenia w funkcjonowaniu organizmu, a jeśli występują chronicznie mogą prowadzić do poważnych schorzeń, takich jak bezsenność, problemy trawienne, a nawet nowotwory.

Zarówno u ssaków jak i u owadów rytmika okołodobowa jest kontrolowana przez geny zegara, mające cykliczne 24-godzinne zmiany ekspresji. U ssaków mechanizm molekularny zegara jest bardziej skomplikowany, gdyż często wiele genów zaangażowanych jest w jeden proces, więc trudniej badać efekt fenotypowy poszczególnych genów. Np. gen *per* u *D. melanogaster* odpowiada 3 genom u ssaków: *Per1*, *Per2* i *Per3*. Dlatego też badając molekularne mechanizmy zegara warto posłużyć się muszką jako modelem.

Molekularny mechanizm generowania okołodobowych oscylacji u *Drosophila melanogaster* jest oparty na dwóch pętlach sprzężenia zwrotnego. Późnym wieczorem, kiedy poziom białka CLOCK osiąga odpowiedni poziom, tworzą się dimery CLK/CYC. Kompleksy te przechodzą do jądra i wiążą się do sekwencji regulatorowej (E-box) promotora genów *per*, *tim* oraz genów kontrolowanych przez zegar, tzw. *cgc*

(*clock – controlled gene*), indukując ich ekspresję. Pod koniec nocy ilość produktów tych genów jest wystarczająca do utworzenia heterodimerów PER i TIM. Powstałe kompleksy przechodzą do jądra, gdzie wiążą się do dimerów CLK/CYC i hamują ich wiązanie do E-box, tym samym hamując transkrypcję *per* i *tim*. Jest to pętla ujemnego sprzężenia zwrotnego. Jednocześnie aktywowana jest transkrypcja *clk* i *cyc*.



Ryc. 2. Ommatidia oka muszki, zdjęcie z mikroskopu skaningowego; powiększenie 1000 x. Fot. M. Damulewicz. Archiwum zajęć dydaktycznych prowadzonych przez Pracownię Mikroskopii Elektronowej Zakładu Cytologii i Histologii UJ.

Heterodimery CLK/CYC są również elementem drugiej, dodatniej pętli sprzężenia zwrotnego. Po przejściu do jądra CLK/CYC wiążą się do sekwencji E-box promotora genów *vri* i *pdp1*, aktywując ich transkrypcję. Translacja VRI i jego akumulacja w cytoplazmie odbywa się zaraz po transkrypcji. VRI przechodzi do jądra, wiąże się do sekwencji V/P-box promotora genu *clk* i hamuje jego transkrypcję. W tym czasie mRNA *pdp1* gromadzi się w cytoplazmie i następuje translacja. Późną nocą PDP1 jest transportowane do jądra, gdzie jako czynnik transkrypcyjny aktywuje gen *clk*.

Synchronizacja zegara biologicznego zachodzi dzięki obecności białka kryptochromu (CRY), które jest fotoreceptorem zegara biologicznego. Białko to należy do rodziny flawoprotein. Po absorpcji fotonu światła niebieskiego CRY zmienia swoją konformację, co powoduje odsłonięcie miejsc wiązania z białkiem TIM. Dimery CRY/TIM ulegają ubikwitynacji i degradacji w proteosomach. Zmniejszenie ilości TIM w cytoplazmie powoduje, że PER pozostaje w komórce w formie monomeru, który jest niestabilny i szybko ulega degradacji. CRY może również pełnić rolę ważnego elementu zegara molekularnego, hamując aktywność CLK/CYC, co w konsekwencji powoduje represję transkrypcji *per* i *tim*. Taką funkcję CRY stwierdzono w przypadku oscylatorów peryferycznych oraz w układzie wzrokowym *Drosophila melanogaster*.

U muszki centralny oscylator generujący rytmy okołodobowe zlokalizowany jest w tzw. neuronach zegara w mózgu. Neurony zegara można podzielić na

6 grup w zależności od ich lokalizacji: 3 grupy neuronów grzbietowych (DN_1 , DN_2 , DN_3), 6 neuronów grzbietowych bocznych (LN_d), 2 grupy neuronów brzusznych bocznych (LN_v). Neurony zegara różnią się od innych komórek mózgu tym, że wykazują rytmiczną ekspresję genów *per* i *tim*.

Neurony brzuszne boczne (LN_v) są podzielone na dwie podgrupy ze względu na wielkość ciała komórkowego: małe ($s-LN_v$) i duże ($l-LN_v$). Cztery duże LN_v wysyłają wypustki do płatów wzrokowych, gdzie tworzą silnie rozgałęzioną sieć. Neurony te produkują czynnik rozpraszający pigment (PDF) – jedyny znany do tej pory neurotransmitter zegara. Amidowana forma tego białka jest uwalniana w zakończeniach wypustek tych neuronów w płatach wzrokowych. Małe neurony LN_v tworzą zróżnicowaną grupę komórek – cztery z nich produkują PDF, natomiast pięć – przesunięty w kierunku grzbietowej części mózgu nie wykazuje ekspresji PDF. Neurony sLN_v wysyłają wypustki w kierunku grzbietowej części mózgu, gdzie tworzą zakończenia w pobliżu neuronów grzbietowych DN_1 - DN_3 . W wypustkach tych zachodzi transport nieamidowanej formy PDF, która jest uwalniana w sposób rytmiczny z 24-godzinnyymi oscylacjami. PDF stanowi przekaznik sygnałów zegarowych z oscylatora do komórek docelowych, które pod jego wpływem są pobudzane lub hamowane, produkują albo uwalniają neurotransmitery, generując w ten sposób rytmy okołodobowe w tkankach peryferycznych. PDF może także pełnić rolę synchronizatora fazy rytmów pomiędzy poszczególnymi grupami neuronów zegara.

Muszka owocowa ma dwa szczyty aktywności lokomotorycznej – poranny i wieczorny. Regulacja takiego systemu jest możliwa dzięki temu, że każda pora aktywności jest generowana przez osobny oscylator, poranny M (morning) i wieczorny E (evening). Poranny szczyt aktywności jest pod kontrolą neuronów brzusznych bocznych, natomiast oscylator E jest bardziej złożony – w jego skład wchodzi neuronów z różnych grup: DN_1 - DN_3 , LN_d oraz 5-ty sLN_v .

Nadrzędny oscylator tworzą sLN_v , które synchronizują fazę rytmów wszystkich pozostałych neuronów zegara dzięki rytmicznemu uwalnianiu PDF. sLN_v są również niezbędne do utrzymania rytmiki w stałych warunkach oświetlenia.

W jaki sposób możliwe jest badanie funkcji poszczególnych komórek czy nawet białek lub genów w tak małym organizmie jak muszka owocowa? Z pomocą naukowcom przychodzą nowoczesne metody biologii molekularnej.

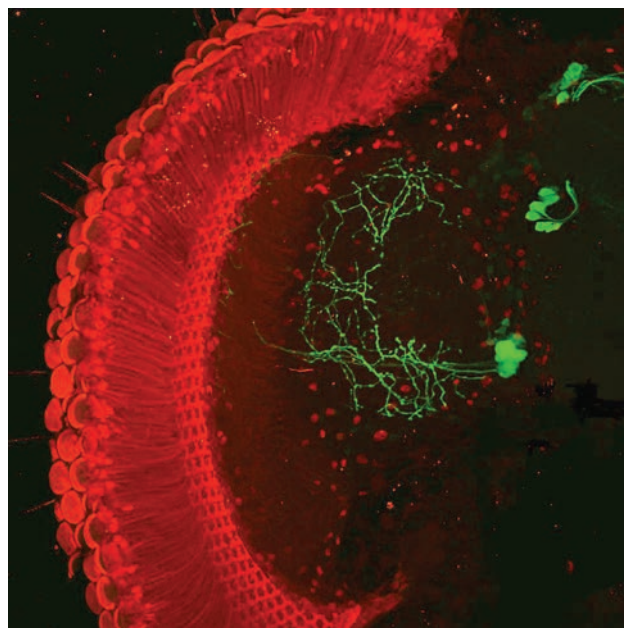
Badania funkcji genów rozpoczyna się najczęściej od analizy mutacji. Muszka posiada stosunkowo niewielki genom i utrata funkcji jednego genu zwykle

nie może być kompensowana przez nadekspresję innego genu o podobnej funkcji. Dzięki temu pojedyncza mutacja daje bardzo wyraźne efekty fenotypowe, np. w zachowaniu. W przypadku genów zegara utrata funkcji pojedynczego genu nie powoduje śmierci muszki, ale zaburza jej funkcjonowanie w ciągu doby. Można więc sprawdzić czy dobowy rytm aktywności lokomotorycznej czy inny okołodobowy rytm został zmieniony i w jaki sposób. Dzięki tej metodzie odkrywano się coraz to nowe geny regulujące pracę zegara oraz ustalano nowe funkcje znanych już genów. W wielu przypadkach mutacja genów, których ortologi występują u ssaków, w tym również u człowieka, powoduje, że muszka może być modelem choroby o podłożu genetycznym występującej u ludzi. Tak może powstać model do badania mechanizmów powstawania różnych schorzeń oraz sposobów ich leczenia.

Jeśli obiektem naszych badań jest konkretna grupa komórek i ich funkcje, metodą mikromacierzy DNA możemy zbadać aktywność genów w tych komórkach i ustalić jakie białka są przez nią produkowane. W przypadku komórek nerwowych analiza taka pozwoli nam sprawdzić jakie neuroprzekaźniki dana komórka produkuje, czy posiada receptory dla neuroprzekaźników. Używając odpowiednich przeciwciał możemy także określić czy komórka nerwowa tworzy synapsy z innymi neuronami. Możemy również usunąć konkretny typ komórek i sprawdzić jakie zmiany behawioralne lub fizjologiczne to spowoduje. Operacyjne usuwanie pojedynczych komórek jest jednak bardzo trudne. Można natomiast zmusić konkretną komórkę, żeby popełniła „samobójstwo”. Każdy organizm ma zakodowany mechanizm tzw. apoptozy, który pozwala usuwać niepotrzebne lub uszkodzone komórki. Aktywacja tzw. proapoptotycznych genów doprowadza do takich zmian w obrębie komórki, że ulega ona samozniszczeniu. Można tego również dokonać doświadczalnie wprowadzając dodatkowe geny „śmierci” do konkretnych komórek. Muszki z usuniętymi w ten sposób neuronami zegara będą mogły normalnie żyć, ale brak kontroli ze strony oscylatorów spowoduje znaczne zmiany w ich zachowaniu, które możemy badać. W ten sposób możemy ustalić, które komórki są najważniejsze dla generowania rytmów w różnych procesach fizjologicznych oraz w zachowaniu.

Najbardziej spektakularną metodą badania zegara biologicznego jest stworzenie „świecących” białek. W tym przypadku znów z pomocą przychodzi nam biologia molekularna. Istnieje białko GFP, pierwotnie występujące u meduzy *Aequorea victoria*, które wzbudzone światłem niebieskim emituje silne, zielone,

fluorescencyjne światło. Naukowcom udało się wyizolować pojedynczy gen kodujący to białko. Gen *gfp* można połączyć z konkretnym, badanym przez nas genem muszki i uzyskać w ten sposób owada, u którego miejsca występowania badanego białka wzbudzone niebieskim światłem będą świeciły na zielono. Taka muszka na pierwszy rzut oka wygląda tak samo jak dzika, także jej zachowanie nie odbiega od normy. Dopiero pod mikroskopem fluorescencyjnym widzimy, że komórki, w których obecne jest zmienione przez nas białko, świecą na zielono. Dzięki temu możemy obserwować lokalizację danego białka, a jeśli jest ono charakterystyczne dla konkretnych komórek i zlokalizowane w błonie komórkowej to również kształty tych komórek. Dzięki użyciu opisanych powyżej metod udało się zbadać funkcje poszczególnych genów zegara oraz ustalić rolę poszczególnych grup neuronów zegara w regulacji rytmów u muszki.



Ryc. 3. Przekrój mózgu muszki owocowej, kolor czerwony (autofluorescencja) – ommatidia oka złożonego (retina = siatkóweczka), kolor zielony (GFP) – 3 grupy neuronów zegara; od dołu: neurony brzuszne boczne LN_4 , neurony grzbietowe boczne LN_1 , neurony grzbietowe DN_3 . Fot. M. Damulewicz. Pracownia Mikroskopii Konfokalnej Zakładu Cytologii i Histologii UJ.

Wiele laboratoriów wykorzystuje również muszki w badaniach neurofarmakologicznych. Okazuje się, że muszka na poziomie komórkowym odpowiada na wiele leków, trucizn czy narkotyków w podobny sposób jak człowiek. Dzięki użyciu zwierząt transgenicznych możemy obserwować efekty badanej substancji na poszczególne typy neuronów czy wpływ na przewodnictwo synaptyczne. Sposoby podawania leków są analogiczne jak u ludzi: można je aplikować z pokarmem, za pomocą inhalacji rozpylonej substancji lub przez iniekcje bezpośrednio w miejsce docelowe. Na muszce można testować leki na depresję,

schizofrenię, psychozy, zaburzenia snu, itp. Pierwsze tego typu badania dotyczyły wrażliwości na kokainę. Okazało się, że muszka reaguje na narkotyki zaburzeniami lokomotorycznymi, a stopień nasilenia objawów jest zależny od dawki. Owady wykazują również objawy uzależnienia – przestają reagować na małe dawki i aby uzyskać podobny efekt trzeba zwiększać ilość narkotyku. Na muszkach badano mechanizmy działania halucynogenów, takich jak LSD, wpływ alkoholu na zdolności poznawcze, rozwój tolerancji na narkotyki i leki, itp.

Dodatkową zaletą muszki owocowej jest możliwość otrzymania szczepów będących modelami licznych chorób neurodegeneracyjnych, takich jak choroba Parkinsona czy Alzheimer. Większość chorób neurodegeneracyjnych jest spowodowana obumieraniem różnych grup neuronów i utratą połączeń neuronalnych, co doprowadza do upośledzenia funkcji poznawczych lub motorycznych. Molekularne podłoże tych zaburzeń jest bardzo podobne u muszek – modeli chorobowych, dzięki czemu możemy poznawać mechanizmy powstawania tych schorzeń, jak również testować nowe terapie.

W 2000 roku dzięki wywołaniu nadekspresji dwóch izoform α -synukleiny w mózgu muszki owocowej uzyskano pierwszy model choroby neurodegeneracyjnej – choroby Parkinsona. Nadekspresja tego genu u owocówki powoduje zamieranie neuronów dopaminergicznych, podobnie jak u ludzi. Dzięki badaniom prowadzonym na muszkach udało się ustalić, że nadmiar alfa-synukleiny powoduje zaburzenia funkcjonowania mitochondriów, nadekspresję białka opiekuńczego Hsp70 w neuronach dopaminergicznych

oraz tworzenie agregatów białkowych, w skład których wchodzi synukleina i parkina. Ustalenie molekularnego mechanizmu podłoża choroby pozwala na stworzenie nowych terapii lub ulepszenie już stosowanych. Udało się np. potwierdzić, dzięki doświadczeniom na muszkach, skuteczność dotychczas stosowanych leków – podanie substancji L-DOPA znosiło objawy zaburzeń lokomotorycznych i było bardziej skuteczne niż aplikacja agonistów receptorów dopaminowych.

Również choroba Alzheimer posiada swój model. Są to muszki z nadekspresją ludzkich izoform β -amyloidu w wybranych komórkach układu nerwowego. Nadekspresja w fotoreceptorach oka powoduje degenerację siatkóweczki i akumulację płytek amyloidowych, natomiast nagromadzenie amyloidu w mózgu w strukturach odpowiedzialnych za uczenie się i pamięć zaburza procesy pamięci węchowej. Zaburzenia te nasilają się z wiekiem. Liczne eksperymenty dowodzą, że skutecznym lekiem może okazać się neprylyzyna – endopeptydaza, która po podaniu do mózgu redukuje poziom amyloidu, a także wydłuża czas życia modelowego organizmu. Eksperymenty na muszkach pozwalają więc nie tylko na badania podstawowe określające etiologię choroby, ale również ustalenie nowej terapii lub wyselekcjonowanie najbardziej skutecznego leku.

Przykłady wykorzystania *Drosophila melanogaster* w nauce można by mnożyć, gdyż ten małeńki owad ma wielkie zasługi dla nauki. Może więc warto spojrzeć na muszkę owocówkę nieco życzliwszym okiem – jak na sprzymierzeńca, a nie wroga?

Mgr Milena Damulewicz – absolwentka biologii UJ, ze specjalizacją biologia komórki. Obecnie doktorantka Zakładu Cytologii i Histologii UJ. W ramach pracy doktorskiej zajmuje się rytmami okołodobowymi układu wzrokowego muszki owocowej *Drosophila melanogaster*.

BYĆ ALBO NIE BYĆ, CZYLI O AUTOFAGII SŁÓW KILKA

Justyna Ulańska, Grzegorz Tylko (Kraków)

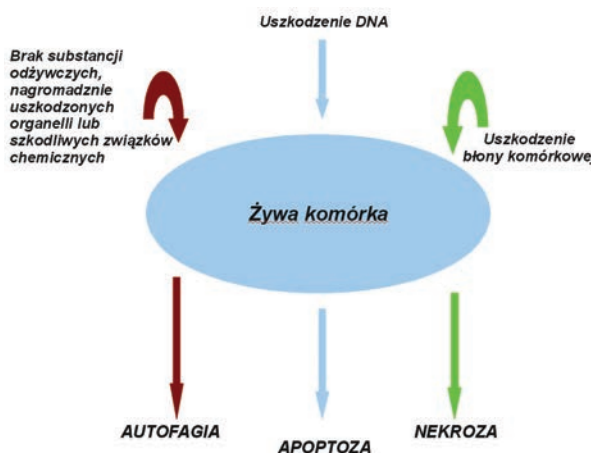
Świadomość zbliżającej się śmierci

Każda żywa komórka organizmu posiada określony, zaprogramowany w jej genomie czas życia. W warunkach fizjologicznych żywot komórki może zakończyć się na dwa sposoby: drogą apoptozy i autofagii. Proces apoptozy, nazywany jest programowaną śmiercią typu I i polega na uruchomieniu skomplikowanych mechanizmów wewnątrzkomórkowych prowadzących do całkowitego rozpadu komórki. Skazana na śmierć komórka obkurcza się, odłącza

od reszty tkanki i stopniowo dzieli cytoplazmę oraz jądro na fragmenty, zamykane ostatecznie w pęcherzykach apoptotycznych. Apoptoza odbywa się pod ścisłą kontrolą genów i białek, na przykład z rodziny Bcl-2, a sygnałem do jej rozpoczęcia może być uszkodzenie DNA (wywołane m. in. promieniowaniem jonizującym), spadek poziomu ATP, czy też długotrwały wzrost stężenia jonów wapnia w cytoplazmie. Zaletą kontrolowanego eliminowania komórek w postaci obłonionych pęcherzyków jest stopniowe zaangażowanie komórek żernych układu

odpornościowego bez wywoływania stanu zapalnego. W przeciwnym razie, kontakt komórek odpornościowych z obnażonym materiałem martwej komórki może wywołać ostrą reakcję ze strony układu immunologicznego.

W przeciwieństwie do apoptozy, która prowadzi wyłącznie do śmierci komórki, autofagia (programowana śmierć komórki typu II) odpowiada nie tylko za jej zagładę, ale przede wszystkim za przeżycie (ryc. 1).



Ryc. 1. Komórki mogą umierać trzema drogami. Śmierć nekrotyczna dotyczy głównie komórek z uszkodzoną błoną komórkową. Zawartość cytoplazmy wylewa się do przestrzeni pozakomórkowej, aktywuje komórki odpornościowe i wywołuje stan zapalny. Apoptoza jest zaprogramowanym umieraniem, które komórka prowadzi w przypadku nadmiernego uszkodzenia jej DNA lub po otrzymaniu „śmiertelnego” sygnału. Tutaj, izolowanie fragmentów cytoplazmy w obłonionych pęcherzykach umożliwia kontrolowaną eliminację pozostałości komórkowych. Proces autofagii ma raczej na celu przeprowadzenie komórki przez niekorzystne dla niej warunki życiowe (np. głód). Jednak zbyt długi okres w trudnym fizjologicznie stanie kończy się śmiercią, gdzie autofagia wspólnie z apoptozą dzieli komórkę na mniejsze fragmenty, eliminowane następnie przez układ odpornościowy.

Ja tu tylko sprzątam...

Autofagia została odkryta i opisana ponad pół wieku temu w komórkach ssaków przez Christiana de Duve’a i jego współpracowników z Rockefeller University. Badacze, posługując się mikroskopem elektronowym, zaobserwowali w komórkach wątroby szczura liczne pęcherzyki, w których zamknięte były fragmenty cytoplazmy z widocznymi ziarnistościami. Nazwano je następnie autofagosomami. Podobne struktury znaleziono między innymi w komórkach mięśnia sercowego, w neuronach, komórkach trzustki, a molekularne mechanizmy procesu zaczęto poznawać posługując się komórkami drożdży, nicieniem *Caenorabditis elegans* oraz muszką owocową (*Drosophila melanogaster*).

Proces autofagii odnosi się zatem do wielu rodzajów komórek, także nowotworowych. Nazwa wywodzi się od greckich słów „autos” – siebie i „phagos” – zjadać, przez co często jest nazywana

kanibalizmem komórkowym. Podstawową funkcją procesu jest utrzymanie porządku w obrębie cytoplazmy komórki i dotyczy ona białek o długim okresie półtrwania oraz uszkodzonych organelli komórkowych. Fakt ten odróżnia autofagiczny sposób eliminacji składników komórkowych od degradacji przy udziale proteasomów – wyspecjalizowanych organelli trawiących białka. Proteasomy są w stanie usuwać jedynie niewielkie cząsteczki „naznaczone” uprzednio specjalnym białkiem – ubikwityną.

Autofagia jest o tyle istotnym procesem, iż realizuje w komórce właściwą równowagę pomiędzy syntezą i rozpadem wielu jej składników. Na poziomie organizmu uczestniczy w przebudowie tkanek dorosłych osobników, a wraz z apoptozą modeluje je podczas rozwoju i przeobrażenia. Odgrywa także ważną rolę przy usuwaniu zniszczonych białek i uszkodzonych organelli. Szczególnie dotyczy to mitochondriów, które produkują znaczącą ilość reaktywnych form tlenu wpływających na układ strukturalny i funkcjonalny organelli. Nadmierne upośledzenie mitochondriów może być krokiem w kierunku kaskady zdarzeń prowadzących do uruchomienia procesu apoptozy i w efekcie – śmierci komórki.

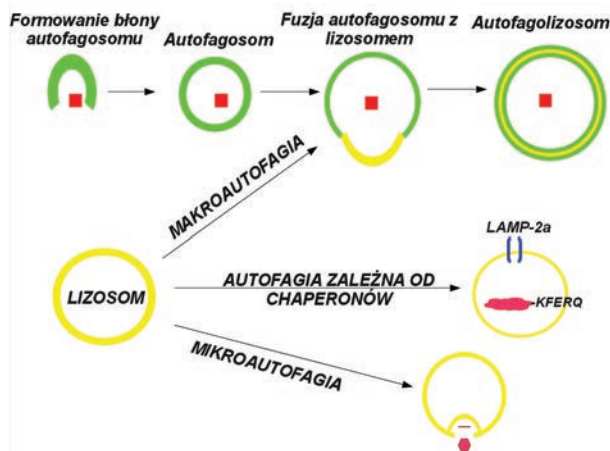
Istotną rolę autofagia odgrywa w przypadku komórek długożyjących, takich jak neurony. Dzięki niej komórki nerwowe mogą usuwać wszelkie zbędne, a nawet niebezpieczne elementy zawarte w cytoplazmie, takie jak uszkodzone białka, organelle i złogi amyloidowe. Te ostatnie prowadzą do rozwoju choroby Alzheimera, zatem dokładne zrozumienie procesu autofagii może przyczynić się do walki z chorobami neurodegeneracyjnymi.

Wszystkie drogi prowadzą do... lizosomu

Pod terminem „autofagia” kryje się szereg procesów, z których najlepiej poznany jest makroautofagia, mikroautofagia oraz tzw. autofagia zależna od białek opiekuńczych (chaperonów). Wszystkie łączy wspólna cecha: degradacja składników komórkowych przy współudziale lizosomów. Na szybkość procesu autofagii mają wpływ m.in. brak składników pokarmowych w środowisku, wysoka temperatura, niedobór tlenu oraz obecność substancji toksycznych (ryc. 2).

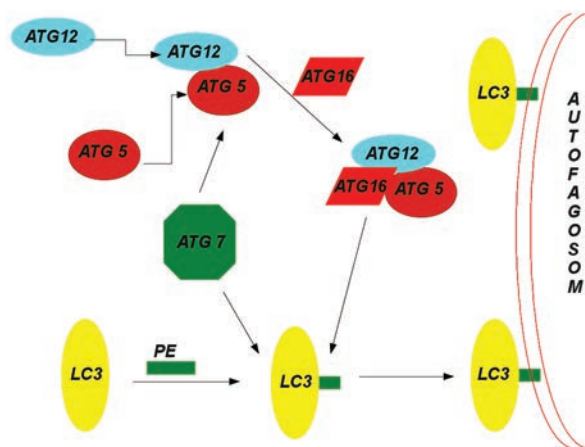
Makroautofagia jest pierwszą z poznanych i opisywanych form autofagii. Proces ten dzieli się na etapy, wśród których wyróżnia się indukcję, formowanie pęcherzyka zwanego autofagosomem, jego połączenie z pęcherzykiem trawiennym (lizosomem), a wreszcie strawienie zamkniętej zawartości. Autofagia rozpoczyna się między innymi w odpowiedzi komórki na niedobór aminokwasów. W przypadku komórek

ssaczach proces ten jest regulowany przez wiele składników, z których najważniejsze to białkowe kinazy, fosfatazy, białka sygnałowe oraz wapń.



Ryc. 2. Autofagia może odnosić się do trzech różnie przebiegających procesów. W każdym z nich materiał komórkowy przeznaczony do eliminacji jest zamykany w obłonionym pęcherzyku i trawiony. W trakcie makroautofagii pęcherzyk formowany jest od nowa (autofagosom), oplaszca fragment cytoplazmy z uszkodzonymi organellami i łączy się z lizosomem w celu strawienia zawartości. Mikroautofagia wykorzystuje zjawisko wchłaniania większych kompleksów białkowych przez uformowany lizosom, natomiast autofagia zależna od białek opiekuńczych (chaperonów) wymaga od lizosomu obecności receptora LAMP-2a, który rozpoznaje białka z sekwencją aminokwasów KFERQ i transportuje je do wnętrza pęcherzyka.

Jedną z głównych ról w autofagii odgrywa kinaza białkowa mTOR (ang. *mammalian Target Of Rapamycin*), która odpowiada w komórce za regulację podstawowych procesów życiowych, takich jak: wzrost, proliferacja, transkrypcja, translacja oraz integruje wiele szlaków sygnalizacyjnych. W przypadku niedoboru składników pokarmowych mTOR jest blokowany. Spadek aktywności kinazy pozwala na uruchomienie kaskady reakcji, w których białka Atg (ang. *Autophagy related*; białka związane z autofagią), pełnią kluczową rolę.



Ryc. 3. Formowanie autofagosomu wymaga obecności białka LC3 połączonego z lipidem fosfatydyloetanolaminą (PE). Proces jest koordynowany przez białko Atg7, które uczestniczy również w łączeniu białek Atg12 i Atg5 w kompleks. Ów kompleks dzięki połączeniu z białkiem Atg16 pozwala zaś LC3-PE wbudować się w błonę pęcherzyka autofagicznego.

Formowanie błony autofagosomu jest nadal niewyjaśnionym procesem. Badacze autofagii zakładają, że siateczka śródplazmatyczna jest głównym dawcą błon nowopowstającego pęcherzyka. W zapoczątkowaniu tej budowy bierze udział enzym kinaza 3-fosfoinozytolu klasy III (PI3K) oraz aktywujące je białko regulatorowe – Beklina-1 (Atg6). Sprawny przebieg tworzenia autofagosomu wymaga wspomnianych wcześniej białek Atg, które prowadzą proces dwoma ścieżkami. W pierwszej z nich kluczową rolę odgrywają białka Atg5 i Atg12, w drugiej natomiast białko Atg8 (u ssaków nazwane LC3) i fosfolipid – fosfatydyloetanolamina (PE). Połączenie obu białek Atg5-Atg12 oraz LC3-PE w kompleksy jest możliwe jedynie w obecności kolejnego białka autofagicznego – Atg7.

Białko LC3 występuje w cytoplazmie komórki w formie nieaktywnej. Odcinek cząsteczki odpowiedzialny za przyłączenie lipidu jest zablokowany aminokwasem arginina. Dopiero pod wpływem impulsu stymulującego komórkę do autofagii dochodzi do jego odcięcia i przyłączenia fosfatydyloetanolaminy. Formowanie błony autofagosomu rozpoczyna się, gdy układ Atg5-Atg12 przyłączy dodatkowo białko Atg16 i spotka się z kompleksem LC3-PE. Najnowsze badania wykazały jednak, że zwiększenie ilości Atg5-Atg12 wpływa na powinowactwo LC3 do PE, wskazując na jego nadrzędność względem LC3-PE (ryc. 3).

Ostatnim etapem procesu jest utworzenie autofagolizosomu, struktury powstałej z połączenia dwóch organelli, zdolnej do trawienia swojej zawartości. Na początku ubiegłego roku naukowcy opublikowali pracę opisującą sposób łączenia się błony lizosomu i autofagosomu. Choć dokładny molekularny mechanizm nie jest jeszcze do końca poznany, wiemy już, że za istotę tego procesu odpowiadają dwa białka: LC3 (ang. *microtubule-associated protein 1 light chain 3*) występujące w zewnętrznej błonie pęcherzyka oraz NRB1 (ang. *Nuclear RNA Binding*), proteina zaangażowana w proces rozwoju niektórych nowotworów.

Mikroautofagia, drugi typ autofagii, jest procesem bezpośrednim. Nie wymaga bowiem formowania błony wokół organelli przeznaczonych do strawienia. Wykorzystuje już istniejące błony otaczające lizosom. Przypomina nieco swym przebiegiem proces endocytozy, gdyż w tym wypadku błona lizosomu ulega wpukleniu, a sąsiadująca z nią cytoplazma, wraz z organellami, zostaje uwięziona we wnętrzu i zdegradowana.

Autofagia zależna od białek opiekuńczych (chaperonów), a więc trzeci typ procesu samotrawienia, jest w przeciwieństwie do pozostałych, ściśle wyspecjalizowanym mechanizmem niszczącym tylko wybrane

białka. Uważa się, że bodźcem do zapoczątkowania tego typu autofagii jest stres tlenowy.

Autofagia zależna od białek opiekuńczych jest selektywna i rozpoznaje jedynie białka ze specyficzną sekwencją aminokwasową: KFERQ (lizyna-fenylalanina-kwas glutaminowy-arginina-glutamina). Taka kombinacja, umożliwia przyłączanie kompleksu białek pokrewnych białkom szoku cieplnego – hsc70. W formie wielobiałkowej struktury, uszkodzone elementy są transportowane do lizosomów. Na tym poziomie kompleks musi zostać rozpoznany przez specyficzny receptor LAMP-2a (ang. *Lysosome Associated Membrane Protein type 2A*; białko typu 2A związane z błoną lizosomu). Jeśli identyfikacja przebiegnie pomyślnie, białka szoku cieplnego rozprzestrzeniają cząsteczkę z sekwencją KFERQ i przeniosą ją do wnętrza lizosomu, gdzie zostanie strawiona.

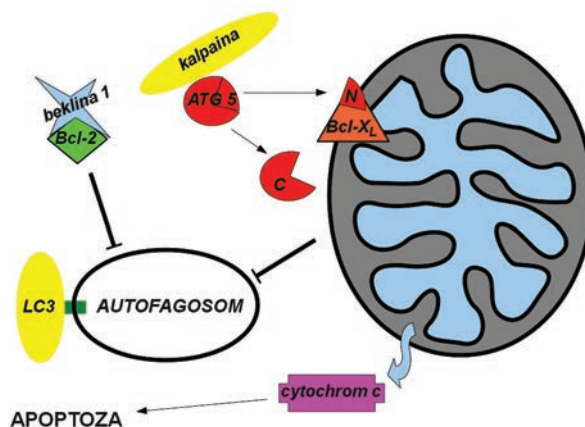
Proces o dwóch twarzach

Poza rolę autofagii w ratowaniu komórki, nie należy zapominać, że może ona prowadzić również do jej śmierci, nawet w fizjologicznych warunkach. Istnieje prawdopodobnie pewna granica, która wyznacza kierunek procesów wewnątrzkomórkowych prowadzących do apoptozy, autofagii lub nekrozy. Gdy komórka ma zbyt wiele uszkodzonych organelli lub żyje w niekorzystnych warunkach, nawet proces autofagii nie jest w stanie pomóc uniknąć jej samozniszczenia. Komórka trawi swoją zawartość, aż do zużycia większości komponentów i osiągnięcia etapu, po którym nie jest już w stanie funkcjonować.

Istnieje także hipoteza twierdząca, że autofagia uruchamia proces apoptozy. To kontrowersyjne założenie było trudne do zaakceptowania, gdyż sugerowało podwójną i przeciwstawną rolę autofagii. Proces miałby z jednej strony usuwać wadliwe składniki (organelle) i chronić komórkę przed uruchomieniem apoptozy, z drugiej zaś działać na rzecz rozpoczęcia i sprawnego przeprowadzenia programowanej śmierci. Okazało się, że tak jest w istocie. Mocno uszkodzone komórki, w których proces autofagii nie jest w stanie uporać się z samotrawieniem zniszczonych składników, włączają proces apoptozy. Wydaje się, że oba mechanizmy nie wykluczają się wzajemnie, ale są ze sobą powiązane.

Jak więc odróżnić czy autofagia ma na celu ocalenie, czy zagładę komórki? Do rozstrzygnięcia tej kwestii potrzebna jest znajomość molekularnego łącznika pomiędzy obydwoma zjawiskami. Głównymi trybikami zarządzającymi, w którą stronę przebiegnie proces autofagii są wspomniane wcześniej białka: Beklina-1 oraz Atg5. Beklina 1, jedno z białek

rozpoczynających autofagię, może wiązać się z hamującym apoptozę białkiem Bcl-2. W zależności od siły związku tych dwóch białek, apoptoza może być hamowana lub promowana. Z kolei fragment białka Atg5, odpowiedzialnego za formowanie błony autofagosomu, może przemieszczać się do mitochondriów, gdzie ogranicza aktywność antyapoptotycznych białek z rodziny Bcl, takich jak: Bcl-2 i Bcl-XL. Zablokowanie białek skutkuje wyciszeniem autofagii i wprowadzeniem komórek na drogę programowanej śmierci typu I (ryc. 4).



Ryc. 4. Apoptoza i autofagia przeplatają się wzajemnie. Jednym z mechanizmów hamujących autofagię jest wiązanie się antyapoptotycznego białka Bcl-2 do Bekliny-1 (Atg6), która współuczestniczy w tworzeniu kompleksu białkowego rozpoczynającego proces autofagii. Inny mechanizm polega na cięciu białka Atg5 przez kalpainę na fragment C- i N-końcowy. Ten ostatni jest czynnikiem hamującym antyapoptotyczne białko Bcl-XL. Rozpad Atg5 uniemożliwia z jednej strony formowanie się pęcherzyka autofagicznego, natomiast z drugiej - połączenie Bcl-XL z N-fragmentem Atg5 promuje proces apoptozy.

Walka o przetrwanie

Autofagia to nie tylko proces programowanej śmierci komórkowej, ale także szansa na przeżycie w niesprzyjających warunkach. Podobnie jak organizm w stanie głodu czerpie składniki odżywcze z zasobów tkanki tłuszczowej, komórki w sytuacji kryzysowej sięgają po energię zawartą w „mniej istotnych” elementach składowych cytoplazmy oraz ograniczają procesy wymagające wysokich nakładów energii. Prowadząc badania na drożdżach pozbawionych składników pokarmowych naukowcy odkryli, że dzięki procesowi autofagii komórki są w stanie przeżyć nawet kilka tygodni. Te same komórki, po zablokowaniu autofagii, przeżywały maksymalnie 2 dni.

Niestety zjawisko autofagii wykorzystywane jest także przez komórki nowotworowe, co sprawia, że stają się bardziej odporne na leczenie. Uszkodzone radio- lub chemioterapią mitochondria komórek nowotworowych mogłyby sprzyjać ich śmiertelności. Tymczasem sprawnie działająca autofagia skutecznie

eliminuje zniszczone organelle, utrzymując komórki przy życiu. Pomaga też przetrwać komórkom znajdującym się w głębokich warstwach guza, które w wyniku niedotlenienia i niedożywienia powinny umrzeć. Dlaczego zatem autofagia umożliwia przeżycie komórkom, które nie sprzyjają funkcjonowaniu organizmu gospodarza? Jedną z hipotez zakłada, że utrzymanie komórek guza w stanie wegetacji jest korzystniejsze dla organizmu, niż ich śmierć nekrotyczna. Nekroza prowadzi bowiem do powstania odczynu zapalnego. Uwalniane w tym czasie czynniki promują tworzenie nowych naczyń krwionośnych (angiogeneza), niezwykle istotnych z punktu widzenia dalszego rozwoju nowotworu. Wybór autofagii, a tym samym odrzucenie nekrozy, jest wyborem „mniejszego zła”. Utrzymanie guza w stanie wegetacji wydaje się być korzystniejsze niż umożliwienie mu budowy sieci własnych naczyń krwionośnych.

Warto nadmienić, iż sama autofagia też może uczestniczyć w procesie angiogenezy. Zauważono jej regulatorową rolę w szlakach sygnalizacji VEGF (ang. *Vascular Endothelial Growth Factor*; czynnik wzrostu śródbłonna naczyniowego). Autofagia przyczynia się do niszczenia białka neuropiliny 1 (NRP-1), które wraz z receptorem VEGF przyjmuje sygnał i odpowiada za tworzenie nowych naczyń krwionośnych. Zablockowanie tego połączenia prowadzi więc do spadku aktywności mitotycznej i przemieszczania komórek do miejsc formowania naczynia. Skąpe unaczynienie guza skutkuje jego niewystarczającym natlenowaniem i odżywieniem, co w konsekwencji prowadzi do śmierci nowotworu.

Innym pozytywnym aspektem w przeciwnowotworowej roli autofagii były wyniki badań, które ujawniły, że wprowadzenie białka Bekliny-1 do linii komórkowej raka piersi MCF7 nie tylko przywracało w nich autofagię, ale również cofało ich nowotworowy charakter. Także dwa najlepiej poznane białka przeciwnowotworowe p53 i PTEN, które indukują apoptozę w uszkodzonych komórkach, mogą regulować autofagię chroniąc w ten sposób komórki przed nowotworzeniem.

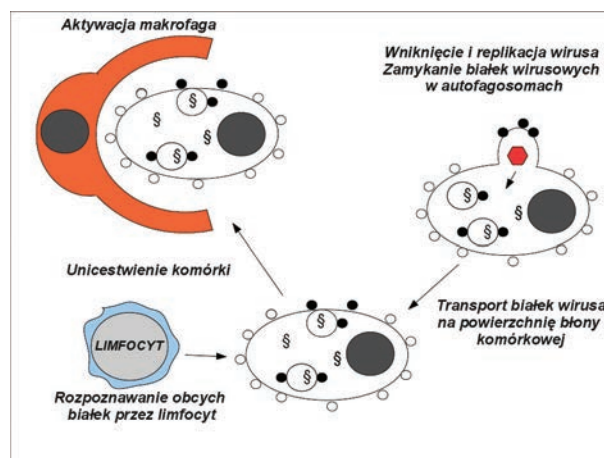
Wydaje się, że farmakologiczna ingerencja w mechanizm autofagii, celem zwalczania nowotworów, mogłaby przynieść pożądane skutki. Jednakże przyporządkowanie procesowi roli stymulatora sprzyjającego rozwojowi nowotworów lub hamującego ich wzrost jest jak widać niemożliwe. Sieć powiązań pomiędzy genami i białkami regulującymi autofagię (np. Beklina-1) i apoptozę (np. rodzina białek Bcl) jest skomplikowana i nie do końca poznana. Dodatkowo, ich wzajemne oddziaływania zależą od zewnętrznych sygnałów docierających do komórek oraz wewnętrznych

ścieżek sygnalizacji sprzyjających lub wstrzymujących nowotworzenie.

Pomocnik układu immunologicznego

Badania prowadzone przez zespół Klionsky'ego z Uniwersytetu Michigan wskazują, że autofagosomy mogą pochłaniać nie tylko komponenty komórki, ale także mikroorganizmy, które przeniknęły do niej z zewnątrz. Autofagia może być więc postrzegana jako druga linia obrony przeciwko groźnym drobnoustrojom, takim jak: prątki gruźlicy (*Mycobacterium tuberculosis*), patogeny jelitowe (*Shigella*, *Salmonella*), paciorkowce grupy A, *Francisella tularensis* (uznawana za najbardziej niebezpiecznego mikroba wykorzystywanego także do produkcji broni biologicznej) oraz *Toxoplasma gondii*.

Niestety, w tym przypadku także ujawnia się dwoistość procesu autofagii – z jednej strony chroni przed wieloma patogenami, z drugiej zaś umożliwia ich rozwój. Jednym z przykładów bakterii, która wykorzystuje autofagię jest *Legionella pneumophila*, wywołująca tzw. chorobę legionistów. *L. pneumophila* uniemożliwia fuzję autofagosomu z lizosomem, tak więc zamiast strawienia zamkniętego w pęcherzyku pasożyta, bakteria spokojnie rozwija się w jego wnętrzu. Zjawisko jest o tyle niepokojące, że z bakteriami *L. pneumophila* spotykamy się prawie codziennie. Pasożyt bytuje najczęściej w instalacjach klimatyzacji.



Ryc. 5. Autofagia może być jednym z mechanizmów eliminowania zakażonych wirusem komórek. Po wniknięciu wirusa do wnętrza komórki następuje replikacja jego kodu genetycznego i budowa białkowych elementów wirusa. Podczas autofagii część elementów wirusa zostaje przypadkowo zamknięta w autofagosomie, trawiona, wbudowana w błonę pęcherzyka i przesunięta do błony komórkowej. Białka błonowe pochodzenia wirusowego są zaprezentowane komórkom układu odpornościowego, które eliminują je jako obce. Jednocześnie, prezentacja białek limfocytom uaktywnia produkcję przeciwciał przeciw otoczkom białkowym wirusów.

Nieprawidłowe funkcjonowanie autofagii zostało również wykorzystane przez wirusa HIV. Jedno

z białek kapsydu tego wirusa potrafi uruchomić i nasilić proces samotrawienia w komórkach układu odpornościowego. W wyniku szybko postępującego trawienia, limfocyty giną, ich liczba maleje, a wirus rozprzestrzenia się i doprowadza do rozwoju AIDS.

Współpraca autofagii z układem immunologicznym nie ogranicza się jedynie do usuwania patogenów, ale także do informowania wyspecjalizowanych komórek układu odpornościowego o obecności intruza. Wirus przedostający się do wnętrza komórki, jest początkowo niedostrzegalny dla strażników odporności – limfocytów. Namnaża swoje białka wewnątrz komórki, które wraz z cytoplazmą są sukcesywnie zamykane w autofagosomach drogą makroautofagii. W wyniku pochłonięcia białek wirusa, ich częściowego strawienia w autofagolizosomie, obce składniki są transportowane na powierzchnię błony komórkowej i prezentowane komórkom układu odpornościowego. Dopiero taka prezentacja mobilizuje limfocyty, by rozpoznawały i unicestwiały wirusa (ryc. 5).

Dzięki aktywności autofagosomów uruchamiana jest także odpowiedź nieswoista, w którą zaangażowane są receptory TLR (ang. *Toll-like receptor*). Same receptory nie są zdolne do rozpoznawania patogenów wewnątrzkomórkowych. Pośrednikami w identyfikacji intruza są endosomy – pęcherzyki powstające w wyniku wpuklenia błony komórkowej. Autofagosomy, które zamknęły fragment cytoplazmy z białkami drobnoustrojów, wypełniają nią endosomy. Obecne w błonie endosomu receptory TLR spotykają się tam z obcymi cząstkami i natychmiast uruchamiają proces eliminacji patogenów, bez oczekiwania na rozwój odpowiedzi swoistej.

Eliksir młodości

W ostatnich latach pojawiło się wiele artykułów, mówiących o tym, że dieta i okazjonalne głodówki sprzyjają zdrowiu oraz zapewniają dłuższe życie ich propagatorom. Można by pomyśleć, że to kolejny chwyt pism kobiecych, by zwiększyć sprzedaż i zainteresować czytelnika. A jednak, historia ta ma

naukowe uzasadnienie. Niedobór pożywienia sprzyja bowiem autofagii, która jest uznawana za proces opóźniający starzenie się organizmu. Żyjemy w czasach, w których codzienne pożywienie dostarcza nam więcej energii niż jesteśmy w stanie zużyć w ciągu dnia. Autofagia nie działa więc u nas na tzw. „pełnych obrotach”. To spowolnienie procesu prowadzi do nagromadzenia się w komórkach uszkodzonych białek i organelli, zwiększając tym samym szanse na wystąpienie choroby neurodegeneracyjnej i nowotworowej. Wielu badaczy autofagii uważa także, że intensywność przebiegu tego procesu spada wraz z wiekiem, co powoduje, że na wymienione wcześniej choroby częściej zapadają osoby starsze.

Autofagia – szara eminencja

Przez lata po odkryciu autofagii, proces był bagatelizowany. Na szczęście ostatnia dekada przyniosła ożywienie badań nad przebiegiem i skutkami błędnego działania autofagii. Autofagia wydaje się być jednym z najważniejszych procesów komórkowych zapewniających wewnętrzną równowagę w komórce i organizmie. Trzeba jednak pamiętać, że może ona być i strażnikiem ładu, i katem realizującym wyrok śmierci. Autofagia wraz z apoptozą będzie usuwać komórki podczas rozwoju embrionalnego, chronić przed zaburzeniami rozwoju, ale również przyczyniać się do zmiany tempa starzenia organizmów. Rola autofagii w regulacji czynności układu odpornościowego, szczególnie takich chorób jak AIDS, daje impuls do lepszego poznania mechanizmów samego procesu i jego związku z obecnością wirusa HIV. W przypadku zaangażowania autofagii w unicestwianie nowotworów lub wspomaganie ich rozwoju, mogą otworzyć się nowe możliwości terapii. Odpowiednie ukierunkowanie, hamowanie lub przyspieszanie określonych elementów reakcji autofagicznych, być może pozwoli ograniczać wzrost guza bądź prowadzić do jego zamierania.

METODY ZAPŁODNIENIA *IN VITRO*

Rafał P. Piprek (Kraków)

W obecnych czasach niepłodność staje się coraz częstszym, narastającym z roku na rok, problemem. Obecnie trudności z zajściem w ciążę dotyczą 15-20% par, przez co WHO uznało niepłodność za chorobę cywilizacyjną. Niepłodność stwierdza się, gdy dwunastomiesięczny okres intensywnego starania się o potomstwo nie doprowadza do zajścia w ciążę. Często niepłodność niesłusznie jest nazywana bezpłodnością, która jest w rzeczywistości całkowitą i trwałą niezdolnością do wydania potomstwa na świat. Współczesna medycyna dysponuje metodami umożliwiającymi niepełnym parom zajście w ciążę. W Polsce rośnie liczba klinik leczenia niepłodności, w których oferuje się najnowocześniejsze techniki wspomagania rozrodu, tak zwane ART (ang. *Assisted Reproductive Technology*).

Przyczyny niepłodności

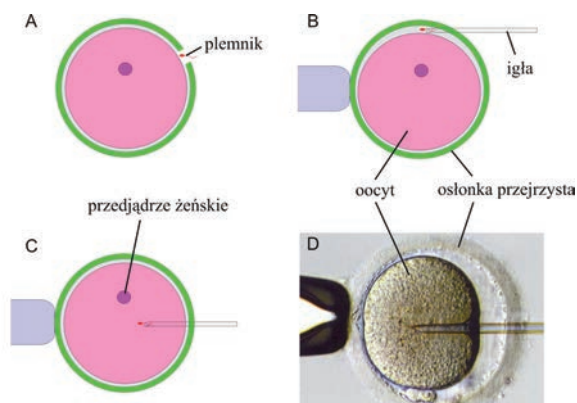
Leczenie niepłodności rozpoczyna się od zebrania szczegółowego wywiadu oraz przeprowadzenia badań diagnostycznych, mających na celu ustalenie przyczyn zaburzeń. U około 35% przypadków problem niepłodności leży po stronie kobiety, i także u 35% po stronie mężczyzny. Wśród 30% par przyczyna niepłodności jest po stronie obojga partnerów bądź jest nieznana (niepłodność idiopatyczna). Najczęstszymi przyczynami trudności zajścia w ciążę są problemy z owulacją, mające podłoże hormonalne, a także niedrożność jajowodów. Pozostałe przyczyny niepłodności kobiet to wady śluzówki macicy (czyli tak zwane zmiany endometriotyczne), mięśniaki macicy, alergia na nasienie partnera lub blokada psychiczna. U podstaw niepłodności mężczyzn leży pogarszający się stan nasienia, wynikający ze złego trybu życia i wzrastającego poziomu substancji szkodliwych w środowisku, takich jak ftalany, pestycydy i syntetyczne estrogeny. U coraz większej liczby mężczyzn plemniki wykazują wady morfologiczne, zaburzenia w ruchliwości; odnotowuje się także ogólny spadek liczby plemników w ejakulacie. Przyczynami takiego zjawiska, oprócz zanieczyszczeń środowiska, są także mutacje o charakterze mikrodelecji występujące w pewnym regionie długiego ramienia chromosomu Y, który zawiera geny odpowiedzialne za

proces spermatogenezy. Mutacje takie wykrywa się u około 5-15% mężczyzn z wyjątkowo słabą kondycją nasienia. Spłodzenie potomstwa uniemożliwiają także niekiedy wady anatomiczne, takie jak żylaki powrózka nasiennego bądź zaburzenia fizjologiczne i psychiczne, jak impotencja. Z kolei społeczny problem przyczyniający się do zwiększenia odsetka par niepłodnych wynika z odkładania decyzji o zajściu w ciążę poza okres największej płodności fizjologicznej.

Najprostsze metody leczenia niepłodności

Jeżeli przyczyna leży po stronie kobiety ratunku poszukuje się w podawaniu leków regulujących cykl hormonalny. Czasami wystarcza nawet zwykła zmiana diety, która może przywrócić regularność cyklu miesięcznego. Wykorzystuje się także metody farmakologiczne zwiększające ukrwienie miednicy małej i narządów rodnych. Wykonuje się badania ultrasonograficzne (USG) pozwalające monitorować owulację oraz określić stan jajowodów w celu przeprowadzenia ewentualnego zabiegu ich udrażniania. Gdy przyczyna leży po stronie mężczyzny zwykle podaje się preparat hormonalny z testosteronem, stymulujący gruczoły płciowe do intensywniejszej pracy. Niekiedy anomalie anatomiczne bądź bardzo zły stan nasienia stwarzają konieczność pobrania plemników z najądrzy (MESA, ang. *Micro-Epididymal Sperm Aspiration*, czyli mikrochirurgiczna aspiracja plemników z najądrzy) lub z jąder za pomocą biopsji (TESE, ang. *Testicular Sperm Extraction*, czyli izolacja plemników jądrowych). Pobrane i odpowiednio przygotowane nasienie wprowadza się za pomocą cewnika do jamy macicy kobiety, wykonując tak zwaną sztuczną inseminację (IUI, ang. *Intrauterine Insemination*), która zwykle skutkuje zapłodnieniem wewnątrzustrojowym (*in vivo*). Zabieg taki zapewnia ominięcie śluzu szyjki macicy, który może zawierać przeciwciała przeciwko białkom plemników powodujące aglutynację tych komórek. Ponadto śluz stanowi barierę dla wędrujących plemników, która może okazać się nie do pokonania przez plemniki o upośledzonej ruchliwości. W celu określenia czy śluz szyjki macicy zawiera przeciwciała szkodliwe dla plemników przeprowadza się test penetracji śluzu (MPT). Niekiedy organizm

mężczyzny produkuje przeciwciała skierowane przeciwko białkom swoich własnych plemników. W przypadku takiej niepłodności immunologicznej konieczne jest przeprowadzenie około trzyletniego leczenia hamującego wydzielanie określonych przeciwciał. Gdy użyte do sztucznej inseminacji nasienie pochodzi od partnera (np. męża) zabieg ten nazywany jest sztuczną inseminacją homologiczną, AIH (ang. *Artificial Isemination Husband or Homologous*), natomiast gdy nasienie pochodzi od innego dawcy jest to tzw. sztuczna inseminacja heterologiczna, AID (ang. *Artificial Isemination Donor*).



Ryc. 1. Metody zapłodnienia in vitro (IVF). A. Częściowe przerwanie ciągłości osłonki przejrzystej oocyty (PZD). B. Wstrzyknięcie plemnika pod osłonkę przejrzystą (SUZI). C. Docytoplazmatyczne wstrzyknięcie plemnika (ICSI). D. Fotografia zabiegu ICSI.

Metody zapłodnień *in vitro*

W przypadku zaburzeń owulacji u kobiety konieczne może być pobranie (aspiracja) oocytów z jajnika, po czym wystarcza niekiedy samo wprowadzenie oocyty i plemników do jajowodu kobiety, czyli tak zwane GIFT (ang. *Gamete Intrafallopian Transfer*), które jest medycznie wspomaganym zapłodnieniem wewnątrzrozdrowym. Gdy około 6 prób sztucznej inseminacji nie skutkuje powodzeniem, sięga się po metody zapłodnienia pozaustrojowego (ang. IVF, *In Vitro Fertilization*). Po wykonaniu zapłodnienia *in vitro*, uzyskane zygoty wprowadza się do jajowodu matki. Metoda ta zwana jest także w skrócie FIVET (ang. *Fertilization In Vitro - Embryo Transfer*). W najprostszym przypadku zapłodnienie IVF przeprowadza się przez wprowadzenie plemników do szalki z pożywką zawierającą oocyty. Jednak gdy plemniki mężczyzny są zbyt mało liczne, posiadają wady morfologiczne lub są mało ruchliwe, konieczne jest wykorzystanie mikrochirurgicznych zabiegów umożliwiających proces połączenia gamet. Najprostszym zabiegiem jest częściowe przerwanie ciągłości osłonki przejrzystej oocyty (ryc. 1A). Osłonka przejrzysta jest cienką warstwą galaretowatej substancji otaczającej

oocyt. Stanowi ona barierę przed zapłodnieniem przez większą liczbę plemników, dlatego zabiegi przerywające jej ciągłość często kończą się polispermicznym zapłodnieniem, czyli wniknięciem kilku plemników. Bardziej zaawansowana metoda sztucznego zapłodnienia polega na wprowadzeniu kilku dojrzałych plemników pod osłonkę przejrzystą (ryc. 1B). Także ten zabieg może kończyć się polispermicznym zapłodnieniem i wymaga użycia impulsu elektrycznego dla wniknięcia plemnika do oocyty. Najkorzystniejsza okazała się metoda wstrzyknięcia plemnika wprost do oocyty za pomocą cienkiej igły (ryc. 1C, D). Ta technika sztucznego zapłodnienia pozaustrojowego zwana jest docytoplazmatycznym podaniem plemnika. Wymaga ona użycia wyspecjalizowanych narzędzi mikromanipulacyjnych i jest przeprowadzana w przypadku bardzo słabej jakości nasienia oraz w przypadku wcześniejszych niepowodzeń przy stosowaniu metod wspomaganego rozrodu. Technika ta została udoskonalona przez wykorzystanie mikroskopu umożliwiającego ocenę morfologii plemników na ekranie monitora w powiększeniu 6000 razy. Pozwala to na wyselekcjonowanie najlepszego plemnika przed wstrzyknięciem go do oocyty. Metoda docytoplazmatycznego podania wyselekcjonowanych morfologicznie plemników została opracowana w Izraelu; w Polsce wprowadzili ją dr n. med. Krzysztof Grettka oraz dr n. med. Mariusz Kiecka. Obecnie wykorzystuje się także komputerową analizę nasienia umożliwiającą zbadanie koncentracji, morfologii, ruchliwości i żywotności plemników, a także określenie stanu materiału genetycznego zawartego w plemnikach. Jest to ważne, gdyż nawet morfologicznie i ruchowo prawidłowe plemniki mogą nieść wady genetyczne zaburzające wczesny rozwój zarodkowy. U mężczyzny z całkowitym brakiem plemników można wykorzystać okrągłe spermatozojy pobrane z jąder, które są haploidalnymi prekursorowymi komórkami plemników. Jednak zapłodnienie komórkami prekursorowymi lub niedojrzałymi plemnikami wyizolowanymi z jąder wiąże się ze szczególnym ryzykiem zaburzeń rozwojowych, związanych z nieprawidłową ekspresją genów imprintowanych (piętnowanych) warunkujących między innymi rozwój somatyczny płodu. Bowiemy po zapłodnieniu dochodzi do epigenetycznej modyfikacji chromatyny, a tym samym do zmiany ekspresji genów imprintowanych.

W celu przeprowadzenia zapłodnienia *in vitro* konieczne jest przeprowadzenie aspiracji oocytów, czyli wyizolowanie tych komórek z jajników kobiety. Przygotowanie kobiety do aspiracji oocytów rozpoczyna się zwykle od podania podwzgórzowego hormonu zwanego gonadoliberyną (GnRH)

w postaci zastrzyku bądź aerozolu do nosa. Hormon ten doprowadza do zahamowania wzrostu pęcherzyków jajnikowych zawierających oocyty. Następnie rozpoczyna się codzienne podawanie folikulotropowego hormonu przysadkowego (FSH) w zastrzykach, który pobudza pęcherzyki jajnikowe do zsynchronizowanego wzrostu. W tym czasie monitoruje się wzrost pęcherzyków oraz śluzówki macicy za pomocą USG. Gdy pęcherzyki są wystarczająco duże (18–20 mm) podaje się domięśniowo gonadotropinę kosmówkową (hCG) na 36 godzin przed pobraniem oocytów. Hormon ten doprowadza do zakończenia wzrostu pęcherzyków, indukując owulację. Przed aspiracją oocytów podaje się pacjentce środki uspokajające i znieczulające. Pobrania oocytów dokonuje się za pomocą cienkiej dwukanałowej igły wprowadzanej do jajnika przez sklepienie pochwy. Jednocześnie monitoruje się jajniki za pomocą USG. Narzędzie pomaga opłukiwać dojrzałe pęcherzyki jajnikowe (pęcherzyki Graafa) i odciągać płyn wraz z oocytami, które następnie są odławiane, selekcjonowane i umieszczane w specjalnej pożywce. Obecnie możliwa jest także technika badania materiału genetycznego komórek jajowych. Wykorzystuje się w tym celu ciała kierunkowe, które zawierają chromosomy matki odrzucone w czasie mejozy z oocytu. W dniu aspiracji oocytów partner oddaje nasienie po 3–5 dniach wstrzemięźliwości seksualnej i alkoholowej. Plemniki poddawane są badaniom i umieszczane w mediach odżywczych oraz oczyszczających. Po kilku godzinach inkubacji oocytów i plemników przeprowadza się zapłodnienie np. poprzez wszczepienie plemnika. Po zapłodnieniu zygoty są inkubowane przez 16–20 godzin, po czym embriolog ocenia ich stan. Zazwyczaj po 2–3 dobach wprowadza się wyselekcjonowane zarodki do macicy kobiety. Zwykle liczba wykorzystywanych zarodków wynosi od 2–3, co ma na celu zwiększenie szans powodzenia zabiegu. Wprowadzane są największe embriony (stadium 6 lub 8 blastomerów), gdyż takie mają największe szanse implantacji w śluzówce macicy. Zabieg przeprowadza się przy wypełnionym pęcherzu moczowym, co ułatwia monitorowanie umieszczenia zarodków w macicy. Kobięcie podaje się też w tym czasie progesteron, który zwiększa szanse implantacji zarodków. Po 2 tygodniach wykonuje się test ciążowy w celu oceny rezultatów zabiegu. Niewykorzystane zarodki można zamrażać w ciekłym azocie, podobnie jak nasienie, z przeznaczeniem do ewentualnego wykorzystania w przyszłości. W USA przechowuje się obecnie około 500 tys. zamrożonych embrionów. Z kolei na przykład w Niemczech i we Włoszech po aspiracji można stworzyć maksymalnie 3 embriony, z czego wszystkie muszą zostać wszczepione

matce. Tego typu zasady postępowania są oparte na odpowiednich regulacjach prawnych obowiązujących w danym kraju.

Słów kilka o historii i problemach z zapłodnieniem *in vitro*

Pierwszym dzieckiem poczętym metodą *in vitro* była Louise Brown urodzona w 1978 roku w Wielkiej Brytanii. Od tamtego czasu na świat przyszło około półtora miliona dzieci poczętych sztucznymi metodami; w tym około dwóch tysięcy dzieci w Polsce. Pierwsze pozaustrojowe zapłodnienie człowieka w Polsce przeprowadził w 1987 r. prof. Marian Szamatowicz z Kliniki Ginekologii Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku. Nieprzerwanie od tamtego czasu dwa aspekty tego działu medycyny wzbudzają ogromne kontrowersje zwłaszcza wśród katolickich teologów. Po pierwsze uważają oni, że zapłodnienie może być wynikiem jedynie intymnej relacji małżeńskiej; po drugie już zygota posiada status osoby ludzkiej, przez co uprzedmiotawianie, a tym bardziej użycie niewykorzystanych embrionów, jest niemoralne. Spore kontrowersje budzi także zezwolenie w Wielkiej Brytanii na tworzenie zarodków ludzkowzwierzęcych w celach naukowych.

Niezwykle istotne są badania wpływu zapłodnienia *in vitro* na rozwój organizmu, gdyż okazuje się, że metody rozrodu wspomaganego (ART) wiążą się z pewnymi powikłaniami. Dane rejestrów medycznych pozwalają uznać metody sztucznego zapłodnienia za bezpieczne dla zdrowia potomstwa. Stwierdzono jedynie, że dzieci poczęte metodami rozrodu wspomaganego przychodzą na świat nieco wcześniej niż w przypadku ciąży spontanicznych i częściej charakteryzują się obniżoną masą urodzeniową. Cięższe wielopłodowe są największym ryzykiem zapłodnień *in vitro*. Badania pokazują, że w przypadku technik wspomaganego rozrodu nieznacznie wzrasta ryzyko wystąpienia wad rozwojowych, często bezpośrednio związanych z samymi przyczynami niepłodności rodziców. Otóż wrodzony brak nasieniowodów jest związany z genem *CFTR*, którego mutacja powoduje także mukowiscydozę. Jednak 2/3 mężczyzn z brakiem nasieniowodów nie ma objawów mukowiscydozy, dlatego też mężczyźni z takimi wadami powinni być poddawani badaniom genu *CFTR* w celu wykluczenia ryzyka wystąpienia mukowiscydozy u potomstwa. Ponadto istnieją przesłanki wskazujące, że zapłodnienia *in vitro* podwyższają ryzyko wystąpienia bardzo rzadkich chorób wynikających z zaburzeń w epigenetycznej regulacji ekspresji genów. Należą tutaj, takie schorzenia jak zespół Beckwith-Wiedemanna,

zespół Angelmana, zespół Pradera-Williego, a także nowotwory takie jak siatkówczak.

Trzydzieści lat temu stworzona została tak zwana naprotechnologia (ang. *Natural Procreative Technology*), która nie jest niczym innym jak tylko techniką diagnozowania i leczenia niepłodności znanymi już metodami medycyny, jednak z wyłączeniem zapłodnienia *in vitro*. Podstawą naprotechnologii jest prowadzenie dokładnych obserwacji kobiecego organizmu i tworzenie indywidualnych programów terapeutycznych. Okazuje się, że metody te pozwalają na zdiagnozowanie przyczyn niepłodności w około 97% przypadków. Nie można jednak przyjmować tego wyniku za procent powodzenia leczenia niepłodności, gdyż w przypadku poważnych schorzeń, takich jak wady śluzówki macicy lub jajowodów, czy zły stan nasienia mężczyzny, metody naprotechnologii okazują się nieprzydatne, a ostateczną szansą pozostaje zapłodnienie *in vitro*. Wskazuje to, że naprotechnologia, uznawana często za alternatywę zapłodnienia *in vitro*,

okazuje się nieprzydatną dla 60% par niepłodnych. Tymczasem zapłodnienie *in vitro* jest potencjalnie pomocne w prawie wszystkich przypadkach, mimo, że szanse powodzenia sztucznych zapłodnień wynoszą między 30 a 40%.

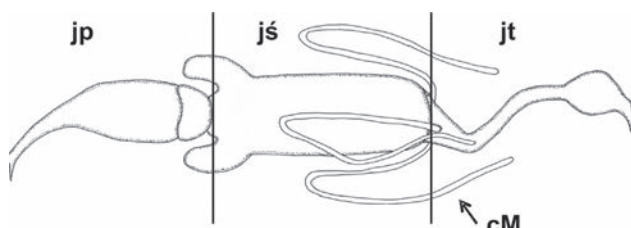
Na zakończenie należy także dodać, że zapłodnienie *in vitro* okazało się niezwykle przydatne w nauce, między innymi dla tworzenia organizmów transgeniczných, umożliwiając badania funkcji genów oraz skutków ich mutacji. Doświadczenia klinik pokazują, że niepowodzenia metod wspomaganego rozrodu są bardzo rzadkie i co ważniejsze wiadomo, że udoskonalenie umiejętności przeprowadzania pozaustrojowych zapłodnień umożliwiło posiadanie potomstwa parom, dla których wcześniej było to niemożliwe. Przez to technika zapłodnienia *in vitro* powinna być dostępna dla par niepłodnych, a zdecydowanie się na sztuczne zapłodnienie lub zaufanie metodom naprotechnologii powinno być zgodne z sumieniem danej osoby chcącej wydać na świat potomstwo.

■ Rafał P. Piprek, Zakład Anatomii Porównawczej, Instytut Zoologii, Uniwersytet Jagielloński, Kraków. E-mail: rafalpiprek@wp.pl

TAJEMNICE ŚMIERCI OWADZIEGO JELITA

Magdalena M. Rost-Roszkowska (Katowice)

Owady są najliczniejszą grupą zwierząt zasiedlających zarówno środowisko lądowe, jak i słodkowodne. Przystosowały się one także do odżywiania się różnorodnym pokarmem (np. tkanki roślinne, czy zwierzęce, soki roślinne, krew). Pomimo olbrzymich różnic w sposobie żerowania i rodzaju spożywanego pokarmu układ pokarmowy wszystkich owadów zawsze składa się z trzech części: jelita przedniego (pochodzi z ektodermy), środkowego (z endodermy) i tylnego (także z ektodermy), chociaż u różnych grup są one zróżnicowane pod względem morfologicznym i fizjologicznym (ryc. 1). Poszczególne odcinki wyścielone są nabłonkiem jednowarstwowym płaskim, sześciennym bądź cylindrycznym, a kształt jego

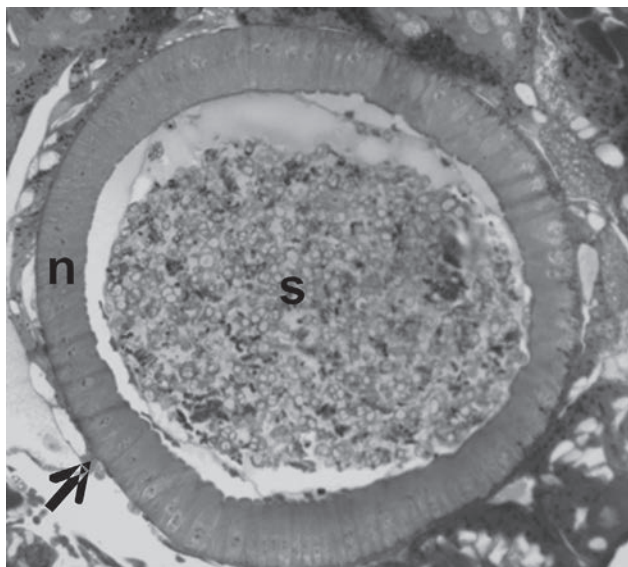


Ryc. 1. Układ pokarmowy owada: jelito przednie (jp), jelito środkowe (js) oraz jelito tylne (jt). Cewki Malpighiego (cM).

komórek jest często związany z rozmiarami ciała zwierzęcia, bądź też z aktywnością komórek w danym momencie. Jelito środkowe jest odpowiedzialne za trawienie, sekrecję, absorpcję, a u owadów pozbawionych cewek Malpighiego także za wydalanie. Ze względu na fakt, że stanowi ono dla organizmu pierwszą barierę przed szkodliwym wpływem środowiska zewnętrznego, jego budowa oraz funkcjonowanie od wielu lat budzi zainteresowanie badaczy.

Nabłonek jelita środkowego (ryc. 2) u większości owadów tworzony jest przez spoczywające na bezkomórkowej błonie podstawnej komórki trawienne oraz komórki regeneracyjne. U wielu grup Insecta opisano także występowanie komórek endokrynowych i kubkowych (ryc. 3). Komórki nabłonkowe są głównym elementem nabłonka jelita środkowego i odpowiadają za wszystkie jego funkcje związane z trawieniem i wchłanianiem. Komórki regeneracyjne występują pomiędzy komórkami nabłonka pojedynczo, bądź tworzą skupiska nazywane gniazdami lub kryptami regeneracyjnymi (ryc. 4). Są one zdolne do intensywnych podziałów oraz różnicowania się w komórki tworzące nabłonek jelita środkowego,

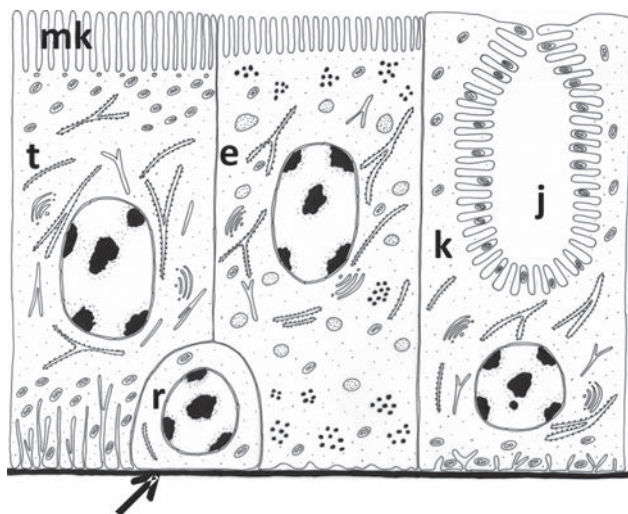
a więc w komórki trawienne, endokrynowe, czy też kubkowe. Komórki endokrynowe występują prawdopodobnie w nabłonku jelita środkowego u większości stawonogów, jednak opisane zostały głównie u motyli (Lepidoptera). Odpowiadają one za regulację syntezy



Ryc. 2. Przekrój poprzeczny jelita środkowego owada: światło jelita (s), błona podstawna (strzałka), na której spoczywa nabłonek jelita środkowego (n). Fot. M. Rost-Roszkowska.

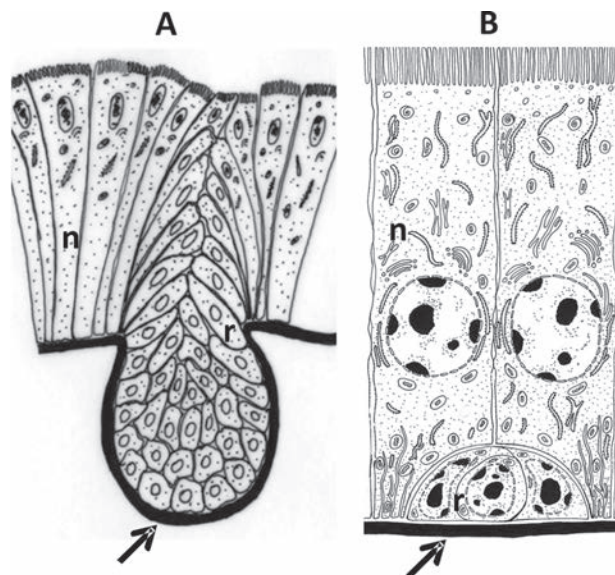
i wydzielanie enzymów trawiennych. Komórki kubkowe zostały opisane u wielu gatunków należących do wspomnianych wcześniej motyli oraz chrzączek (Trichoptera), jętek (Ephemeroptera) i widelnic (Plecoptera). Uważa się, że komórki te są odpowiedzialne za regulację gospodarki jonowej, zwłaszcza transport jonów potasu do hemolimy.

Komórki tworzące nabłonek jelita środkowego często ulegają uszkodzeniu mechanicznemu,



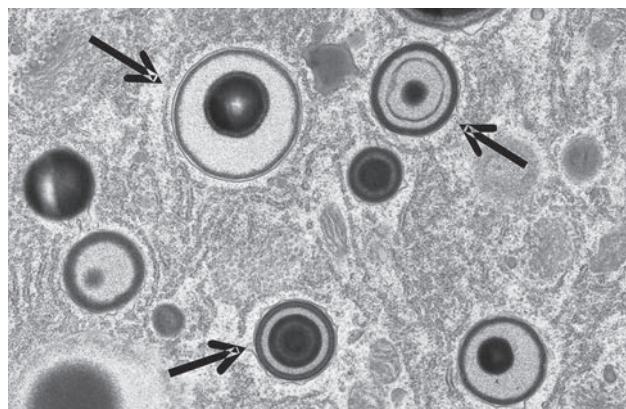
Ryc. 3. Komórki tworzące nabłonek jelita środkowego owadów: komórka trawenna (t), endokrynowa (e), kubkowa (k) oraz regeneracyjna (r), błona podstawna, na której spoczywa nabłonek (strzałka), mikrokosmki tworzone przez błonę apikalną komórek trawiennych i endokrynowych (mk), jama komórki kubkowej (j).

spowodowanemu przez masę pokarmową znajdującą się w świetle jelita, czy też uszkodzeniu, które związane jest z wydzielaniem enzymów trawiennych. Na degenerację komórek mogą mieć również wpływ zanieczyszczenia środowiska (np. obecność substancji



Ryc. 4. Komórki regeneracyjne (r) mogą w nabłonku (n) tworzyć grupy nazywane kryptami (A) lub gniazdami (B), błona podstawna (strzałka).

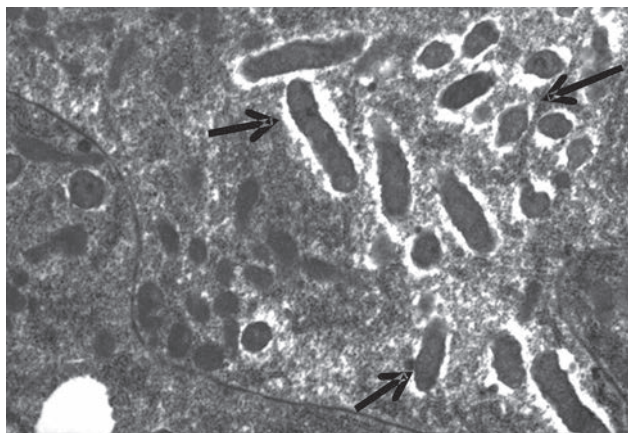
toksycznych, metali ciężkich (ryc. 5), szkodliwy hem u owadów krwio pijnych), pojawienie się mikroorganizmów patogennych (bakterie, wirusy, rikietsje, mikrosporidia) (ryc. 6), zmiany warunków życiowych (zmiany temperatury, pH, czy wilgotności), aż w końcu rodzaj i częstotliwość spożywania pokarmów. Wszystkie wymienione czynniki mają więc wpływ na zachwianie homeostazy całego organizmu, stąd konieczne jest „szybkie” niwelowanie ich wpływu. Taką właśnie rolę pełni obok funkcji



Ryc. 5. Substancje toksyczne dla organizmu gromadzone są w komórce nabłonka jelita środkowego owadów pod postacią różnorodnych sferytów (strzałki). Transmisyjny mikroskop elektronowy. Fot. M. Rost-Roszkowska.

trawiennych, jelito środkowe. Jego rola w utrzymaniu homeostazy całego organizmu jest związana głównie ze zdolnościami jego komórek do obumierania (degeneracji). Degeneracja nabłonka jelita środkowego

może u owadów zachodzić w dwojaki sposób: cyklicznie oraz w sposób ciągły. Cykliczna jest związana z cyklami linienia nie tylko u larw, ale także u dorosłych osobników, które linieją przez całe życie (np. prymitywne owady bezskrzydłe, jak u *Lepisma*



Ryc. 6. Mikroorganizmy przypominające riketsje w komórce nabłonka jelita środkowego *Allacma fusca* (Collembola). Transmisyjny mikroskop elektronowy. Fot. M. Rost-Roszkowska

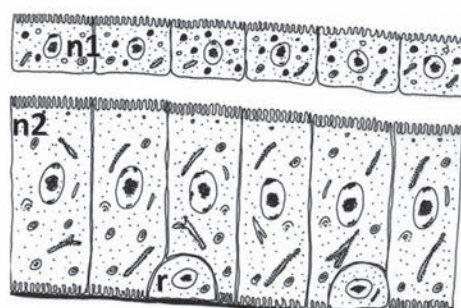
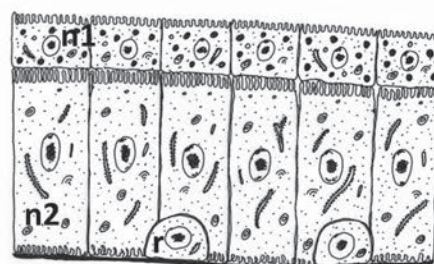
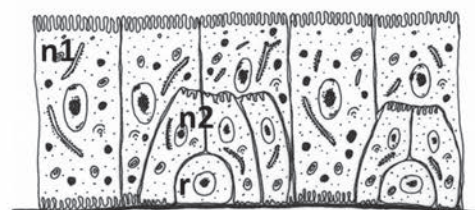
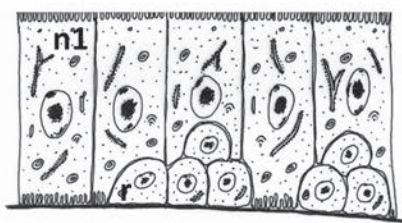
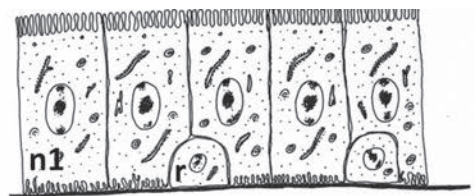
saccharina). Gdy komórki nabłonka ulegają śmierci niezależnie od cykli życiowych osobnika, mówimy o degeneracji ciągłej. Obumiera cały nabłonek jelita, bądź tylko jego pojedyncze komórki odseparowane od błony podstawnej, na której spoczywa cały nabłonek. Obumarłe są zastępowane przez nowo różnicujące się komórki (ryc. 7). Nowy nabłonek, bądź pojedyncze nowe komórki pochodzą z komórek regeneracyjnych.

Podczas degeneracji nabłonka jelita środkowego zachodzą w jego komórkach procesy doprowadzające do ich „śmierci”. Do niedawna opisywano śmierć wywołaną m.in. urazami mechanicznymi, którą nazywano nekrozą (martwicą). Jednak badania ostatnich lat wskazują również na udział zaprogramowanej śmierci komórkowej (apoptozy) oraz autofagii, zachodzących w nabłonku jelita środkowego, jako czynnika mającego znaczący udział w utrzymaniu homeostazy całego organizmu. Jak przebiegają te procesy? Jakie są morfologiczne objawy ich rozpoczęcia, a także jak przebiegają one w nabłonku jelita środkowego? Na te i wiele innych pytań związanych z układem pokarmowym owadów próbują obecnie odpowiedzieć badania w wielu ośrodkach naukowych na całym świecie.

Autofagia

Autofagia jest procesem umożliwiającym komórce pozbycie się uszkodzonych, czy obumarłych składników cytoplazmy. Uważa się, że jest to jeden z typów zaprogramowanej śmierci komórki, kiedy to w pierwszej kolejności degradowane są selektywnie

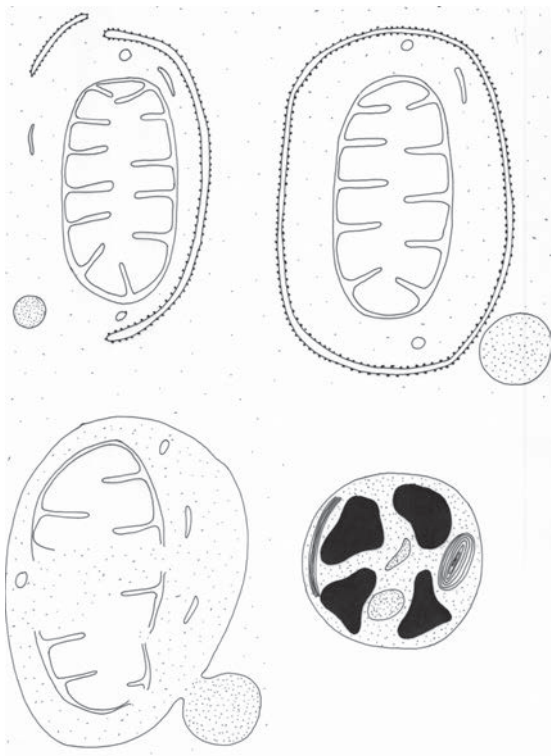
wybrane organelle, a następnie cała komórka może ulec dezintegracji. W komórkach nabłonka jelita środkowego autofagia umożliwia degradację uszkodzonych organelli, jak np. mitochondria, ale również degradację nagromadzonych w cytoplazmie komórki



Ryc. 7. Nowo wykształcony nabłonek (n2) powoduje odseparowanie nabłonka zdegenerowanego (n1) od bezkomórkowej błony podstawnej. Nabłonek zdegenerowany zostaje w rezultacie usunięty do światła jelita, gdzie ulega dalszej dezintegracji. Komórki regeneracyjne (r).

substancji toksycznych, mogących mieć wpływ na homeostazę całego organizmu, czy patogenów stanowiąc ochronę przed zainfekowaniem całego organizmu. Uważa się także, że autofagia jest formą

adaptacji komórki w przypadku głodzenia, dzięki dostarczeniu aminokwasów pochodzących z rozkładu białek. Cysterny siateczki śródplazmatycznej otaczają wybrany składnik cytoplazmy i całkowicie go otaczają, formując autofagosom (wakuola autofagowa). Autofagosom po połączeniu z lizosomem zawierającym enzymy hydrolityczne formuje tzw. autolizosom, a znajdujący się w nim materiał ulega strawieniu. Produkty trawienia dyfundują przez błonę autolizosomu do cytoplazmy komórki nabłonka jelita, gdzie są przez komórkę włączane w przemiany metaboliczne, a autolizosom z pozostałymi niestrawionymi resztkami składników cytoplazmy tworzy tzw. ciało resztkowe (ryc. 8). Gdy w cytoplazmie komórki nagromadzonych jest już wiele ciałek resztkowych zainicjowana zostaje apoptoza, bądź nekroza. Dzięki temu ciała te wraz z całą cytoplazmą komórki zostają usunięte do światła jelita, gdzie ulegają strawieniu.

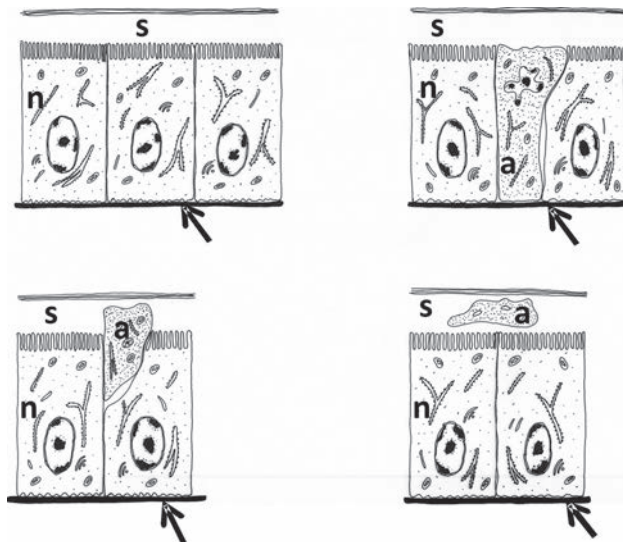


Ryc. 8. Cysterny retikulum endoplazmatycznego otaczają organellum np. mitochondrium, stopniowo zamykając je w utworzonym autofagosomie. Autofagosom po połączeniu z lizosomem tworzy autolizosom, a pozostałe po trawieniu struktury uformują ciało resztkowe.

Apoptoza

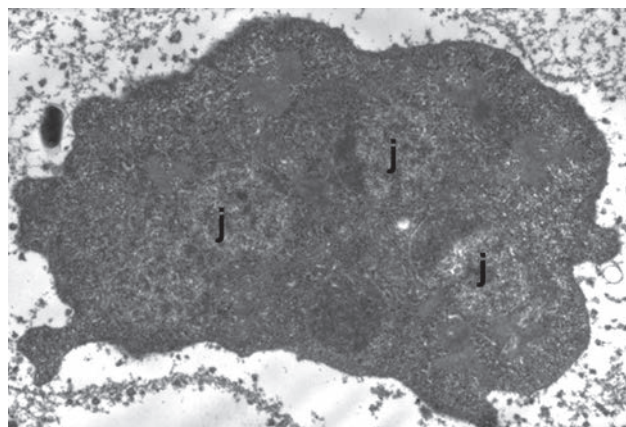
Zanim widoczne będą zmiany morfologiczne w komórce, musi być ona przygotowana przez liczne procesy biochemiczne do prawidłowego przebiegu apoptozy (aktywacja enzymów proteolitycznych nazywanych kaspazami indukuje kondensację cytoplazmy i chromatyny jądrowej, DNA zostaje pocięte

na fragmenty przez endonukleazy). Pierwsze zmiany morfologiczne w komórce nabłonka, która ulega apoptozie, dotyczą jądra komórkowego. Chromatyna staje się gęsta i tworzy liczne skupiska zarówno przy otoczce jądrowej, jak i w jego centralnej



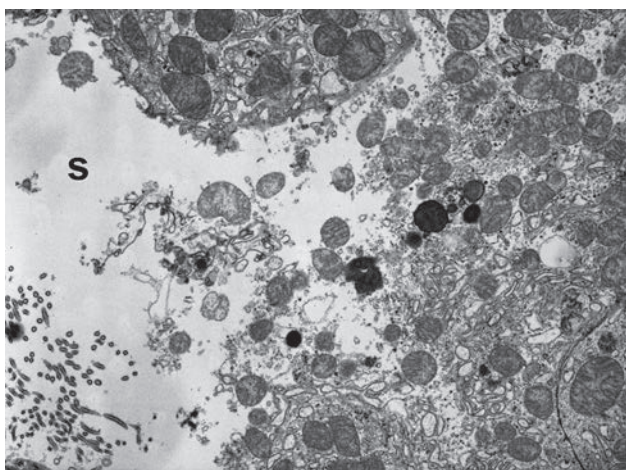
Ryc. 9. Komórka apoptotyczna (a) ulega stopniowemu obkurczaniu, co spowodowane jest stopniową utratą wody i jonów. Zanikają połączenia pomiędzy komórką apoptotyczną, a sąsiadującymi z nią komórkami nabłonka (n). Komórka apoptotyczna zostaje odseparowana od błony podstanej (strzałka) i wypchnięta do światła jelita (s).

części. Stopniowo jądro zmienia swój kształt na płatowaty formując liczne uwypuklenia i w rezultacie ulega fragmentacji. W takiej komórce widoczne są więc liczne płatowate fragmenty zawierające silnie skondensowaną chromatynę jądrową. Również mitochondria często ulegają transformacji, tworząc lamellarne lub błoniaste struktury. Jednocześnie komórka cały czas ulega stopniowemu obkurczaniu, co spowodowane jest stopniową utratą wody i jonów. Pomiędzy komórką apoptotyczną, a sąsiadującymi z nią komórkami nabłonka zwykle zanikają połączenia, stąd przestrzenie międzykomórkowe powiększają



Ryc. 10. Komórka apoptotyczna w świetle jelita środkowego *Allacma fusca* (Collembola) z widocznymi fragmentami jądra komórkowego (j). Transmisyjny mikroskop elektronowy. Fot. M. Rost-Roszkowska.

się coraz bardziej. W rezultacie ta apoptotyczna zostaje odseparowana od błony podstawnej, na której spoczywa cały nabłonek i wypchnięta zostaje do światła jelita (ryc. 9). Takie komórki mogą być obserwowane w świetle jelita owadów pojedynczo (ryc. 10), bądź też, gdy proces apoptozy zachodzi intensywnie, mogą formować się ich całe warstwy, bądź skupienia. W większości przypadków w świetle jelita komórka taka ulega strawieniu. Jednakże opisane zostały przypadki, kiedy w świetle jelita ulega ona fragmentacji, a powstałe jej fragmenty, nazywane „ciałkami apoptotycznymi”, zostają sfagocytowane przez komórki nabłonka jelita. Byłby to jedyny przypadek zdolności komórek nabłonka jelita środkowego owadów do fagocytozy.



Ryc. 11. Pozostałości po komórce nabłonka jelita środkowego widoczne w świetle jelita środkowego (s). Transmisyjny mikroskop elektronowy. Fot. M. Rost-Roszkowska.

Nekroza

Nekroza (martwica) w nabłonku jelita środkowego owadów polega na rozpadzie komórki, a następnie usunięciu jej resztek do światła jelita, gdzie ulegają strawieniu (ryc. 11). W trakcie nekrozy komórka pęcznieje, co związane jest z ciągłym napływem do jej cytoplazmy wody i jonów. W cytoplazmie pojawiają się liczne wakuole, a pozostałe organelle komórkowe, których liczba stopniowo maleje, ulegają zwykle rozdęciu. Często zanikają kontaktujące się ze światłem jelita mikrokosmki tworzone przez błonę apikalną komórki. Błona apikalna formuje do światła jelita uwypuklenia, a napływająca do cytoplazmy komórki woda w rezultacie powoduje jej pęknięcie. Do światła jelita przedostają się resztki organelli komórkowych wraz z cytoplazmą i szybko rozpoczyna

się ich trawienie. Czasami pozostałości po komórce nekrotycznej są widoczne tuż przy błonie podstawnej. Najczęściej jednak są one usuwane do światła jelita dzięki sąsiednim komórkom nabłonka, pomiędzy którymi tworzą się połączenia międzykomórkowe. W rezultacie tego następuje usunięcie „dziury” w nabłonku po zdegenerowanej komórce. Często nekroza mylona jest z wydzielaniem holokrynowym, w którym to rozpadowi ulega także cała komórka. Jednakże w przypadku tego fizjologicznego procesu nie obserwuje się wcześniejszej wakuolizacji cytoplazmy komórki, a także zmniejszania się w niej liczby organelli komórkowych. W przypadku nekrozy tworzenie wakuol w cytoplazmie komórek nabłonka może być niejednokrotnie słabo zaznaczone, co może być związane z dynamicznie zachodzącymi procesami mającymi na celu jak najszybsze usunięcie substancji toksycznych, czy patogenów zlokalizowanych w cytoplazmie. Okazuje się, że właśnie w takich przypadkach nekroza może być również sterowana genetycznie.

Powstałe po śmierci komórkowej (apoptotycznej, jak i nekrotycznej) resztki komórek nabłonka jelita ulegają w świetle jelita szybkiej degradacji (trawieniu), co uniemożliwi tworzenie się stanu zapalnego, który mógłby być wywołany produktami rozpadu komórek nabłonka. Jednocześnie szybka śmierć komórek uniemożliwia naruszenie homeostazy całego organizmu na skutek np. infekcji organizmami patogennymi, czy też szkodliwym działaniem substancji toksycznych. Tak więc procesy śmierci komórkowej są nieodłącznie związane z prawidłowym funkcjonowaniem nabłonka jelita środkowego. W trakcie życia larw, czy postaci doskonałych owadów nekroza przepłatana jest apoptozą. Jednak CO SIĘ DZIEJE POD KONIEC ŻYCIA OSOBNIKA?

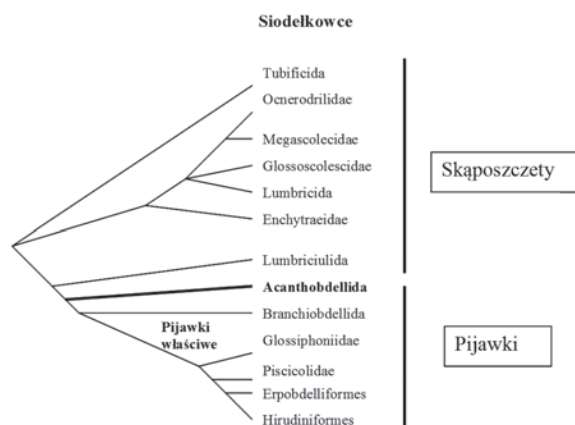
Wtedy wszystkie procesy fizjologiczne ulegają stopniowemu spowolnieniu. Przemiany anaboliczne są coraz częściej zastępowane przemianami katabolicznymi, a wszystkie narządy i tkanki ulegają stopniowej degeneracji. Osobnik przestaje się odżywiać, co w konsekwencji powoduje zahamowanie procesów trawienia, a nabłonek jelita środkowego ulega przemianom degeneracyjnym. Nabłonek ten zaczyna stopniowo obumierać, za co odpowiedzialna jest już jedynie typowa nekroza. W końcowym etapie osobnik umiera, a wraz z nim zdolność komórek jelita środkowego do procesów zaprogramowanych.

PIJAWKA Z HACZYKAMI, CZYLI RZECZ O NIETYPOWEJ PIERŚCIENICY

Piotr Świętek, Bartosz J. Plachno, Aleksander Bielecki, Anna Z. Fuchs (Katowice, Kraków, Olsztyn)

Rok 2009, połowa czerwca

stoimy na parkingu przed budynkiem Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska w Katowicach. Jesteśmy trochę podekscytowani. Przed nami daleka droga do północnej Finlandii, ok. 350 km za koło podbiegunowe. Jak się okaże w sumie przejedziemy ponad 5,5 tys. kilometrów! Po co? Celem jest *Acanthobdella peledina* Grube 1850, pasożytnicza pijawka ryb łososiowatych żyjąca wyłącznie w zimnych wodach Półwyspu Skandynawskiego, w rzekach Syberii, w jeziorze Bajkał i na Alasce. Od czasu jej pierwszego opisu, dzięki swej niezwyklej budowie przyciągała uwagę zoologów, naszą także.



Ryc. 1. Kladogram siodełkowców; wg Siddal i in., 2006, zmodyfikowany.

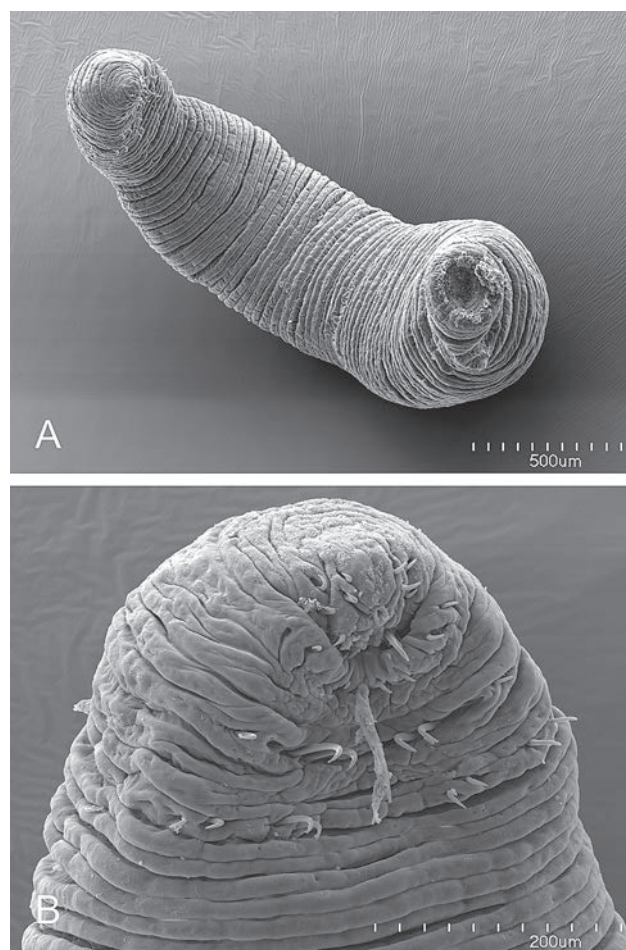
W roku 1850

zoolog A. E. Grube opublikował obszerną pracę na temat pierścienic (Annelida). Zaliczył do nich: wieloszczety (Polychaeta), skąposzczety (Oligochaeta), pijawki (Discophora = Hirudinea) oraz pazurnice (Onychophora). W obrębie pijawek autor ten opisał nowy gatunek pijawki znaleziony na rybach łososiowatych w rzece Jenisej; był on tak niezwyklej i niepodobny do innych znanych pijawek, iż jednocześnie autor utworzył dla niego nowy rodzaj i rodzinę. Pijawka ta, czyli nasz bohater, *Acanthobdella peledina*, wykazuje tak niezwyklej cechy dla biologów badających pierścienice, iż wzbudza ich zainteresowanie aż po dzień dzisiejszy. Dla lepszej orientacji czytelnika, przedstawimy wpierw kilka faktów dotyczących pierścienic.

Pierścienice

to zwierzęta, które mają ciało podzielone na odcinki (segmenty, metamery), a ich centralny układ

nerwowy położony jest po stronie brzusznej. Definicja ta sięga czasów Cuviera (1812). Współcześnie do pierścienic zaliczamy przede wszystkim wieloszczety (Polychaeta) – charakteryzujące się m. in. obecnością stadium larwalnego (trochofora), oraz powszechnym występowaniem szczeci osadzonych na tzw. parapodiach, oraz siodełkowce (Clitellata) – czyli pierścienice, które posiadają wyróżniony rejon ciała z pogrubionym naskórkiem, czyli siodełko. Służy ono w okresie rozrodczym do produkcji specjalnej osłony dla składanych jaj (czyli kokonu). Na podstawie współczesnych badań porównawczych oraz



Ryc. 2. Obraz pijawki *Acanthobdella peledina* uzyskany w mikroskopie skaningowym. A. Widok całego osobnika; po lewej przód ciała z otworem głowowym i widocznymi rzędami szczeci; po prawej, na końcu ciała widoczna niewielka przyssawka tylna. B. Przód ciała w powiększeniu; widoczne 5 rzędów haczykowatych szczeci ułożonych w pary.

molekularnych do pierścienic zaliczamy także kilka niewielkich grup zwierząt, które jeszcze niedawno wydzielane były jako osobne typy jak, np. Vestimentifera, Pogonophora czy Echiura. W niniejszej pracy

szczególnie interesują nas siodełkowce, do których zwyczajowo zaliczamy dwa taksony: skąposzczety (Oligochaeta) oraz pijawki (Hirudinea) (ryc. 1). Siodełkowce spośród innych pierścienic wyróżnia kilkanaście im tylko właściwych cech (tzw. autapomorfii). Jedną została już wspomniana, to obecność siodełka, a z innych wymienimy tu hermafrodytyzm (obojnacstwo – każdy osobnik ma komplet narządów rozrodczych zarówno męskich jak i żeńskich), ograniczenie gonad do specyficznych segmentów ciała czy niewystępowanie stadium larwalnego. Nazwę siodełkowce zaproponował po raz pierwszy zoolog Michaelsen w roku 1919, zaliczył on do klasy siodełkowców dwa rzędy: Oligochaeta i Hirudinea. Czym różnią się te dwie grupy pierścienic od siebie? Mając w pamięci przedstawicieli obu grup, czyli jakiegoś skąposzczeta (najpewniej przychodzi nam tu na myśl dżdżownica i np. wazonkowce) i przedstawiciela pijawek (któż z nas nie słyszał i nie wie jak wygląda pijawka lekarska?) od razu widzimy pewne różnice. Skąposzczety generalnie posiadają chitynowe szczeci, natomiast nie posiadają przyssawek, a gonady męskie leżą zawsze przed żeńskimi (patrzac od przodu ciała) poza tym skąposzczety odżywiają się odpadkami organicznymi i generalnie nie są drapieżne jak pijawki. Pijawki z kolei charakteryzuje m. in. obecność dwu przyssawek, przedniej i tylnej, stała liczba segmentów ciała (34), natomiast gonady męskie są zawsze położone za jajnikami i takie właśnie pijawki nazywamy pijawkami właściwymi. A jak wygląda

Acanthobdella peledina

możemy zobaczyć na ryc. 2. Przód ciała jest spiczasto zakończony i nie ma na nim przyssawki, jaka powinna charakteryzować pijawkę. Za to poniżej otworu gębowego widoczne są dobrze segmenty, na których znajdują się szczeci. W sumie występuje 5 rzędów w każdym po 4 pary szczeci, co daje łącznie 40 haczykowatych szczecinek. Obecność tych struktur i brak przyssawki na przedzie ciała wskazują na podobieństwo tego organizmu do skąposzczetów. Gdy patrzemy dalej zauważymy, iż koniec ciała jest bardziej pijawkopodobny (ryc. 2); znajduje się na nim dosyć solidna przyssawka. *A. peledina* ma także stałą liczbę segmentów charakteryzującą wszystkie osobniki, i chociaż jest ona inna niż u pijawek właściwych (*A. peledina* ma ich 29) to sam fakt stałości liczby segmentów jest zastanawiający. *A. peledina* z pijawkami właściwymi wiąże także sposób zdobywania pokarmu – jest ona pasożytem ryb, odżywia się tkankami tworzącymi pokrycie ciała i ich krwią. By sprawę bardziej skomplikować możemy jeszcze wspomnieć, że budowa układu rozrodczego, czy

wykształcenie jam ciała *A. peledina*, nawiązuje raczej do skąposzczetów niż do pijawek. Czym jest więc to zwierzę? Wyspecjalizowanym skąposzczetem? Prymitywną pijawką? A może ogniwem pośrednim pomiędzy tymi dwiema grupami siodełkowców? Odkrywca tej pijawki, Grube nie miał wątpliwości, że

Acanthobdella peledina to pijawka.

W opisie nowego rodzaju *Acanthobdella* napisał: (*A. peledina* to) „... Discophora (tzn. Hirudinea) ze szczecinkami zamiast przyssawki przedniej”. Grube zdawał sobie jednak sprawę, że nieznaną jest jeszcze anatomia tej pijawki, i tylko dokładne badania nad jej budową pozwolą wyjaśnić pozycję systematyczną tego niezwyklego zwierzęcia. Badania anatomiczne *A. peledina* przeprowadził z początkiem XX w. rosyjski zoolog N. A. Livanow. Obszerna praca tego badacza (230 stron!) z roku 1906 ze szczegółowym opisem morfologii i anatomii *A. peledina*, oraz wieloma kolorowymi rycinami do dziś może budzić zazdrość niejednego biologa. W pracy tej, a także następnej z roku 1931, Livanow stwierdził, że *A. peledina* to „żywa skamieniałość”, pijawka, która nawiązuje swoją budową do przodków dzisiejszych pijawek. Podobnie sądzą i inni zoolodzy, którzy generalnie uważają *A. peledina* za zwierzę reliktowe, o specjalnym znaczeniu filogenetycznym, będące pośrednikiem pomiędzy skąposzczetami a pijawkami.

Wspomniany już wcześniej Michaelsen, na podstawie takich cech jak obecność szczeci, budowa narządów rozrodczych czy struktura jam ciała uważał (w roku 1919), iż

A. peledina to wyspecjalizowany skąposzczet,

u którego zaszła ewolucja w tym samym kierunku co u pijawek (ewolucja równoległa) i dlatego ma on kilka cech „pijawkopodobnych”, jak np. obecność tylnej przyssawki. Taka ewolucja równoległa była możliwa, ponieważ *A. peledina* odmiennie od innych skąposzczetów, a podobnie do wielu pijawek prowadzi pasożytniczy tryb życia. Poglądy Michaelsena nie znalazły potwierdzenia w badaniach porównawczych i tym samym uznania u innych zoologów. Za to do dziś używamy nazwy siodełkowce, którą Michaelsen zaproponował dla taksonu zawierającego skąposzczety i pijawki. Jako ciekawostkę, w kontekście współczesnych badań, warto wspomnieć o jeszcze jednym poglądzie Michaelsena. Otóż uważał on, że wszystkie pijawki to wyspecjalizowane skąposzczety, które uległy znaczącym modyfikacjom przystosowującym je do drapieżnego trybu życia! A teraz już trochę o współczesnych poglądach na temat pozycji systematycznej *A. peledina*.

Badania molekularne potwierdziły,

iż *A. peledina* wraz z przedstawicielami Branchiobdellidae (to niewielka grupa siodełkowców, złożona z pasożytów i ektokomensali skorupiaków; posiadają one jedną, tylną przyssawkę, nie mają szczeci i także od lat szukano dla nich miejsca w systematyce) oraz innymi pijawkami (właśnie by odróżnić je od kontrowersyjnych *A. peledina* i Branchiobdellidae pijawki te nazywamy pijawkami właściwymi) stanowią monofiletyczny takson w obrębie Oligochaeta (ryc. 1). Czyli wszystkie te 3 grupy zwierząt miały wspólnego przodka, a *A. peledina* jest najbardziej prymitywnym przedstawicielem całej grupy pijawek. Badania molekularne wskazują, iż grupą siostrzaną do szeroko pojętych pijawek (*A. peledina* + Branchiobdellidae + pijawki właściwe) są niewielkie skąposzczety z rodziny dżdżowniczkowatych (Lumbriculidae) (ryc. 1). Jak z tego wynika nowoczesne badania molekularne w połączeniu z klasycznymi badaniami porównawczymi potwierdziły hipotezy, oparte tylko na porównawczych badaniach morfologicznych, takich



Ryc. 3. Lipień z kilkoma osobnikami *Acanthobdella peledina* przyczepionymi pomiędzy płetwami brzuszными ryby. Ryby pomimo obecności pasożytów były w dobrej kondycji.

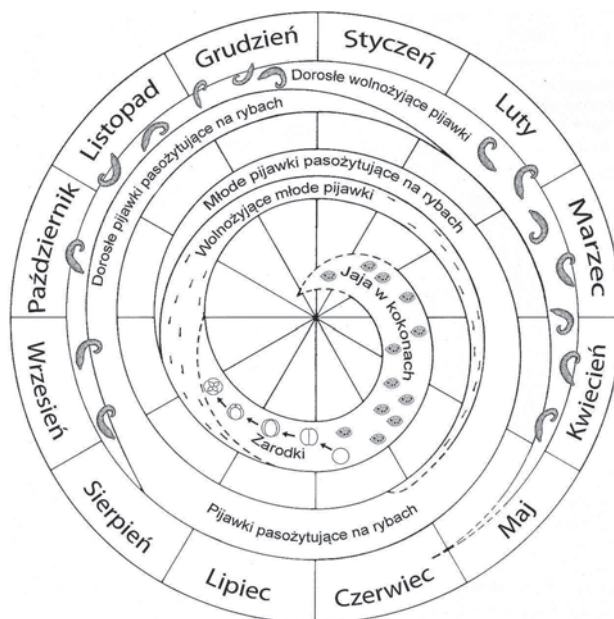
zoologów jak Grube czy Livanow, że *A. peledina* to prymitywna pijawka, ale jednocześnie wykazały iż

wszystkie pijawki to wyspecjalizowane skąposzczety.

Czyli by dobrze zrozumieć w obrębie siodełkowców nie ewoluowały niezależnie dwie grupy zwierząt: niedrapieżne skąposzczety oraz drapieżne lub krwio pijawki, ale to w obrębie odżywiających się rozkładającą się materią organiczną skąposzczetów pojawiły się zwierzęta, które zmieniły sposób zdobywania pokarmu i w ten sposób wyewoluowały pijawki. Ostatnia część niniejszego opracowania to

biologia *A. peledina*.

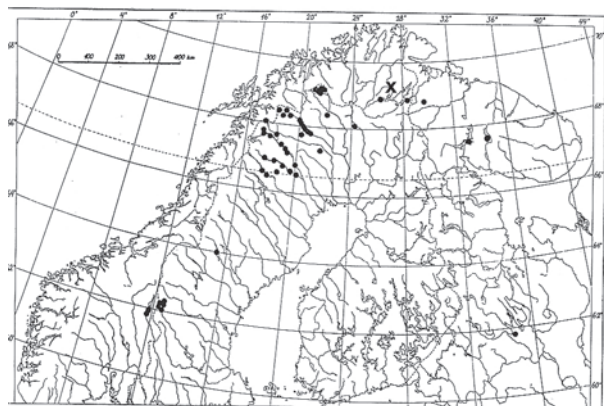
Pomimo tego, iż pijawka ta przyciągała od dawna uwagę zoologów nie znano jej cyklu życiowego



Ryc. 4. Cykl życiowy *Acanthobdella peledina*; wg. Andreson, 1988, zmieniony. Objasnienia w tekście.

aż do końca lat 80. XX w.! Wspomnieliśmy już, że *A. peledina* jest czasowym pasożytem ryb łososiowatych; głównie znajduje się ją na pstrągu i lipieniu. Na ciele ryb pijawki najczęściej spotyka się u podstawy płetwy grzbietowej. W naszych badaniach obserwowaliśmy pijawki głównie w okolicy płetw brzusznych (ryc. 3). Pijawka przyczepia się mocno do skóry ryby przyssawką tylną, a następnie dzięki haczykowatym szczeciom zaczepia się przodem ciała do skóry i może się odżywiać. Pokarmem *A. peledina* jest nie tylko krew atakowanych ryb, wyjada także nabłonek ciała wraz z tkanką podskórną, obserwowano niekiedy, np. częściowo wyjedzone płetwy. Badacze różnie oceniają wpływ takiego pasożytnictwa na kondycję ryb, uważa się ogólnie, że nawet kilkanaście osobników *A. peledina* nie jest w stanie wyrządzić dużych szkód swojemu gospodarzowi. W okolicach sierpnia dojrzałe płciowo pijawki opuszczają swojego gospodarza (ryc. 4) i zaczyna się ich sezon rozrodczy. Następuje kopulacja i niekiedy już w tydzień po niej pijawki składają pierwsze kokony wypełnione jajami. Kokon to białkowa osłonka, która otacza jaja i rozwijające się zarodki oraz dostarcza im substancji odżywczych. Każdy osobnik *A. peledina* (pamiętajmy, że są to obojnaki) może złożyć do 7 kokonów. W kokonach znajdowano różną liczbę jaj – od 13 do 33. Rozwój zarodków następuje częściowo w okresie zimowym, w zimnej wodzie (ok. 4°C) pod lodem i niekiedy ciągnie się aż do sierpnia/września roku następnego. Młode pijawki po opuszczeniu kokonów mają ok. 2 mm długości i chociaż mogą przeżyć do 140 dni bez pobierania pokarmu, to natychmiast gdy w pobliżu przepływa ryba wykonują tzw. ruchy

poszukujące i próbują się przyczepić do niej przyssawką. Pijawki spędzają na rybie około roku, odżywiając się i dorastając do rozmiarów 20–35 mm przy



Ryc. 5. Mapa Półwyspu Skandynawskiego z zaznaczonymi stanowiskami *Acanthobdella peledina* (czarne punkty); krzyżykiem zaznaczono stanowisko, w którym w czasie naszej wyprawy złowiliśmy ryby zainfekowane przez tego pasożyta. Mapa wg Anderson; 1988, zmodyfikowana.

szerokości ciała ok. 3 mm. Takie pijawki opuszczają ryby by zacząć cykl życiowy od początku. Dojrzałe płciowo pijawki po złożeniu kokonów najprawdopodobniej giną i ich dwuletni cykl życiowy ulega zamknięciu (ryc. 4). Należy tutaj dodać, iż powyższe dane pochodzą z obserwacji pijawek hodowanych w akwariach a tylko częściowo są potwierdzone obserwacjami terenowymi. Wynika to oczywiście z faktu, iż *A. peledina* w sumie jest rzadką pijawką, żyjącą wyłącznie w zimnych, zamarzających na przeszło pół roku wodach i aby badać biologię tej pijawki nie wystarczy być dobrym zoologiem, ale także



Ryc. 6. Jezioro Aksujärvi w północnej Finlandii; nad tym jeziorem spędziliśmy kilka dni łowiąc ryby i starannie je przeglądając w poszukiwaniu „naszej” pijawki.

trzeba być dobrym wędkarzem.

Nasza „fińska” ekspedycja też miała takiego. Był nim Stanisław Cios – radca prawny polskiej



Ryc. 7. Rzeka Peltajoki. W tej rzece udało się nam zebrać więcej pijawek niż w jeziorze Aksujärvi. Po prawej stronie widać St. Ciosa w trakcie łowienia ryb.

ambasady w Helsinkach, a głównie zapalony miłośnik wędkarstwa. Z jego pomocą znaleźliśmy się w II połowie czerwca 2009 roku w północnej Finlandii w okolicach jeziora Aksujärvi, ok. 90 km na północ od miasta Inari, czyli ok. 350 km za kołem podbiegunowym (ryc. 5, 6, 7). O tym jak trudno badać tę niezwykłą pijawkę przekonaliśmy się sami, gdy w ciągu kilku dni intensywnych starań (w sumie przejrzeliliśmy kilkaset ryb złapanych w sieci rybackie i ok. 100 złapanych na wędkę) udało się nam odłowić tylko 3 lipienie zainfekowane w sumie przez ok. 30 pijawek. Tak pozyskany materiał będzie nam służył do badań nad ultrastrukturą narządów rozrodczych i przebiegiem procesu oogenezy tego interesującego organizmu. Na koniec nasuwa się refleksja, iż może to dobrze, że ta „żywa skamieniałość” żyje w trudno dostępnych obszarach naszego globu i jedynie rybacy, wędkarze i (rzadko!) naukowcy mogą ją niepokoić.

Wyjazd do Finlandii i badania nad oogenezą pijawki *Acanthobdella peledina* finansowane są przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach projektu badawczego własnego nr N N303 423636: „Organizacja jajnika i przebieg procesu oogenezy wybranych grup siodełkowców (Annelida, Clitellata)”.

Zdjęcia w skaningowym mikroskopie elektronowym zostały przez nas wykonane w Laboratorium Mikroskopii Skaningowej z Emisją Połową i Mikroanalizy w Instytucie Nauk Geologicznych UJ

Dr hab. Piotr Świątek jest adiunktem w Katedrze Histologii i Embriologii Zwierząt Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach. Od lat zajmuje się oogenezą zwierząt bezkręgowych, szczególnie interesują go pierścienice i owady. E-mail: piotr.swiatek@us.edu.pl

Dr Bartosz J. Płachno jest adiunktem w Zakładzie Cytologii i Embriologii Roślin Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie.

Dr hab. Aleksander Bielecki, prof. UWM, pracuje w Katedrze Zoologii Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie.

Mgr Anna Z. Fuchs jest doktorantką w Katedrze Histologii i Embriologii Zwierząt Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach.

JAK WYWIEŚĆ W POLE DRAPIEŻNIKA – CZYLI O STRATEGIACH OBRONNYCH OWADÓW

Anna Stępień (Łódź)

Świat przyrody rządzi się swoimi prawami, a nieustająca walka o przetrwanie jest jednym z jego elementów. Zasady ewolucji jasno wyznaczają tor, jakim kierują się organizmy – wygrywa ten, kto jest silniejszy, szybszy, lepszy. To ten, który potrafi zdobyć dla siebie pokarm, a jednocześnie unika stania się czymś obiadem.



Ryc. 1. Nartniki (Gerris) aby zmylić napastnika potrafią wyskakiwać w powietrze. Fot. R. Jaskuła

Od milionów lat trwa rywalizacja między ofiarami i drapieżcami, i chociaż jej brutalność może budzić przerażenie wśród ludzi, to pozwala ona zachować równowagę w przyrodzie. Świat owadów nie odbiega od schematu; można tutaj znaleźć liczne przykłady relacji między drapieżnikiem i jego potencjalną zdobyczą. Odpowiedzią na strategie tych pierwszych jest szereg sposobów obrony.



Ryc. 3. Galasy są doskonałym schronieniem dla larw galasówkowatych (Cynipoidae). Fot. R. Jaskuła

W chwili, kiedy ofiara zostanie spostrzeżona, najprostszą metodą jest wycofanie się. Bieżne odnoża chrząszczy, umięśnione golenie prostoskrzydłych, czy skrzydła ważek umożliwiają im szybki odwrót. Niekiedy jednak prosta na pozór ucieczka wymaga skomplikowanej taktyki. Wodne pluskwiaki – nartniki (Gerris), uciekając wyskakują w powietrze.

W ten sposób rozpędzony napastnik – ryba – wyprzedza je pod powierzchnią wody, gubiąc potencjalną ofiarę z pola widzenia. Niestety ucieczka nie zawsze daje pożądane efekty. Refleks drapieżczy często okazuje się szybszy, co kończy się schwytaniem i pożarciem danego osobnika.



Ryc. 2. Skupisko larw chruścików domkowych. Fot. R. Jaskuła

Aby nie dopuścić do takiej kolei losu owady przede wszystkim starają się unikać zagrożenia. Na ogół wiąże się to z wyższymi kosztami energetycznymi, ale zwiększa szanse przeżycia. Niektóre z larw chruścików budują domki. Dzięki temu ochraniają swoje ciało, a twarda struktura utrudnia ewentualne złapanie. Poza tym larwy wykorzystują do budowy drobne kamyki, ziarenka piasku, kawałki patyków – dostępne w bliskim sąsiedztwie. Taki materiał powo-



Ryc. 4. Krytyczne ubarwienie miernikowca (Geometridae). Fot. M. Grabowski

duje, że domek trudno odróżnić od podłoża.

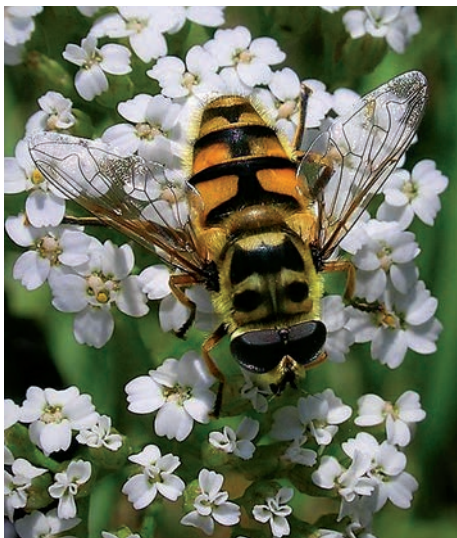
Podobną funkcję pełnią galasy – wyrosła spotykane głównie na liściach, w których rozwijają się między innymi larwy błonkówek z rodziny galasówkowatych (Cynipoidae). Stanowią one doskonałe schronienie dla larw. Są one osłonięte nie tylko przed drapieżnikami, ale również przed uszkodzeniami mechanicznymi ich delikatnego ciała.

Choć wykorzystywanie kryjówek jest skuteczne, nie jest to jedyna metoda na chowanie się przed agresorem. Ale czy możliwe jest uniknięcie wzroku drapieżnika w inny sposób?



Ryc. 5. Bujanki (Bombyliidae) swoim wyglądem upodabniają się do trzmieli. Fot. R. Jaskuła

By móc spokojnie odpoczywać w ciągu dnia, ćmy wykształciły kryptyczne ubarwienie. Szarobrązowa barwa skrzydeł sprawia, że większość gatunków trudno odróżnić od podłoża. Nawet wprawni entomolodzy nie od razu potrafią dostrzec siedzące na pninach miernikowce (Geometridae). Dopiero po dłuższej obserwacji wyłaniają się kontury motyla. Ale to, co jest w stanie wychwycić ludzkie oko, nie zawsze jest możliwe do zauważenia przez drapieżnika. Ptaki z większej odległości nie widzą ofiary, zatem miernikowce nawet bez specjalnego schronienia pozostają bezpieczne.



Ryc. 6. Bzygi (Syrphidae) dzięki żółto-czarnym prążkom przypominają pszczoły i osy. Fot. R. Jaskuła

Problem z odróżnieniem owada od podłoża, na którym żyją można mieć też w przypadku prostoskrzydłych. W zależności od miejsca żerowania spotykamy gatunki lub formy od brązowych, przez szare po zielone. Przybranie kolorów otoczenia pozwala im na skuteczne maskowanie się.

Owady oszukują prześladowców nie tylko upodabniając się do elementów środowiska. Pewne gatunki wykształciły taką budowę, dzięki której przypominają swoich trujących krewniaków. Mowa



Ryc. 7. Przeziernik (Sesiidae) – jeden z przykładów zastosowania mimikry batesowskiej. Fot. M. Grabowski

tutaj o mimikrze batesowskiej. Wygląd „bezbронnych zwierząt” jest zbliżony do tych jadowitych. Dobrym przykładem są muchówki z rodziny bujankowatych (Bombyliidae). Chociaż same nie mają właściwości toksycznych potrafią zmylić drapieżnika. Przyczyna jest prosta – swoim wyglądem przypominają trzmielie (Bombus) – błonkówki posiadające żądła. Z kolei bzygowate (Syrphidae), dzięki żółto-czarnym prążkom na tułowiu i odwłoku trudno odróżnić od pszczoł i os. Tak charakterystyczny wygląd powoduje, że drapieżnik woli się do nich nie zbliżać. Podobnego rodzaju „oszustw” dopuszczają się także niektóre z motyli.



Ryc. 8. Charakterystyczna barwa kraśnika (Zygaenidae) w połączeniu z produkcją toksyn skutecznie odpiera atak drapieżnika. Fot. M. Grabowski

Przeziernikowate (Sesiidae) różnią się od pozostałych łuskoskrzydłych przezroczystymi skrzydłami i czarno-żółtym ubarwieniem. Taka budowa upodabnia je do os i szerszeni. Dzięki temu nie pozostawiają wątpliwości swoim wrogom, którzy wola je ominąć niż ryzykować użądlenie.

Powyższe strategie nie wymagają stosowania czynnej obrony. Owady mogą zwieść drapieżnika, ale już nie są w stanie odeprzeć ataku, w przeciwieństwie do gatunków owadów, do których się upodobiły.

Te w obliczu niebezpieczeństwa podejmują aktywne metody, włącznie z obroną chemiczną. W porównaniu do biernych sposobów obrona chemiczna jest znacznie bardziej skomplikowana, nic więc dziwnego, że budzi zainteresowanie wielu naukowców. Synteza związków obronnych zachodzi w specjalnych gruczołach, a ich wydzielanie następuje dopiero podczas ataku. Taki mechanizm znacznie zwiększa szanse porzucenia przez prześladowcę. Często w powiązaniu z odstrasżającym smakiem, czy zapachem występuje charakterystyczne jaskrawe ubarwienie. Dla drapieżnika jest to sygnał o niejadalności danego owada.



Ryc. 9. Czerwony kolor spodniej pary skrzydeł niedźwiedziówki gospo- si (*Arctia caja*) ma za zadanie odstraszać potencjalnych napastników. Fot. R. Jaskuła

Zapewne wszyscy widzieli mieniące się kolorami motyle tropikalne. Jednak krajowe gatunki wcale nie są gorsze. Niektóre wykształciły barwy ostrzegawcze widoczne już z daleka. Przykładem są kraśniki (*Zygaenidae*), u których czysto czarny odcień skrzydeł kontrastuje z czerwonymi plamkami. Oprócz charakterystycznego ubarwienia, kraśnik wytwarza związek zwany kwasem pruskim – czyli cyjanowodór. Synteza substancji zachodzi w gruczołach zlokalizowanych na grzbietowej stronie przedtułowia. Taka broń powoduje, że owady są mało płochliwe, stąd możliwe jest podejście do nich na niewielką odległość. Inny motyl – niedźwiedziówka nożówka (*Arctia caja*) w momencie zagrożenia pokazuje spodnią parę skrzydeł. Ich czerwonoceglasty kolor daje informację napastnikowi, by ten zostawił owada w spokoju. Entomologom znane są również jaskrawo ubarwione gąsienice zmrocznika wilczomlecza (*Hyles euphorbiae*), żerujące na wilczomleczu (*Euphorbia*). Za barwę odpowiadają toksyczne składniki roślinne, które motyl magazynuje w tkankach bez negatywnych konsekwencji dla swojego organizmu. Podobnie, jak i u pozostałych intensywnie ubarwionych gatunków, przyswajanie toksyn następuje już w trakcie rozwoju larwalnego.

Doskonałym przykładem owadów, które oprócz chemicznej wydzieliny mają jaskrawy kolor, są pluskwiaki różnoskrzydłe. Charakterystyczny wzór niektórych gatunków – jak np.: kowala bezskrzydłego

(*Pyrrhocoris apterus*) przyciąga wzrok, ale jednocześnie daje informację o niebezpiecznych właściwościach. Zaniepokojony owad wytwarza cuchnącą substancję, która ma za zadanie odstraszyć drapieżnika. O tym jak silny jest zapach stosowanej przez nie wydzieliny przekonał się każdy, kto choć raz wziął do ręki pluskwiaka. Jakże związki odpowiadają za cuchnącą woń? U kowala bezskrzydłego zidentyfikowano ich aż 43, w tym m.in.: estry, aldehydy, ketony – te grupy nadają intensywny zapach. Ponadto wykryto u nich także toksyczne terpeny i fenole. U pewnych gatunków wydzielina spełnia również dodatkowe



Ryc. 10. Gąsienica zmrocznika wilczomlecza (*Hyles euphorbiae*) – jej jaskrawe ubarwienie daje informację o toksycznych właściwościach. Fot. G. Tończyk

funkcje. Pozwala m.in. osobnikom różnych płci na odszukanie się i tworzenie skupisk, które stanowią dodatkowe zabezpieczenia. W razie ataku schwytanego zostanie, co najwyżej, kilka pluskwiaków, podczas gdy reszta kolonii przeżyje.

Czasem sama nazwa owada wiele mówi o jego właściwościach. Popularnie określany „afrykański pluskwiak zabójca” nie bez powodu budzi strach. *Platyeris rhadamanthus* posiada czarno-żółte aposematyczne ubarwienie, ale nie to czyni go popularnym wśród hodowców. Rozdrażnione plużą substancją zawierającą jad nawet na odległość 30 cm. Drapieżnik trafiony mieszaniną odczuwa intensywny ból. Jad jest na tyle silny, że pluskwiaki skutecznie stosują go przeciwko kręgowcom.

Aktywną obronę z jadem w roli głównej z powodzeniem stosuje wiele innych owadów. Posługiwanie się tą specyficzną bronią od razu przywołuje na myśl błonkówki z grupy żądłówek (*Aculeata*). Pszczoły i osy, podobnie jak mrówki, mają silnie wykształcony instynkt ochrony gniazda. Gdy tylko „niepożądany gość” znajdzie się w pobliżu, wzmacniają obronę i wysyłają dodatkowych strażników. Organizm stwarzający potencjalne zagrożenie zostaje ukłuty żądłem. Dla zwiększenia skuteczności np.: u pszczoł, żądło wyposażone jest w system haczyków i zadziórów, by utrudnić jego usunięcie z ciała ofiary. Pozostawione w skórze przeciwnika stopniowo uwalnia toksyczną mieszaninę białek.

Nieliczne gatunki np.: niektóre osy, mrówki czy pszczoły ze względu na wytwarzany przez nie związek, mogą być niebezpieczne nie tylko dla zwierząt, ale i dla człowieka. Złą sławą cieszy się między innymi mrówka ognista (*Solenopsis invicta*) rozprzestrzeniona na terenie Ameryki Południowej i Północnej, Azji i Australii. Owady broniąc się, wstrzykują pod skórę napastnika kwas mrówkowy. Towarzyszy temu pięką-



Ryc. 11. Kowal bezskrzydły (*Pyrrhocoris apterus*). Fot. M. Grabowski

cy ból, jednak straty uszkodzonego organizmu mogą być znacznie większe. Wytwarzane związki organiczne są na tyle silne, że potrafią spowodować ślepotę u psa, kota, a nawet słonia.

My na szczęście nie mamy powodu do obaw. Mrówki występujące w kraju nie stosują aż tak niebezpiecznych metod. To oczywiście nie oznacza, że są bezbronne wobec przeciwnika. Aby pozbyć się intruza wykształciły rozmaite sposoby. Jedne magazynują w zbiorniczkach jadowitą substancję, po to, by w chwili zagrożenia rozpylić ją na dużą odległość, inne dotkliwie gryzą silnymi żuwaczkami, a następnie oblewają ranę kwasem mrówkowym.

Czynna obrona z wykorzystaniem substancji chemicznych jest również częstym sposobem stosowanym przez chrząszcze. Komórki wydzielnicze gruczołów obronnych wytwarzają różnorodne związki, często charakterystyczne dla poszczególnych rodzin, a nawet gatunków. Tak jest w przypadku kantarydyny, substancji syntetyzowanej przez majkę lekarską (*Lytta vesicatoria*). Za sprawą silnych właściwości mieszaniny chrząszcz należy do „rozślawionych” gatunków. Już dawka 2–3 g powoduje śmierć człowieka. Fakt ten znany był już starożytnym Rzymianom, którzy używali substancji, by niepostrzeżenie pozbyć się kłopotliwych osób.

Dla wodnych Adephaga – Dytysicidae i Hygrobiidae typowa jest synteza steroidów, także estrogenów, androgenów – często identycznych z hormonami ssaków. Produkcja tych związków jest niemożliwa przez

owada, dlatego prekursorzy (głównie cholesterol) pochodzą z pożywienia. Substancje te z powodzeniem odstrasza napastników. U wodnych Adephaga mieszanina spełnia jeszcze dodatkową funkcję – przeciwbakteryjną i przeciwgrzybiczną. Rozprowadzana po odwłoku zabija mikroorganizmy, które utrudniają utrzymanie przy powierzchni wody i wymianę powietrza. Inni przedstawiciele chrząszczy drapieżnych –



Ryc. 12. Biegaczowate (Carabidae) do obrony wykorzystują substancje chemiczne. Na zdjęciu biegacz granulowany (*Carabus granulatus*). Fot. R. Jaskuła

krętaki (Gyrinidae) znane są z wydzieliny obronnej zawierającej terpeny. Jej działanie sprawdzane w testach, okazało się śmiertelne dla ryb. W naturalnych warunkach takie efekty nie występują, ale atak drapieżnika zostaje skutecznie powstrzymany.

U wspomnianych powyżej Adephaga muskulatura zbiornika z wydzieliną obronną nie pozwala na jej silne wyrzucenie z organizmu. Efektownych strzałów można za to oczekiwać od biegaczowatych (Carabidae). Najbardziej spektakularną obronę stosują strzele (Brachynus). W skład ich mieszaniny wchodzi nadtlenek wodoru i hydrochinon. Te dwa związki eksplodują dopiero po dodaniu do nich katalizatora, co następuje w chwili zagrożenia. Temperatura mieszaniny dochodzi do 100°C, a częstotliwość wystrzałów nawet do 500 na sekundę. Pozostałe gatunki wydzielają substancję jedynie poprzez sączenie lub rozpylanie. Choć są to sposoby mniej energiczne, nie przeszkadza to biegaczom w precyzyjnym trafieniu napastnika.

Opisane przykłady pokazują, jak wiele różnorodnych metod stosują owady, by uniknąć drapieżnika. Niewielkie, z pozoru bezbronne zwierzęta potrafią ukryć się, zamaskować, a nawet aktywnie odeprzeć atak. Im więcej energii przeznaczą na obronę, tym lepszych efektów mogą się spodziewać. Łatwy do zapamiętania sygnał powoduje, że napastnik szybko uczy się omijać taką zdobycz, a tym samym szanse przeżycia ofiary stają się większe.

POMIARY BEZ ODDZIAŁYWANIA

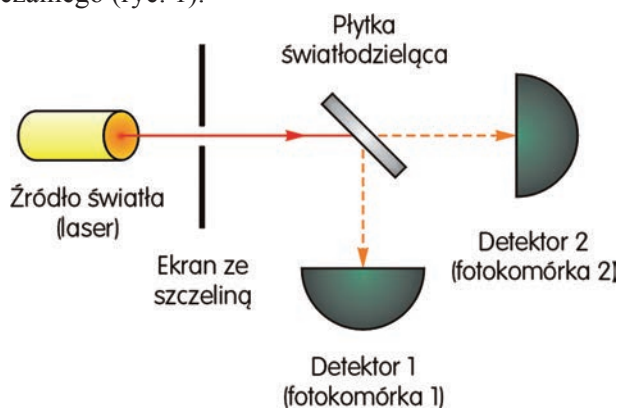
Paweł Tomasz Pęczkowski (Warszawa)

Wstęp

W doświadczeniach interferencyjnych zagadnienie można przedstawić w ten sposób, że ciemne prążki odpowiadają obszarom, w których prawdopodobieństwo padania fotonów jest małe. W doświadczeniu z dwiema szczelinami światło może dotrzeć dwiema różnymi drogami do punktu ekranu stanowiącego detektor: przejść przez jedną szczelinę albo przejść przez drugą szczelinę. Jeżeli nie podejmiemy żadnej próby określenia, którą drogę światło wybierze, to zgodnie z zasadami mechaniki kwantowej nastąpi interferencja. Gdybyśmy mogli w jakikolwiek sposób ustalić, przez którą szczelinę przeszedł foton, to interferencja nie wystąpi. Tu nasuwa się pytanie, czy wiązkę światła można rozdzielić na dwie części i czy poszczególne fotony ulegają przy tym rozszczepieniu.

Czy można rozszczepić foton?

W celu odpowiedzi na postawione pytanie przeanalizujemy doświadczenie związane z rozdzieleniem wiązki światła za pomocą zwierciadła półprzepuszczalnego (ryc. 1).



Ryc. 1. Rozszczepienie wiązki światła za pomocą zwierciadła półprzepuszczalnego (schemat układu doświadczenia). Opracowanie graficzne: Michał Pawlik

Układ doświadczenia zawiera źródło światła, ekran ze szczeliną, zwierciadło półprzepuszczalne oraz dwie fotokomórki wykrywające wiązki fal. Można tak ustawić zwierciadło rozszczepiające wiązkę, aby natężenie każdej z dwóch otrzymanych wiązek po przejściu przez nie było równe połowie natężenia wiązki wychodzącej ze szczeliny. Można tak przygotować doświadczenie, żeby fotokomórka reagowała na wiązki o energii większej niż pewna energia

progowa, a następnie tak dobrać natężenie wiązki wychodzącej ze źródła, żeby natężenie wiązki przepuszczanej do fotokomórki 2 było poniżej wartości progowej. Zgodnie z modelem klasycznym wiązka rozszczepi się na dwie części o energii równej połowie energii początkowej. Wobec tego fotokomórka 2 nie powinna zadziałać.

Wynik przewidywany przez teorię klasyczną stoi jednak w sprzeczności z faktami doświadczalnymi. Okazało się, że do fotokomórki dociera w dalszym ciągu światło, tylko szybkość zliczeń jest dwa razy mniejsza niż w przypadku usunięcia zwierciadła światłodzielnego. Wniosek z doświadczenia jest taki, że światło dochodzi do fotokomórki porcjami energii – fotonami, a fotony nie mogą się rozszczepiać.

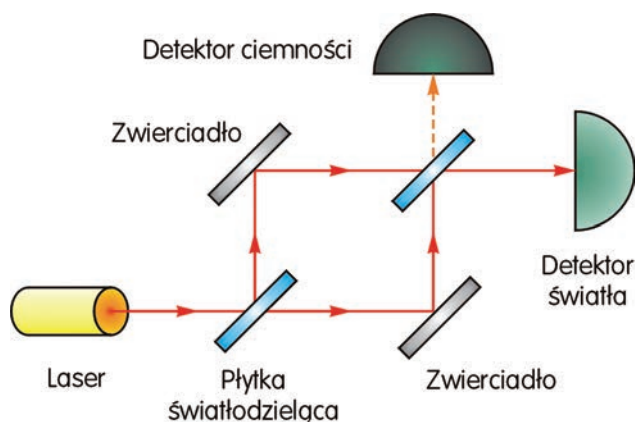
Przeprowadzono też doświadczenia badające zależność zjawiska fotoelektrycznego od odległości od źródła światła (r). Natężenie światła zgodnie z teorią falową jest proporcjonalne do $\frac{1}{r^2}$, więc zgodnie z teorią klasyczną energia wiązki docierającej do fotokomórki powinna być proporcjonalna do $\frac{1}{r^2}$. Stwierdzono doświadczalnie, że fotokomórka rejestruje światło przy wszystkich odległościach r , natomiast szybkość zliczeń maleje proporcjonalnie do $\frac{1}{r^2}$.

Wniosek, który wynika z tych doświadczeń jest taki, że fotony (kwanty światła) zachowują się inaczej niż klasyczne wiązki falowe.

Czy da się przeprowadzić pomiar „bez udziału” fotonów?

Dwaj fizycy z Uniwersytetu w Tel Awiwie, Avshalom C. Elitzur i Lev Vaidman zaprojektowali doświadczenie myślowe, które dowodzi istnienia pomiarów bez oddziaływania, czyli wykrywania obiektów „bez użycia” światła na niepadającego. Hipotetyczny układ pomiarowy stanowi interferometr Macha-Zehndera składający się z dwóch zwierciadeł i dwóch silikonowych płytek światłodzielných, ustawionych tak, jak to pokazano na ryc. 2.

Pierwsza płytka światłodzielną kieruje światło wchodzące do interferometru wzdłuż dwóch możliwych dróg – albo do jednego zwierciadła albo do drugiego. Druga płytka światłodzielną jest ustawiona w ten sposób, że obie drogi optyczne łączą się na niej i fotony zawsze trafiają do jednego z dwóch



Ryc. 2. Schemat interferometru Macha-Zehndera. Opracowanie graficzne: Michał Pawlik

detektorów. Jeden z detektorów został nazwany detektorem światła. Odpowiada on interferencji konstruktywnej w doświadczeniu z dwiema szczelinami. Drugi detektor, zwany detektorem ciemności, do którego fotony nie docierają odpowiada interferencji destruktywnej w doświadczeniu z dwiema szczelinami.

Przeanalizujemy, w jaki sposób pole elektromagnetyczne dociera do detektora. W tym celu opiszemy formalnie przejście fotonu przez interferometr. Oznaczmy stan fotonu przechodzącego przez pierwszą płytkę światłodzielącą w kierunku na prawo (na ryc. 1) przez $|1\rangle$, a stan fotonu odbitego od płytki i przechodzącego w kierunku do góry przez $|2\rangle$. Każdemu odbiciu od zwierciadła, czy od płytki światłodzielącej towarzyszy zmiana fazy fotonu o $\frac{\pi}{2}$. Wniosek ten wynika z optyki falowej i oznacza, że zespolone pole elektryczne $\mathbf{E}$ należy pomnożyć przy każdym odbiciu przez $(-i)$.

A więc operację przejścia fotonu przez płytkę można zapisać, jako

$$|1\rangle \rightarrow \frac{1}{\sqrt{2}}[|1\rangle + i|2\rangle] \quad (1)$$

$$|2\rangle \rightarrow \frac{1}{\sqrt{2}}[|2\rangle + i|1\rangle] \quad (2)$$

a operacja przejścia przez zwierciadło całkowicie odbijające można zapisać, jako

$$|1\rangle \rightarrow i|2\rangle \quad (3)$$

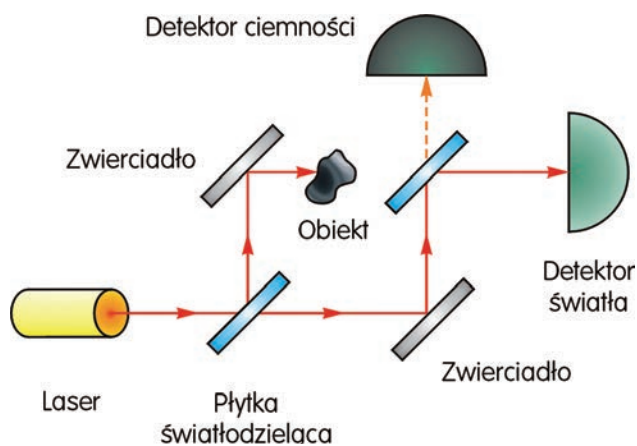
$$|2\rangle \rightarrow i|1\rangle \quad (4)$$

Jeżeli przeszkoda jest nieobecna, operację przejścia przez zwierciadło i obie płytki światłodzielące można zapisać, jako złożone operacje przejścia

$$|1\rangle \rightarrow \frac{1}{\sqrt{2}}[|1\rangle + i|2\rangle] \rightarrow \frac{1}{\sqrt{2}}[i|2\rangle + i^2|1\rangle] = \frac{1}{\sqrt{2}}[i|2\rangle - |1\rangle] \rightarrow \frac{1}{2}[i|2\rangle - |1\rangle] - \frac{1}{2}[|1\rangle + i|2\rangle] = -|1\rangle \quad (5)$$

Oznacza to, że foton jest tylko rejestrowany przez detektor światła, a nigdy nie jest rejestrowany przez detektor ciemności.

Zastanówmy się teraz, co będzie, gdy na jednej z dróg fotonu w interferometrze umieścimy obiekt-przeszkodę (ryc. 3).



Ryc. 3. Umieszczenie przeszkody (obiektu) w interferometrze Macha-Zehndera. Opracowanie graficzne: Michał Pawlik

Jeżeli na jednej z dróg optycznych umieścimy przeszkodę i wysyłamy pojedynczy foton, to możliwe są trzy przypadki:

- a) detektor światła wykryje foton;
- b) detektor ciemności wykryje foton;
- c) żaden detektor nie wykryje fotonu.

Jeżeli na jednej z dróg (np. górnej) umieścimy przeszkodę, to foton wybierając górną drogę (co zachodzi z prawdopodobieństwem 50%) nigdy nie dotrze do drugiej płytki światłodzielącej. Natomiast, jeżeli foton wybierze dolną drogę to na drugiej płytce światłodzielącej nie wystąpi interferencja, ponieważ foton mógł dotrzeć do tej płytki tylko jedną drogą. A zatem z prawdopodobieństwem 50% foton wybierze jedną z dwóch dalszych dróg – albo do detektora światła albo do detektora ciemności. Jeżeli foton dotrze do detektora światła (przypadek a), to nie wiemy, która sytuacja (został umieszczony obiekt, czy nie) nastąpiła. Natomiast, jeżeli foton dotrze do detektora ciemności (przypadek b), to wiemy, że w układzie był umieszczony obiekt. W tym przypadku foton nie miał styczności z obiektem, ponieważ musiał przebiegać inną drogą. Udało nam się ustalić obecność obiektu (przeprowadzić pomiar) mimo braku oddziaływania foton-obiekt. Widzimy, że sama obecność obiektu wyklucza możliwość wystąpienia interferencji, chociaż nie ma żadnego oddziaływania fotonu z obiektem. Zauważmy, że obecność przeszkody umiemy wykrywać tylko w połowie przypadków (50%), kiedy ona występuje. Zastanówmy się dlaczego? Odpowiada nam na to pytanie przypadek c. W tym przypadku

foton zostaje pochłonięty lub rozproszony przez obiekt i nigdy nie dotrze do żadnego z detektorów. Prawdopodobieństwo takiego wyniku wynosi 50%.

Opiszmy tę sytuację formalnie. Jeżeli w interferometrze znajduje się obiekt, operację przejścia można opisać jako

$$|1\rangle \rightarrow \frac{1}{\sqrt{2}}[|1\rangle + i|2\rangle] \rightarrow \frac{1}{\sqrt{2}}[i|2\rangle + i|s\rangle] = \frac{1}{2}[i|2\rangle - |1\rangle] + \frac{i}{\sqrt{2}}|s\rangle, \quad (6)$$

gdzie $|s\rangle$ oznacza stan fotonu rozproszonego przez obiekt.

Ostatnie przejście w operacji (6) ma postać

$$\frac{1}{2}[i|2\rangle - |1\rangle] + \frac{i}{\sqrt{2}}|s\rangle \rightarrow \begin{cases} |1\rangle, \\ |2\rangle, \\ |s\rangle, \end{cases} \quad (7)$$

gdzie $|1\rangle$ oznacza dojście do detektora światła (prawdopodobieństwo 0,25),

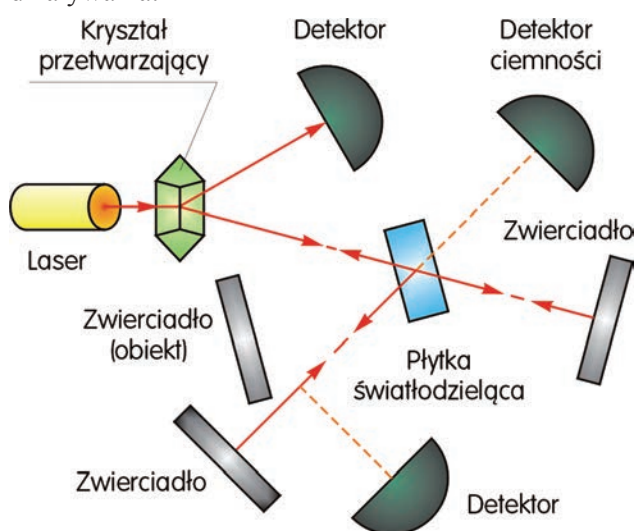
$|2\rangle$ oznacza dojście do detektora ciemności (prawdopodobieństwo 0,25),

$|s\rangle$ oznacza pochłonięcie przez obiekt (prawdopodobieństwo 0,5).

Realizacja doświadczenia myślowego

A. C. Elitzura i L. Vaidmana

Zespół P. Kwiat, H. Weinfurter, A. Zeilinger (Innsbruck) z T. Herzogiem (Genewa) przeprowadził w 1995 roku doświadczenie, które było realizacją przedstawionego eksperymentu myślowego. W ten sposób autorzy doświadczenia wykazali, że można zbudować urządzenie służące do pomiarów bez oddziaływania.



Ryc. 4. Schemat układu A. C. Elitzura i L. Vaidmana. Opracowanie graficzne: Michał Pawlik

Źródłem fotonów był specjalny kryształ nieliniowy. Pod wpływem promieni ultrafioletowych pojedyncze fotony wysyłane przez laser, kierowane na kryształ powodowały czasem wytworzenie dwóch bliźniaczych

fotonów rozbiegających się pod kątem około 30° o energii dwukrotnie mniejszej niż fotony źródłowe. W ten sposób zostaje wytworzona para fotonów. Wykrywając jeden z nich mamy absolutną pewność, że istnieje też drugi foton bliźniaczy, który został wprowadzony do układu doświadczalnego. Na ryc. 4 został przedstawiony schemat układu tego doświadczenia.

Układ różni się nieznacznie od układu z doświadczenia myślowego Elitzura-Vaidmana, ale idea doświadczenia jest taka sama. Zwierciadła i płytka światłodzielnąca były tak ustawione, że prawie wszystkie fotony wychodziły po tej samej drodze, po której weszły do interferometru. Kiedy nie było przeszkody na drodze od płytki światłodzielnącej do jednego ze zwierciadeł, to szansa, aby foton trafił do detektora ciemności była znikoma. Potem na drodze fotonu ustawiono małe zwierciadło (obiekt pełniący rolę przeszkody), które kierowało fotony do innego detektora, nazwanego detektorem przeszkody. Autorzy doświadczenia zauważyli, że mniej więcej w połowie przypadków ten detektor rejestrował foton. Zadziałał również detektor ciemności, który rejestrował foton mniej więcej co czwarty raz. W pozostałych przypadkach foton opuszczał interferometr po tej samej drodze, po której wszedł i nie dawał żadnej informacji, na temat ustawienia przeszkody. Widać, że każde zarejestrowanie fotonu przez detektor ciemności dawało informację o istnieniu obiektu pełniącego rolę przeszkody, mimo że foton nie oddziaływał z tym obiektem.

Później autorzy modyfikowali doświadczenie w ten sposób, że zmieniali stopniowo zdolność odbijającą płytki światłodzielnącej zmniejszając szansę odbicia fotonu w kierunku ścieżki, na której było umieszczone zwierciadło kierujące fotony do detektora przeszkody. Wówczas, zgodnie z przewidywaniami teoretycznymi, prawdopodobieństwa trafienia fotonów do detektora przeszkody i detektora ciemności wyrównywały się coraz bardziej. Oznacza to, że stosując bardzo słabą odbijającą płytkę światłodzielnąca można przeprowadzić około połowy pomiarów bez oddziaływania z obiektem mierzonym. Powstało pytanie, czy tej proporcji, wynoszącej 50%, nie można poprawić.

Przebywający w styczniu w 1994 roku z miesięczną wizytą w Innsbrucku M. Kasevich ze Stanford University zaprojektował eksperyment, który pozwoliłby wykrywać obiekty bez oddziaływania z nimi prawie w 100%. Doświadczenie Kasevicha związane jest efektem kwantowym zwanym **efektem lub paradoksem Zenona**, który w niniejszym artykule omówimy. Wiadomo, że układ kwantowy znajdujący się w danym stanie początkowym, pozostawiony sam sobie

może ewoluować do innego stanu. Jednak z powodu wpływu, jakie pomiary wywołują na układy kwantowe, może nastąpić „uwięzienie” układu w swoim stanie początkowym.

Kwantowy paradoks Zenona

Nazwa efektu pochodzi od słynnego paradoksu sformułowanego przez starożytnego filozofa Zenona z Elei. Zenon analizował ruch strzały wystrzelonej w kierunku uciekającego jelenia i zauważył, że strzała w każdym momencie znajduje się w określonym miejscu przestrzeni, a zatem jest ona nieruchoma („uwięziona” w tym miejscu), a więc nie może nigdy dotrzeć do jelenia. Występujący w doświadczeniu, które zaraz opiszemy, paradoks nosi nazwę **kwantowego efektu Zenona** albo **efektu pilnowanego czajnika**. To drugie określenie odnosi się do aforyzmu o gotującej się wodzie w czajniku: „obserwowany czajnik nigdy nie zagotuje wody”. Jest oczywiste, że pilnowanie czajnika nie ma wpływu na szybkość gotowania się wody. W fizyce klasycznej samo obserwowanie lub dokonywanie pomiaru nie wpływa na wynik. Okazuje się, że w mechanice kwantowej jest inaczej. Dokonywanie pomiaru niszczy stan układu. Na ogół po wykonaniu pomiaru układ może znajdować się w trudnym do przewidzenia stanie. Jest jednak klasa pomiarów, w których układ po wykonaniu pomiaru znajduje się w stanie odpowiadającym jego wynikowi. W dalszym ciągu pracy, zakładamy, że wykonujemy takie pomiary.

Efekt Zenona a efekt anty-Zenona

Zastanówmy się, dlaczego kwantowy paradoks Zenona jest nieoczekiwanym matematycznym wynikiem, który jest rozważany do dzisiejszych czasów. Zakładając, że mamy niestabilny stan kwantowy, intuicja podpowiada nam, że układ przejdzie w sposób nieodwracalny do innego stanu w ciągu pewnego czasu zwanego czasem Zenona. Jednak, jeżeli będziemy dokonywać pomiaru układu w czasie krótszym niż czas Zenona, to funkcja falowa układu ulega zmianie, zanim układ przejdzie do innego stanu. W efekcie częste pomiary układu zapobiegają przejściu do innego stanu. Co ciekawsze, jeżeli odstęp czasu między dwoma pomiarami jest dłuższy niż czas Zenona, to odsetek przejść do innego stanu zwiększa się, prowadząc do efektu nazwanego **efektem anty-Zenona**.

Wygaszenie (zanik) niestabilnego układu jest klasycznie przedstawione w postaci funkcji wykładniczej. Funkcja wykładnicza jest powszechnie stosowana do modelowania procesów, w których

znane jest prawdopodobieństwo zajścia pewnego zdarzenia (np. przejścia układu z jednego stanu do innego) w ciągu określonego czasu i to prawdopodobieństwo nie zależy od przeszłości tzn. nie zależy od tego, jak długo układ znajduje się w określonym stanie. Jednak dla bardzo krótkich i bardzo długich okresów czasu wykładnicze wygaszenie nie jest odpowiednie do zastosowania. Dla krótkich okresów wygaszenie ma charakter gaussowski.

Wychodząc z rozkładu wykładniczego do obliczenia prawdopodobieństwa przeżycia układu w ciągu czasu t dosyć nieoczekiwanie zauważamy, że kiedy stale dokonujemy pomiaru niestabilnego układu kwantowego, to zawsze pozostanie on w swoim stanie początkowym.

W praktyce nie można w sposób ciągły dokonywać pomiarów. Nieciągłe pomiary prowadzą do wyników jeszcze dziwniejszych niż kwantowy efekt Zenona.

Rozważmy klasyczny model wygaszenia układu. Niech M będzie ogólną liczbą niestabilnych układów, a γ_0 stałym prawdopodobieństwem na jednostkę czasu, że układ wygaśnie. γ_0 jest stałe i nie zależy od innych czynników takich jak zachowanie się układu w przeszłości ani od otoczenia. Wyrażmy liczbę niestabilnych układów jako funkcję czasu, $M(t)$. Wówczas wygaszenie na jednostkę czasu możemy zapisać jako

$$\frac{dM}{dt} = -M\gamma_0. \quad (8)$$

Po scałkowaniu równania (8) i oznaczeniu $M_0 = M(0)$ liczby niestabilnych układów w czasie początkowym $t = 0$ mamy

$$\frac{dM}{M} = -\gamma_0 dt, \quad (9)$$

$$\int_{M_0}^{M(t)} \frac{dM}{M} = -\gamma_0 \int_0^t dt, \quad (10)$$

stąd

$$M(t) = M_0 \exp(-\gamma_0 t). \quad (11)$$

Teraz zależne od czasu $p(t)$ prawdopodobieństwo, że układ nie wygaśnie wynosi

$$p(t) = \frac{M(t)}{M_0} = \exp(-\gamma_0 t). \quad (12)$$

To jest dobrze znany klasyczny model wygaszenia układu. Zastanówmy się teraz nad modelem kwantowym. Niech $\psi(t)$ będzie stanem funkcji falowej układu kwantowego i niech $\psi_0 = \psi(0)$ będzie

stanem funkcji falowej w czasie początkowym $t = 0$. Ewolucja czasowa układu kwantowego zadana jest przez tzw. operator ewolucji czasowej $\hat{U}(t)$, utworzony przy użyciu hamiltonianu $\hat{H}$

$$\hat{U}(t) = \exp\left(-\frac{i}{\hbar} \hat{H} t\right). \quad (13)$$

Prawdopodobieństwo, że układ nie wygaśnie jest kwadratem amplitudy przejścia, czyli

$$p(t) = |\langle \psi_0 | \hat{U}(t) | \psi_0 \rangle|^2. \quad (14)$$

To prawdopodobieństwo może być rozwinięte jako

$$p(t) \approx 1 - \frac{t^2}{\hbar^2} (\langle \psi_0 | \hat{H}^2 | \psi_0 \rangle - \langle \psi_0 | \hat{H} | \psi_0 \rangle^2) + \dots, \quad (15)$$

Oznaczając we wzorze (15)

$$\Delta \hat{H} = \sqrt{\langle \psi_0 | \hat{H}^2 | \psi_0 \rangle - \langle \psi_0 | \hat{H} | \psi_0 \rangle^2}, \quad (16)$$

otrzymujemy

$$p(t) \approx 1 - \frac{t^2}{\hbar^2} (\Delta \hat{H})^2 + \dots \quad (17)$$

Zdefiniujmy czas Zenona jako $\tau_z = \frac{\hbar}{(\Delta \hat{H})^2}$, wówczas wzór (17) możemy przepisać w postaci

$$p(t) \approx 1 - \frac{t^2}{\tau_z^2} + \dots \quad (18)$$

Jak widać ze wzoru (18) kwantowe wygaśnięcie nie jest funkcją wykładniczą. Okazuje się, że prawdopodobieństwo przeżycia układu ma rozkład Gaussa. Możemy zapisać prawdopodobieństwo $p(t)$ w postaci

$$p(t) \approx \exp\left(-\frac{t^2}{\tau_z^2}\right). \quad (19)$$

Wygaszenie niestabilnego układu kwantowego zmienia się zależnie od szybkości pomiaru zjawiska kwantowego, od charakteru kwadratowego dla krótkiego czasu dokonywania pomiaru układu poprzez wykładniczy dla średniego czasu i do potęgowego dla długiego czasu. Przejście między krótkim i średnim czasem ma charakter nieintuicyjny.

Oznaczmy przez N liczbę pomiarów dokonanych w równych odstępach czasu τ w ciągu odcinka czasowego $[0, T]$. Zatem $T = N\tau$. Prawdopodobieństwo przejścia po N pomiarach wynosi

$$p^N(T) = [p(\tau)]^N = \exp(N \ln[p(\tau)]), \quad (20)$$

Przy oznaczeniu

$$\gamma_{\text{eff}}(\tau) = \frac{1}{\tau} \ln[p(\tau)] \geq 0, \quad (21)$$

gdzie $N \rightarrow \infty$, to mamy

$$\lim_{N \rightarrow \infty} p^N(T) = \lim_{N \rightarrow \infty} [p(\tau)]^N = \lim_{N \rightarrow \infty} \exp\left[\left[-\gamma_{\text{eff}}(\tau)\right] N\tau\right] = 1 \quad (22)$$

Zatem gdy $N \rightarrow \infty$, to prawdopodobieństwo przejścia dąży do 1. Oznacza to, że ciągłe pomiary układu nigdy nie spowodują jego zanikania i układ pozostanie w stanie początkowym.

Wartość $\gamma_{\text{eff}}(\tau)$ zmienia się zgodnie z wyrażeniem

$$\gamma_{\text{eff}}(\tau) = \begin{cases} \frac{\tau}{\tau_z^2}, & \text{gdzie } \tau \rightarrow 0 \\ \gamma_0, & \text{gdzie } \tau \rightarrow \infty \end{cases}, \quad (23)$$

gdzie τ_z - czas Zenona, γ_0 - pewna stała charakteryzująca układ, prawdopodobieństwo na jednostkę czasu, że układ wygaśnie.

Załóżmy, że istnieje czas przejścia τ^* między zanikiem gaussowskim i wykładniczym taki, że

$$\gamma_{\text{eff}}(\tau) = \tau_0. \quad (24)$$

Wprowadzając pewną stałą τ_z rozważmy następujące przypadki:

1. $\tau = \tau^*$

Wówczas $\frac{\tau}{\tau_z^2} = \frac{\tau^*}{\tau_z^2}$, a więc $\gamma_{\text{eff}}(\tau) = \gamma_0$. Mamy klasyczny przypadek wygaszania wykładniczego.

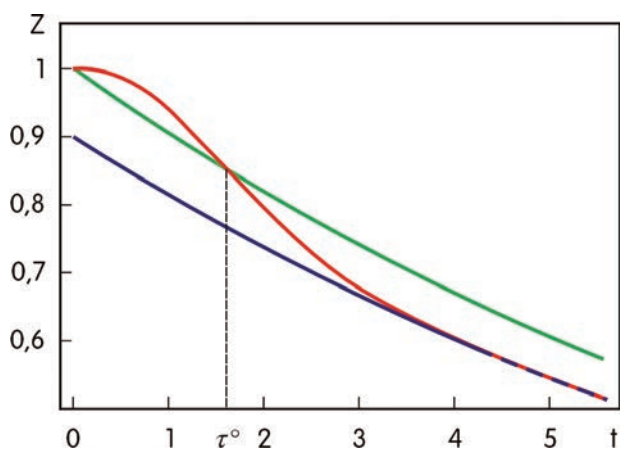
2. $\tau < \tau^*$

Wówczas $\frac{\tau}{\tau_z^2} < \frac{\tau^*}{\tau_z^2}$, a więc $\gamma_{\text{eff}}(\tau) < \gamma_0$. To oznacza, że współczynnik wygaszenia jest mniejszy w porównaniu do wygaszenia wykładniczego. Częste pomiary powodują wolniejsze przejście układu. To jest właśnie kwantowy efekt Zenona.

3. $\tau > \tau^*$

Wówczas $\frac{\tau}{\tau_z^2} > \frac{\tau^*}{\tau_z^2}$, a więc $\gamma_{\text{eff}}(\tau) > \gamma_0$. W porównaniu do kwantowego efektu Zenona wynik pokazuje, że wygaszanie układu rośnie w porównaniu do wygaszania wykładniczego. Częste pomiary powodują, że wygaszanie układu ulega przyspieszeniu. To jest efekt przeciwny do efektu Zenona, czyli efekt anty-Zenona, zwany też efektem Heraklita w nawiązaniu do słynnego powiedzenia greckiego filozofa Heraklita (*panta rhei* – wszystko płynie), który głosił, że wszystko w przyrodzie się zmienia.

Na ryc. 5. zostały przedstawione trzy funkcje ukazujące: prawdopodobieństwo przeżycia układu $p(t)$ – linia ciągła, wygaszenie wykładnicze $\exp[-\gamma_{\text{eff}}(t) \cdot t]$ – linia przerywana i kwantowo mechaniczne wygaszanie wykładnicze $Z \exp[-\gamma_{\text{eff}}(t) \cdot t]$, gdzie $Z < 1$ – linia kropkowana. Z jest parametrem służącym renormalizacji funkcji falowej w teorii kwantowej pola. $Z < 1$ dla stanów stabilnych, dla stanów niestabilnych Z nie jest ograniczone. τ^* jest punktem przecięcia się dwóch funkcji zaznaczonych na rysunku linią ciągłą i linią przerywaną. Jeżeli $Z < 1$, to istnieje τ^* , które jest warunkiem dostatecznym dla efektu Zenona i anty-Zenona.



Ryc. 5. Ilustracja funkcji pokazujących: prawdopodobieństwo przeżycia układu $p(t)$ – linia ciągła, wygaszenie wykładnicze $\exp[-\gamma_{\text{eff}}(t) \cdot t]$ – linia przerywana i kwantowo mechaniczne wygaszanie wykładnicze $Z \exp[-\gamma_{\text{eff}}(t) \cdot t]$, gdzie $Z < 1$ – linia kropkowana (na podstawie publ. Facchi, Nakazato, Pascasio, 2001 – czasopismo Phys. Rev. Lett.). Opracowanie graficzne: Michał Pawlik

Chociaż kwantowy efekt Zenona i anty-Zenona są dobrze udokumentowane z teoretycznego punktu widzenia, potrzebne są wyniki doświadczalne w celu sprawdzenia hipotetycznego modelu teoretycznego. Jedną z trudności jest odcinek czasu, w którym te efekty mogą być obserwowane. Obliczenia teoretyczne dokonane przez F. Facchi, H. Nakazato i S. Pascasio wskazują, że czas Zenona dla przejścia 2P-1S atomu wodoru wynosi około $3,59 \cdot 10^{-15}$ s. Biorąc pod uwagę czas tego przejścia wynoszący $1,595 \cdot 10^{-9}$ s, obserwacje efektu Zenona i anty-Zenona są trudnym zadaniem. Należało więc znaleźć układ, dla którego czas Zenona jest znacznie dłuższy niż $3,59 \cdot 10^{-15}$ s, aby można było zaobserwować ten efekt. Po raz pierwszy udało się znaleźć taki układ i zaobserwować kwantowy efekt Zenona w 1989 roku.

Obserwacja kwantowego efektu Zenona

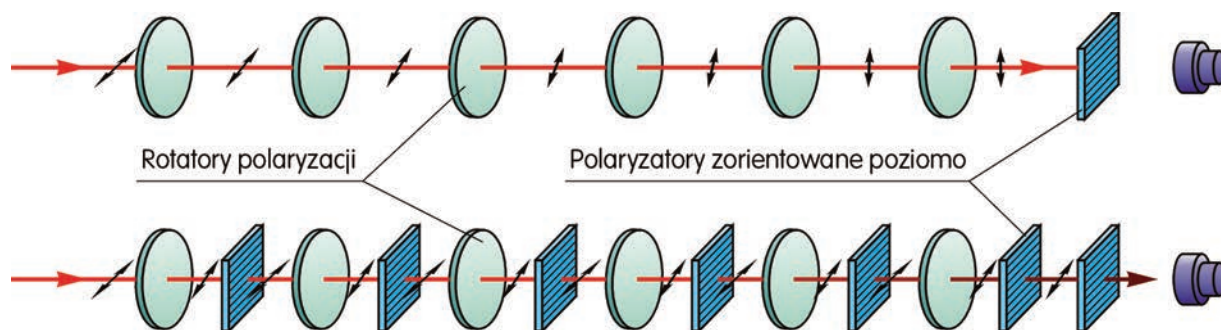
Doświadczenie to przeprowadzili W. M. Itano, D. J. Heinzen, J. J. Bollinger, D. J. Wineland w National Institute of Standards and Technology (NIST)

w Boulder w Kolorado. Eksperyment ten dotyczył pomiaru przejścia między dwoma stanami energii 5000 zamrożonych laserowo jonów berylu $^9\text{Be}^+$ zamkniętych w pułapce (tzw. pułapce Penninga). Przyjęto, że ponieważ jest bardzo mało jonów (ciśnienie w pułapce Penninga wynosiło około 10^{-8} Pa) można zaniedbać oddziaływania między jonami. Na początku eksperymentu za pomocą promieniowania laserowego o długości fali 313 nm wysyłanego przez około 5 s sprowadzono prawie wszystkie jony berylu do stanu kwantowego $|1\rangle$. Po tym czasie laser został wyłączony. Przepuszczając przez komorę z jonami wiązkę fal o częstotliwości 320,7 MHz przez około $t = 256$ ms zdołano przenieść wszystkie jony do nowego stanu wzbudzonego, oznaczonego $|2\rangle$. Oznacza to, że każdy jon przechodził ze stanu $|1\rangle$ do stanu $|2\rangle$ z prawdopodobieństwem bliskim 100%. Moment przejścia z jednego stanu kwantowego do drugiego nie jest znany i jeżeli nie dokonamy pomiaru, to nie wiemy, w którym stanie znajduje się w danej chwili jon. Mówimy wtedy, że jon znajduje się w superpozycji stanów $|1\rangle$ i $|2\rangle$. Jeżeli jednak dokonujemy pomiarów to w zależności od jego wyniku przeprowadzamy jon do stanu $|1\rangle$ albo do stanu $|2\rangle$. Zespół z NIST opracował metodę pozwalającą obserwować jon używając krótkich impulsów laserowych o długości czasu trwania 2,4 ms. Przyjmowano różną liczbę wysyłanych impulsów $n = 1, 2, 4, 8, 16, 32$ i 64 . Impulsy były dostatecznie długie, żeby zredukować funkcję falową każdego jonu do określonego stanu kwantowego bez powodowania pompowania optycznego. Na podstawie przeprowadzonych doświadczeń zauważono, że po 256 ms niemal 100% jonów znajdowało się w stanie $|2\rangle$. Teoria kwantowa mówi, że gdybyśmy popatrzyli na jony w momencie, gdy upłynie połowa z 256 ms tzn. po 128 ms, to jony zostałyby zmuszone do wyboru jednego z dwóch stanów z prawdopodobieństwem $\frac{1}{2}$ i wobec tego średnio połowa jonów znajdowałaby się w stanie $|1\rangle$ a połowa w stanie $|2\rangle$. Rzeczywiście taką sytuację zaobserwowano. Po upływie 64 ms, jony przechodzą z jednego stanu do drugiego z prawdopodobieństwem $\frac{1}{4}$, czyli pozostają w tym samym stanie z prawdopodobieństwem $\frac{3}{4}$. Jednak, gdy eksperymentatorzy obserwowali jony w odstępach co 64 ms (4 razy w ciągu 256 ms), to po zakończeniu doświadczenia $\frac{2}{3}$ (teoretycznie $1 - \left(\frac{3}{4}\right)^4 = 1 - \frac{81}{256} \approx \frac{2}{3}$) jonów nadal pozostawało w stanie $|1\rangle$. Gdy obserwowano jony co 4 ms (64 razy), to po zakończeniu doświadczenia prawie wszystkie jony znajdowały się w stanie $|1\rangle$. Zatem częste obserwacje spowodowały spowolnienia przechodzenia jonów ze stanu $|1\rangle$ do stanu $|2\rangle$.

Doświadczalna realizacja efektu Zenona - doświadczenie M. A. Kasevicha

Oprócz doświadczenia przeprowadzonego przez Itano wraz z zespołem, wykonano też inne równie godne uwagi doświadczenie dotyczące efektu Zenona, które zostało przeprowadzone przez M. A. Kasevicha. Idea doświadczenia zaproponowanego przez Kasevicha wywodzi się z pomysłu, który jako

i nie ma urządzeń zmieniających kierunek polaryzacji, to do polaryzatora dochodzi światło spolaryzowane poziomo, które jest przepuszczone i zarejestrowane przez detektor. Po umieszczeniu między źródłem światła i detektorem układu sześciu rotatorów, do polaryzatora dochodzi światło spolaryzowane pionowo, które jest całkowicie absorbowane i detektor nie wykrywa żadnych fotonów.



Ryc. 6. Układ rotatorów i polaryzatorów – ilustracja kwantowego efektu Zenon. Opracowanie graficzne: Michał Pawlik

pierwszy przedstawił Asher Peres z Izraelskiego Instytutu Technologicznego Technon. W doświadczeniu wykorzystano własność polaryzacji światła. Zgodnie z zasadą rozchodzenia się fali świetlnej kierunki drgań pola magnetycznego i elektrycznego są prostopadłe do siebie i prostopadłe do kierunku rozchodzenia się fali, mogą natomiast różnić się ułożeniem tych kierunków. Światło pochodzące z typowych źródeł np. światło słoneczne lub światło żarówki może oscylować w różnych kierunkach, czyli ma różną polaryzację. Mówimy wtedy, że takie światło jest niespolaryzowane. Można uzyskać światło spolaryzowane w określonym kierunku, a przyjmując odpowiednią orientację można mieć polaryzację pionową, poziomą lub pod określonym kątem, np. 15° .

Rozważmy foton, który przechodzi przez urządzenie zmieniające kierunek polaryzacji światła o pewien kąt. Takie urządzenie nazywamy rotatorem. Jeżeli zbudujemy układ składający się z połączonych szeregowo sześciu rotatorów, z których każdy zmienia kierunek polaryzacji o 15° , to po przejściu przez ten układ kierunek polaryzacji światła zmieni się o 90° . Jeżeli promień świetlny jest na początku spolaryzowany poziomo, to po przejściu przez cały układ będzie spolaryzowany pionowo. Ustawmy na końcu układu polaryzator, czyli urządzenie przepuszczające fotony o określonej polaryzacji i zatrzymujące fotony o polaryzacji prostopadłej do niej. Załóżmy, że polaryzator przepuszcza fotony spolaryzowane poziomo, a zatrzymuje fotony spolaryzowane pionowo. Za polaryzatorem umieszczamy detektor wykrywający docierające do niego fotony. Jeżeli wiązka światła wchodząca do układu jest spolaryzowana poziomo

Ustawmy teraz po każdym rotatorze polaryzacji (skręcającym kierunek o 15°) odpowiedni polaryzator przepuszczający tylko światło o rotacji poziomej (ryc. 6). Oznacza to, że prawdopodobieństwo przejścia fotonu przez pierwszy polaryzator jest równe

$$P_1 = \cos^2(15^\circ) \approx 0,933, \text{ czyli } 93,3\%. \quad (25)$$

a prawdopodobieństwo zatrzymania fotonu wynosi

$$P_1' = \sin^2(15^\circ) \approx 0,067, \text{ czyli } 6,7\%. \quad (26)$$

Jeżeli foton przejdzie przez pierwszy polaryzator, to oznacza, że znajduje się w stanie polaryzacji o kierunku poziomym. Następnie, po przejściu przez drugi rotator polaryzacji i drugi polaryzator sytuacja jest taka sama. Prawdopodobieństwo zatrzymania fotonu przez polaryzator wynosi znów 6,7%, a przepuszczone światło będzie znów spolaryzowane poziomo. Ponieważ układ ma sześć rotatorów polaryzacji i sześć polaryzatorów, więc można obliczyć, że prawdopodobieństwo P_6 przejścia fotonu przez cały układ i dotarcie do detektora jest iloczynem prawdopodobieństw przejścia przez każdy polaryzator i wynosi

$$P_6 = \prod_{i=1}^6 P_i = [\cos^2(15^\circ)]^6 \approx \frac{2}{3}. \quad (27)$$

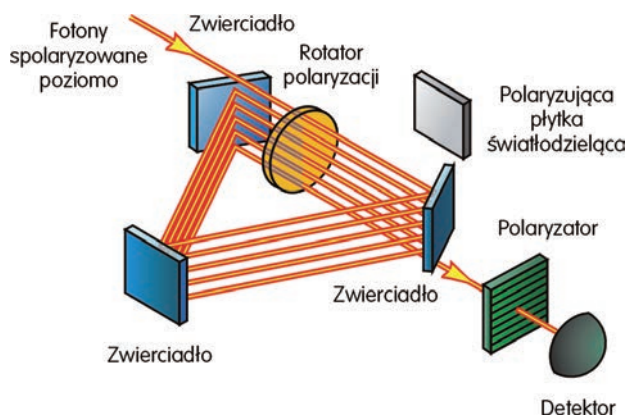
Gdy wzrasta liczba rotatorów i polaryzatorów, to prawdopodobieństwo P_Σ przejścia fotonu przez cały układ wzrasta. Gdy elementów tych jest bardzo dużo (np. kilka tysięcy), to prawdopodobieństwo P'_Σ

zatrzymania fotonu przez układ i nie wykrycia jego przez detektor jest bliskie zeru (w rzeczywistym eksperymencie licząc prawdopodobieństwo zatrzymania fotonu przez układ P'_Σ należy jeszcze uwzględnić zjawisko odbicia i absorpcji) i wynosi

$$P'_\Sigma = 1 - \prod_{i=1}^n P_i = 1 - \left[\cos^2\left(\frac{\pi}{2n}\right) \right]^n \quad (28)$$

gdzie n oznacza liczbę elementów układu. Na przykład, gdy $n = 2500$, to $P'_\Sigma \approx 0,001$.

W doświadczalnej realizacji kwantowego efektu Zenona, która pokazała, jak zatrzymać obrót kierunku polaryzacji światła użyto tego samego kryształu nieliniowego, który posłużył do otrzymania pojedynczego fotonu, ale zamiast układu rotatorów i polaryzatorów użyto tylko po jednym z tych elementów. Rotator polaryzacji jest to urządzenie, które obraca kierunek polaryzacji o określony kąt, np. o 15° . Zbudowano natomiast układ doświadczalny w ten sposób, że foton przechodził przez niego sześciokrotnie po spirali (ryc. 7). Umożliwiły to trzy zwierciadła ustawione do siebie pod kątem 60° . Jest to równoważne użyciu sześciu rotatorów i sześciu polaryzatorów.

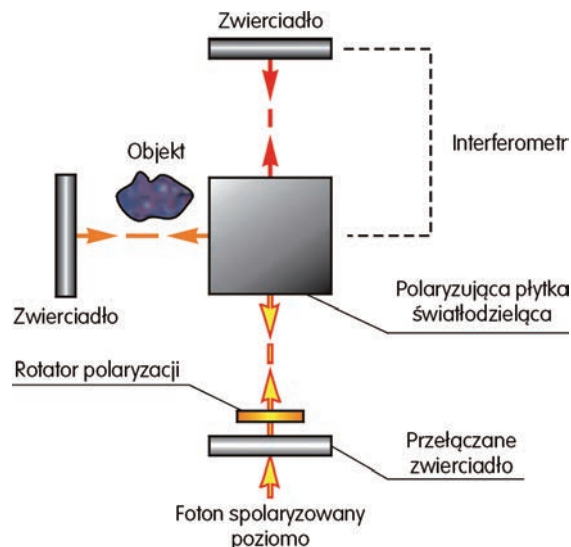


Ryc. 7. Schemat doświadczenia realizującego kwantowy efekt Zenona. Opracowanie graficzne: Michał Pawlik

Gdy w układzie nie ma polaryzatora, foton wchodzący do układu z polaryzacją poziomą ma po wyjściu z układu zmienioną polaryzację na pionową. Gdy wstawiono do układu polaryzator, który po każdym przejściu fotonów (jeden z 6 obrotów) przepuszczał tylko fotony spolaryzowane poziomo, to około $\frac{2}{3}$ fotonów przechodziło przez cały układ i docierało do detektora fotonów. Jest to wynik zgodny z obliczeniami teoretycznymi, przedstawionymi powyżej (wzór 27).

Po wykonaniu opisanego doświadczenia Kwiat, Weinfurter i Zeilinger zaprojektowali układ stanowiący połączenie zestawu do realizacji kwantowego

efektu Zenona z oryginalnym układem Elitzura-Vaidmana. Układ ten posłużył do wykonania efektywnych pomiarów bez oddziaływania (ryc. 8). W doświadczeniu użyto zwierciadeł, które można bardzo szybko włączyć lub wyłączyć np. po określonej liczbie cykli przejścia fotonu przez układ doświadczalny.



Ryc. 8. Układ do wykonania efektywnych pomiarów bez oddziaływania. Układ stanowi połączenie zestawu doświadczalnego do realizacji kwantowego efektu Zenona z oryginalnym układem Elitzura-Vaidmana. Opracowanie graficzne: Michał Pawlik

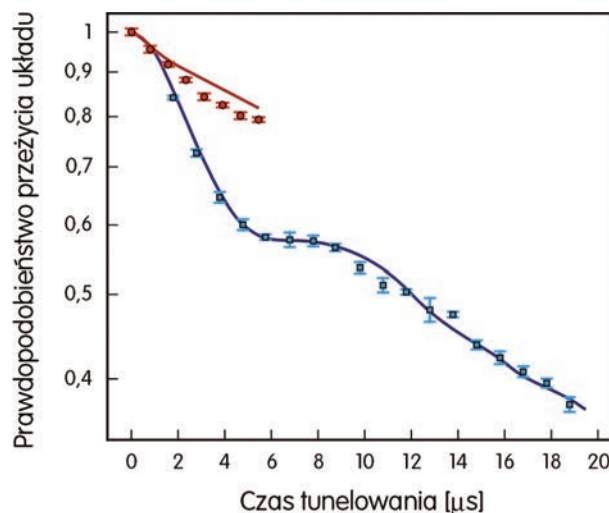
Wyobraźmy sobie, że do układu wchodzi foton spolaryzowany poziomo. Z jednej strony układu znajduje się urządzenie, które w każdym przebiegu fotonu obraca kierunek polaryzacji o 15° . Z drugiej strony został umieszczony interferometr polaryzacyjny, składający się z polaryzującej płytki światłodzielną i dwóch ramion równej długości ze zwierciadłami na końcach. Płytkę polaryzującą przepuszcza całkowicie światło spolaryzowane poziomo i całkowicie odbija światło spolaryzowane pionowo. Jeżeli w układzie nie ma innych elementów (przeszkoda), to światło jest dzielone przez płytkę polaryzującą w zależności od stanu polaryzacji, po czym odbija się od zwierciadeł umieszczonych w ramionach interferometru i wraca ponownie łącząc się w płytce światłodzielną. To tworzy się jeden cykl przebiegu fotonu. W rezultacie foton po każdym cyklu znajduje się dokładnie w tym samym stanie, w jakim był przed wejściem do interferometru, tzn. ma obrócony kierunek polaryzacji o 15° w stronę pionu. Po szóstym cyklu kierunek jego polaryzacji zmieni się z poziomego na pionowy. Sytuacja zmienia się po ustawieniu obiektu w tym ramieniu interferometru, w którym rozchodzi się światło spolaryzowane pionowo. Jest to analogiczna sytuacja jak przy wstawieniu sześciu polaryzatorów poziomych w doświadczeniu z kwantowym efektem Zenona. Po pierwszym cyklu prawdopodobieństwo, że foton mający kierunek polaryzacji

obrócony o 15° w stosunku do poziomej, wejdzie na drogę dozwoloną dla polaryzacji pionowej i zostanie zaabsorbowany wynosi 6,7%. Jeżeli absorpcja nie zachodzi, to znaczy, że foton wszedł na drogę przeznaczoną dla polaryzacji poziomej i wtedy jego polaryzacja zostanie ustawiona w kierunku poziomym. Ostatecznie po sześciu cyklach dolne zwierciadło nie zostanie wyłączone i foton opuści układ doświadczalny. Mierzając jego polaryzację okazuje się, że jest ona nadal pozioma, co oznacza, że w układzie znajduje się przeszkoda. W przeciwnym razie foton miałby polaryzację pionową.

Obserwacja kwantowego efektu anty-Zenona

Po raz pierwszy zaobserwowano jednocześnie efekt Zenona i efekt anty-Zenona w niestabilnym układzie kwantowym w 2001 roku. Dokonał tego zespół pracujący na Uniwersytecie Teksaskim w Austin (M. C. Fischer, B. Gutiérrez-Medina, M. C. Raizen). Zimne atomy sodu zostały schwytane w pułapkę magnetyczno-optyczną utworzoną przez przeciwbieżne liniowo spolaryzowane wiązki laserowe, które tworzyły falę stojącą. Dzięki oddziaływaniu atomów z tymi wiązkami zwiększało się prawdopodobieństwo tunelowania atomów z pułapki. Na początku doświadczenia liczba schwytanych atomów miała rozkład opisany niewykładniczą funkcją wygaszania, a później funkcja ta przyjmowała postać wykładniczą. Autorzy doświadczenia powtarzali pomiary liczby atomów pozostających w pułapce podczas początkowego okresu wygaszania niewykładniczego. W zależności od częstości pomiarów zaobserwowano wygaszanie mniejsze lub większe w porównaniu z układem niezakłóconym pomiarami. Celem doświadczenia było badanie wpływu pomiarów na szybkość wygaszania układu. Wielkością mierzoną była liczba atomów pozostających w pułapce. Ten pomiar mógł być dokonywany przez nagłe przerwanie tunelowania trwające przez okres 50 μ s. Po początkowym okresie powolnego wygaszania krzywa wygaszania stopniowo zanikała w sposób oscylujący. Ten zanik po pewnym czasie przechodził w wygaszanie wykładnicze. Jeżeli tunelowanie zostało przerwane to zaraz po okresie stopniowego spadku krzywej wygaszanie przebiegało szybciej niż w przypadku braku przerw. Tunelowanie zostało przerywane przez wyłączenie oddziaływania atomów z wiązką laserową. Jest to właśnie efekt przeciwny do efektu Zenona i stanowi istotę efektu anty-Zenona. Tak jak w przypadku efektu Zenona, przerwanie tunelowania powodują przejście do początkowego niewykładniczego wygaszania układu po każdym

pomiarze. Tutaj jednak okresy tunelowania między pomiarami są dłuższe niż w poprzednim przypadku. Na ryc. 9 przedstawiliśmy prawdopodobieństwo przeżycia układu (tzn. pozostania w początkowym stanie), jako funkcja czasu trwania tunelowania.



Ryc. 9. Prawdopodobieństwo przeżycia układu (tzn. pozostania w początkowym stanie) jako funkcja czasu trwania tunelowania (na podstawie publ. Fischer, Gutiérrez-Medina, Raizen, 2001 – czasopismo Phys. Rev. Lett.). Opracowanie graficzne: Michał Pawlik

Kwadraciki na ryc. 9 oznaczają punkty krzywej zanikania, gdy nie zakłócamy układu pomiarami. Kółka dotyczą sytuacji, gdy po każdym okresie tunelowania w ciągu 1 μ s następuje okres przerw trwający 50 μ s. Linie ciągłe są kwantowo-mechanicznymi symulacjami eksperymentów uzyskanymi przez numeryczne rozwiązanie równania Schrödingera. Słupki błędów oznaczają odchylenie standardowe estymatora wartości średnich. Prawdopodobieństwo przeżycia jasno pokazuje powolniejsze wygaszanie niż byłoby to w przypadku układu mierzonego bez przerywania tunelowania. Z ryc. 9 widzimy, że prawdopodobieństwo przeżycia układu maleje ze wzrostem czasu, z zachowaniem przedziału poziomego przy wartości około 7 μ s.

Przedstawiliśmy tutaj paradoksalne z punktu widzenia mechaniki kwantowej zjawiska Zenona i anty-Zenona. Są one przykładem sytuacji, gdy obserwacja układu kwantowego lub ingerencja obserwatora w ten układ wpływa na zachowanie się układu. Efekty te mogą znaleźć zastosowanie przy budowie komputerów kwantowych.

Wnioski

Przeprowadzone doświadczenia wykazały nieprawdziwość poglądu, że nie da się dokonać żadnej obserwacji bez udziału co najmniej jednego fotonu padającego na obserwowany przedmiot. Taki pogląd

wyraził w 1962 roku Dennis Gabor, odkrywca holografii (laureat Nagrody Nobla w dziedzinie fizyki w 1971 roku). Przeprowadzone doświadczenia mają wartość poznawczą i służą do weryfikacji teorii fizycznych, jednak przewiduje się, że są one także punktem wyjścia do rozwiązania wielu problemów praktycznych. Metody pomiaru bez oddziaływania mogą znaleźć zastosowanie jako sposób fotografowania, dzięki któremu uzyskuje się obraz obiektu bez wystawienia go na działanie światła. Metody te da się zastosować również w przypadku obiektu półprzezroczystego. Zastosowanie takiego sposobu fotografowania może być pożyteczne np. w medycynie przy uzyskiwaniu obrazów żywych komórek. Innym

możliwym zastosowaniem jest możliwość fotografowania chmury ultrazimnych atomów przechodzących w stan materii zwany kondensatem Bosego-Einsteina (za odkrycie kondensatu Bosego-Einsteina O. Cornell, C.E. Wieman, W. Ketterle otrzymali w 2001 roku Nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki). W tym stanie atomy poruszają się tak powoli, że nawet pojedynczy foton może wybić je na zewnątrz niszcząc w ten sposób chmurę kondensatu. Pomiary bez oddziaływania mogą okazać się jednym sposobem sfotografowania takiego stanu atomów. Również wiąże się nadzieję z przeprowadzonymi doświadczeniami przy budowie komputerów kwantowych.

■ Dr Paweł Tomasz Pęczkowski jest pracownikiem Uniwersytetu Warszawskiego.

ZAPIS DYNAMIKI PRZEPŁYWU WODY I TRANSPORTU RUMOWISKA W CECHACH TEKSTURALNYCH ŻWIROWYCH OSADÓW KORYTOWYCH

Bartłomiej Wyżga (Kraków)

Wstęp

Cechy teksturalne osadów korytowych rzek żwirodennych mogą stanowić cenne źródło informacji o dynamice przepływu wody i transportu rumowiska. Właściwe rozpoznanie tej dynamiki jest podstawą paleogeograficznych rekonstrukcji systemów rzecznych i może umożliwiać odtwarzanie warunków środowiskowych w zlewniach. W przypadku rzek, których dno utworzone jest z materiału piaszczystego, zmiany dostawy rumowiska oraz natężenia jego transportu w rzece, wywołane zmianami środowiskowymi w zlewni, nie będą powodować istotnych zmian cech teksturalnych osadów korytowych. Z odmienną sytuacją mamy natomiast do czynienia w rzekach żwirodennych, gdzie zmiany udziału poszczególnych frakcji osadów korytowych, wynikające ze zmian dostawy i natężenia transportu rumowiska w rzece, będą znajdować wyraźne odzwierciedlenie w wysortowaniu i upakowaniu żwirów.

Cechy teksturalne żwirów w ciekach z różnych stref morfoklimatycznych

Można wymienić trzy źródła informacji wskazujących na możliwość wykorzystania cech teksturalnych żwirów rzecznych do oceny dynamiki przepływu wody i transportu rumowiska w dawnych systemach rzecznych oraz do interpretacji paleogeograficznych uwarunkowań zmian tej dynamiki. Pierwszym z nich są obserwacje wskazujące na różnice tych cech pomiędzy

osadami korytowymi wyścielającymi dno cieków w różnych strefach klimatycznych. Dobitnie ukazuje to porównanie osadów korytowych formowanych w stałych ciekach ze strefy umiarkowanej wilgotnej oraz w epizodycznych ciekach ze strefy półsuchej.

Większość stałych cieków żwirodennych charakteryzuje się obecnością powierzchniowej, gruboziarnistej warstwy bruku korytowego przykrywającej drobniejszy materiał denny (ryc. 1). Miąższość warstwy bruku korytowego odpowiada zazwyczaj 1–2 średnicom otoczków tworzących szkielet ziarnowy żwirów w podpowierzchniowej warstwie materiału dennego. Bruki takie powstają w wyniku wymywania drobniejszych ziaren z przypowierzchniowej warstwy osadu oraz mniejszej częstotliwości uruchamiania i wolniejszego transportu ziaren grubszych. Ponadto, formowane w tych ciekach żwiry cechuje zazwyczaj ciasne upakowanie i dachówkowate ułożenie (imbrykacja) otoczków tworzących szkielet ziarnowy. Widoczna na histogramach uziarnienia wyraźna przewaga frakcji żwirowej nad piaszczystą, a niekiedy wręcz unimodalny charakter osadu odzwierciedla stosunkowo dobre wysortowanie tych żwirów. Cieki okresowe i epizodyczne strefy półsuchej i suchej cechuje natomiast brak lub słaby rozwój bruków korytowych (ryc. 2). Formowane tu żwiry są zazwyczaj luźno upakowane, a otoczki tworzące szkielet ziarnowy tych osadów są rozproszone w piaszczystej masie wypełniającej. Żwiry takie wykazują bimodalny rozkład uziarnienia i bardzo złe

wysortowanie. Podobny charakter mają także osady korytowe rzek wypływających z lodowców. W rzekach tych powierzchnia osadów korytowych również nie jest pokryta brukiem korytowym i osady te cechuje luźne upakowanie i bardzo złe wysortowanie.



Ryc. 1. Gruboziarnista warstwa bruku korytowego tworząca powierzchnię łachy żwirowej w stałym cieku (przedni plan). Po usunięciu bruku korytowego widoczny drobniejszy materiał denny z podpowierzchniowej warstwy (środkowa część fotografii). Raba, polskie Karpaty. Fot. B. Wyżga.

Doświadczenia w sztucznych korytach eksperymentalnych

Powiązanie cech teksturalnych żwirów rzecznych z dynamiką procesów fluwialnych umożliwiły także doświadczenia przeprowadzane w sztucznych korytach eksperymentalnych. W opublikowanej w 1989 r. w *Nature* pracy Dietricha i współautorów opisano zmiany charakteru osadu na powierzchni dna eksperymentalnego koryta, zachodzące wraz ze zmianą natężenia dostawy różnoziarnistego, żwirowo-piaszczystego materiału. W czasie tego eksperymentu zarówno przepływ wody, jak i rozkład uziarnienia dostarczanego materiału pozostawał niezmieniony. Przy dużym natężeniu dostawy materiału uziarnienie osadu na powierzchni dna było takie samo, jak w dostarczonym materiale. W obrębie koryta zdecydowanie przeważały wówczas obszary o gładkim dnie, utworzone z drobnoziarnistego, źle wysortowanego osadu, ponad którymi opór przepływu był niewielki i stosunkowo duża część całkowitej energii przepływu mogła być wydatkowana na uruchamianie i transport ziaren. W rezultacie, zarówno ziarna piasku, jak i otoczaki były tu szybko transportowane. Wraz ze zmniejszaniem się dostawy materiału, w brzeżnych częściach koryta doszło do uformowania się nieaktywnych stref dna wysłonych gruboziarnistym, dobrze wysortowanym osadem, w których transport denny był niewielki lub nie występował w ogóle. Intensywny transport denny został natomiast ograniczony do wąskiej strefy dna pokrytej drobnoziarnistym, słabiej wysortowanym osadem.

Wyniki tego eksperymentu zaprzeczyły rozpowszechnionemu pogładowi, iż transport denny różnoziarnistego materiału żwirowego nieuchronnie prowadzi do formowania bruków korytowych. Pokazały

one, że do rozwoju obrukowania dna dochodzi wówczas, gdy lokalna dostawa obciążenia dennego z wyższego odcinka jest mniejsza od zdolności rzeki do transportu tego obciążenia. Stwarza to możliwość powiązania zmian stopnia rozwoju bruków korytowych ze zmianami dostawy rumowiska do rzeki, będącymi efektem zmian środowiskowych w jej zlewni.

Ilościowe badania transportu dennego w naturalnych ciekach

Trzecie źródło informacji umożliwiających powiązanie cech teksturalnych żwirów z dynamiką procesów fluwialnych stanowią ilościowe badania transportu dennego w naturalnych ciekach. Na uwagę zasługują zwłaszcza badania z wykorzystaniem oprzyrządowania umożliwiającego ciągły i długotrwały pomiar natężenia transportu dennego w danym przekroju, prowadzone w grupie kilku cieków obejmującej cieki stałe (Oak Creek w USA, Turkey Brook w Wielkiej Brytanii, Torrente Virginio we Włoszech oraz Torlesse Stream w Nowej Zelandii), okresowe (Goodwin Creek w USA) oraz epizodyczne (Nahal Yatir i Nahal Eshtemoa w Izraelu). W stacjach badawczych na tych ciekach wykorzystuje się dwa typy takiego oprzyrządowania. Jeden z nich oparty jest na działaniu śrubowych przenośników transportujących docierające do przekroju pomiarowego rumowisko wleczone poza obręb koryta, gdzie jest ono w ciągły sposób ważone. Drugi wykorzystuje natomiast szereg przegradzających dno cieku zbiorników, w których docierający do przekroju pomiarowego materiał denny jest akumulowany i również w ciągły sposób ważony. W połą-



Ryc. 2. Dno koryta okresowego cieku pokryte niewysortowanym materiałem żwirowym. Południowa Hiszpania, obszar o klimacie śródziemnomorskim. Fot. B. Wyżga.

czeniu z ciągłą rejestracją przepływu wody, prowadzone tu pomiary dostarczają zupełnie innych jakościowo danych o transporcie rumowiska wleczonego w ciekach żwirowych niż dane uzyskiwane za pomocą innych technik pomiarowych, np. łapaczy, umożliwiających jedynie punktowy i krótkotrwały pomiar transportu dennego.

Pomiary prowadzone w wymienionych ciekach wskazały na trzy istotne różnice w charakterze transportu dennego pomiędzy epizodycznymi ciekami ze

strefy półsuchej oraz stałymi ciekami ze strefy umiarkowanej wilgotnej. Po pierwsze, przy takiej samej sile transportowej natężenie transportu dennego zachodzącego na jednostkowej szerokości koryta osiąga w pozbawionym obrukowania dna cieku epizodycznym wartości o kilka rzędów wielkości wyższe niż w stałym cieku z dobrze rozwiniętym brukiem korytowym. Ponadto, w miarę wzrostu siły transportowej w stałym



Ryc. 3. Brak zwartej pokrywy roślinnej w obszarze o klimacie półsuchym warunkuje dużą dostawę rumowiska do koryta cieku epizodycznego, a konsekwencją małej miąższości pokryw zwietrzelinowych na stokach jest szybkie ustanie dopływu wody do cieku po ustaniu opadu. Południowa Hiszpania. Fot. B. Wyżga.

cieku obserwuje się znacznie większe zmiany natężenia transportu dennego niż w cieku epizodycznym.

Po drugie, pozbawione obrukowania dna cieki epizodyczne znacznie bardziej wydajnie wykorzystują swoją energię do transportu dennego niż obrukowane cieki stałe. Cieki wykorzystują bowiem do transportu rumowiska wleczonego jedynie małą część swej całkowitej energii, natomiast większość tej energii jest wydatkowana na pokonywanie oporów przepływu i na transport rumowiska unoszonego. Wydajność cieków w transporcie rumowiska wleczonego można określić, porównując wielkości jednostkowego natężenia transportu dennego z jednostkową mocą strumienia. Dane obserwacyjne pokazują, że w epizodycznym Nahal Yatir wydajność transportu dennego wynosi około 20% i zmienia się nieznacznie wraz ze wzrostem energii przepływu. Natomiast stały ciek Oak Creek cechuje średnia wydajność rzędu 0,05% i ulega ona istotnym zmianom wraz ze wzrostem energii przepływu, w miarę jak następuje rozrywanie bruku korytowego i odsłanianie drobniejszych ziarn z niższej warstwy materiału dennego.

Po trzecie, roczne ładunki rumowiska wleczonego przemieszczonego przez 1 m szerokości koryta są w ciekach epizodycznych od kilkunastu do kilkudziesięciu razy wyższe niż w badanych ciekach stałych. Obserwacja ta może wydawać się zaskakująca, gdy weźmie się pod uwagę krótki czas aktywności cieków epizodycznych. Przykładowo, koryto eksperymentalnego cieku Nahal Eshtemoa w Izraelu prowadzi wodę średnio przez 2% czasu, tj. przez 7 dni

w ciągu roku, natomiast stan pełnokorytowy jest tu przekroczony zaledwie przez 0,03% czasu, a więc średnio przez 3 godziny w roku. Należy jednak pamiętać, że w obrukowanych stałych ciekach zwirowych transport materiału dennego zachodzi tylko w czasie przepływów wezbraniowych. Duże natężenie transportu dennego ma w tych ciekach miejsce jedynie przez wycinek czasu trwania wezbrań, gdy siła transportowa cieku jest wystarczająca do rozerwania obrukowania dna, a drobniejszy materiał pod brukiem zostaje wystawiony na działanie przepływu zdolnego transportować grube otoczaki z powierzchniowej warstwy. Natomiast w ciekach epizodycznych, gdzie drobniejsze ziarna nie są osłonięte brukiem korytowym, transport denny rozpoczyna się przy niewielkich przepływach, na przykład w Nahal Eshtemoa już przy głębokości wody w korycie rzędu 15 cm, i od razu osiąga dość znaczne natężenie.

Pomiary prowadzone w naturalnych ciekach dowodzą zatem, iż niemające obrukowania dna cieki epizodyczne odprowadzają ze swych zlewni znacznie większe ładunki rumowiska wleczonego, w przeliczeniu na jednostkę szerokości koryta, niż stałe cieki o dnie wyścielonym brukiem korytowym. Cieki epizodyczne są bowiem znacznie bardziej wydajne w przenoszeniu materiału dennego i cechują się znacznie większym natężeniem transportu dennego przy tej samej jednostkowej mocy strumienia niż obrukowane cieki stałe.



Ryc. 4. Rozwój bruku korytowego na powierzchni dna cieku stałego jest efektem małej dostawy rumowiska ze stoków stabilizowanych przez pokrywę roślinną i wymywania drobniejszych ziaren z powierzchniowej warstwy materiału dennego w trakcie powolnego opadania fal wezbraniowych. Czarny Dunajec, polskie Karpaty. Fot. B. Wyżga.

Interpretacja środowiskowych uwarunkowań cech teksturalnych zwirowych osadów korytowych z różnych stref morfoklimatycznych

Na podstawie przedstawionych informacji można dokonać interpretacji środowiskowych uwarunkowań cech teksturalnych zwirowych osadów korytowych w ciekach z różnych stref morfoklimatycznych. Luźne upakowanie i bardzo złe wysortowanie osadów korytowych oraz brak obrukowania dna w ciekach epizodycznych strefy półsuchej i suchej to efekt

dużej dostawy rumowiska ze stoków pozbawionych zwartej pokrywy roślinnej (ryc. 3) i przenoszenia w korytach tych cieków wysokich i krótkotrwałych fal wezbraniowych. Brak intercepcji opadu na pokrywie roślinnej oraz niska zdolność infiltracji w wyniku pokrycia gleb skorupami mineralnymi warunkują tu wystąpienie spływu powierzchniowego



Ryc. 5. Żwir o luźnym upakowaniu zdeponowane w rozłotkowym korycie środkowej Raby w drugiej połowie XIX wieku. Fot. B. Wyżga.

wkrótce po rozpoczęciu opadu. Wraz z bardzo gęstą siecią odwodnienia na stokach powoduje to szybkie pojawienie się przepływu i gwałtowny przybór wody w cieku. Niewielka miąższość, a niekiedy brak pokryw zwietrzelinowych na stokach powoduje natomiast, że po ustaniu spływu powierzchniowego przepływ w ciekach nie jest dalej podtrzymywany przez odpływ śródpokrywowy lub podziemny (ryc. 3). Konsekwencją tego jest szybkie opadanie wody i zanik przepływu wkrótce po ustaniu opadu tak, że aktywność hydrologiczna cieków epizodycznych jest ograniczona do krótkich epizodów gwałtownego odprowadzania wód opadowych ze zlewni. W Nahal Eshtemoa w Izraelu w ciągu czterech lat hydrologicznych zanotowano jedynie 20 takich epizodów trwających od kilku do kilkudziesięciu godzin.

Duża dostawa rumowiska ze stoków nieosłoniętych roślinnością warunkuje duże natężenie jego transportu w korytach cieków epizodycznych. W konsekwencji, wymywanie drobniejszych ziaren, jakie mogłoby mieć miejsce przy niskim natężeniu transportu, nie zachodzi. Szybkie opadanie wody po przejściu szczytu fali wezbraniowej jest przyczyną gwałtownej depozycji transportowanego materiału i uniemożliwia jego sortowanie. Brak obrukowania dna umożliwia tu z kolei łatwe uruchamianie materiału dennego w czasie kolejnego wezbrania.

Z kolei, charakterystyczne dla większości stałych cieków obrukowanie dna oraz ciasne upakowanie i lepsze wysortowanie żwirów, to efekt zbyt małego zasilania tych cieków rumowiskiem w stosunku do ich zdolności transportowej i przemywania osadów korytowych w trakcie opadania fal wezbraniowych. Przy podobnej wielkości i hipsometrii zlewni, cieki stałe różnią się bowiem od cieków epizodycznych wyraźnie

dłuższym czasem trwania wezbrań oraz wolniejszym opadaniem wód wezbraniowych, gdy po ustaniu spływu powierzchniowego przepływ w ciekach jest nadal zasilany odpływem śródpokrywowym i podziemnym. W warunkach naturalnych głównym czynnikiem ograniczającym dostawę materiału klastycznego do koryt jest stabilizacja pokryw zwietrzelinowych na stokach przez roślinność, zwłaszcza przez lasy (ryc. 4). Przy silnej antropopresji w zlewniach znaczny rozwój bruków korytowych obserwuje się poniżej głębokich zbiorników zaporowych, przechwytyjących całość obciążenia dennego dostarczanego z wyższego odcinka rzeki. Rozwój obrukowania dna jest mechanizmem, za pomocą którego rzeki ograniczają mobilność materiału dennego, dążąc do przywrócenia równowagi pomiędzy zasilaniem rumowiskiem, a ich zdolnością transportową. Bruk korytowy ogranicza bowiem kontakt drobniejszych frakcji materiału dennego z płynącą wodą, redukując tym samym natężenie transportu dennego przy wszystkich przepływach niższych od przepływu mogącego transportować wszystkie wielkości ziaren obecnych w materiale dennym. Również ciasne upakowanie oraz imbrykacja otoczków ograniczają mobilność ziaren materiału dennego i rozwijają się przy małym natężeniu transportu i depozycji.



Ryc. 6. Żwir niewypelnione zdeponowane w krętym korycie środkowej Raby w latach 50. XX wieku. Fot. B. Wyżga.

W ciekach z obszarów o klimacie zimnym nie podjęto dotychczas takich ilościowych badań transportu dennego, jakie prowadzone są w ciekach strefy umiarkowanej wilgotnej oraz półsuchej. Cechy teksturalne formowanych tu żwirów są podobne, jak w ciekach epizodycznych strefy półsuchej, co wskazuje, że również i te cieki powinno cechować wysokie natężenie transportu dennego. Istotnie, są one obficie zasilane rumowiskiem, w przypadku rzek proglacialnych wytapianym z lodowców, a w przypadku rzek strefy peryglacialnej będącym wynikiem intensywnego wietrzenia mrozowego i soliflukcyjnego przemieszczania zwietrzliny na stokach. Jednocześnie rzeki te cechuje duża zmienność przepływów, zarówno w cyklu rocznym, jak i dziennym, odzwierciedlająca przede wszystkim zmiany intensywności nasłonecznienia.

Interpretacja dynamiki dawnych rzek na podstawie analizy cech teksturalnych kopalnych żwirów – przykłady

Obserwacja omówionych cech teksturalnych w kopalnych żwirach pozwala na wnioskowanie o dynamice dawnych rzek, a zmiany tych cech pomiędzy osadami różnego wieku będą wskazywać na zmiany środowiskowe w zlewniach wywołane zmianami klimatu lub działalnością człowieka. Przykładu takich zmian cech teksturalnych żwirów dostarcza porównanie osadów depo-



Ryc. 7. Luźno upakowane, bardzo źle wysortowane żwiry Kamienicy Gorczańskiej odsłaniające się w profilu terasy z ostatniego zlodowacenia. Widoczne chaotyczne ułożenie większych otoczków w obrębie piaszczystej masy wypełniającej. Fot. B. Wyżga.

nowanych w roztokowym, agradującym korycie środkowej Raby z drugiej połowy XIX wieku oraz w naturalnym, krętym korycie tej rzeki uformowanym w połowie XX wieku. W korycie dziewiętnastowiecznej Raby deponowane były żwiry o normalnym i luźnym upakowaniu (ryc. 5), wśród osadów korytowych ówczesnej rzeki nie stwierdzono natomiast żwirów o ciasnym upakowaniu i poziomów bruków korytowych. Natomiast na łachach meandrowych krętej rzeki z połowy XX wieku były deponowane żwiry normalnie upakowane, a także wypełnione ciasno upakowane żwiry i żwiry niewypełnione (ryc. 6), które nie występowały w korycie z XIX wieku. Osady z połowy XX wieku były lepiej wysortowane od osadów dziewiętnastowiecznych, a w ich obrębie zaznaczała się obecność dachówkowato ułożonych otoczków i poziomów bruków korytowych.

Zaistniałe w XX wieku zmiany sedymentacji korytowej Raby i szeregu innych rzek karpackich wskazują na zmniejszenie się dostawy rumowiska z ich zlewni i na bardziej równomierny niż w XIX wieku przebieg odpływu wezbraniowego. Do ograniczenia dostawy rumowiska do koryt Raby i innych karpackich dopływów Wisły przyczyniły się następujące zmiany środowiskowe: stopniowe zaniechanie orki zgodnie z nachyleniem stoków i terasowanie stoków, zaniechanie wypasu w lasach (częstego w XIX wieku), przeciwnożytna zabudowa brzegów rzek i przegradzanie rzek głębokimi

zbiornikami zaporowymi przechwytyjącymi całość dostarczanego rumowiska dennego, a w przypadku rzek odwadniających wschodnią część polskich Karpat także wzrost lesistości zlewni, jaki nastąpił w Beskidzie Niskim i Bieszczadach po wysiedleniu ludności łemkowskiej po drugiej wojnie światowej.

Istotne różnice cech teksturalnych obserwuje się także pomiędzy żwirami rzek karpackich deponowanymi w czasie ostatniego zlodowacenia i współcześnie. Na przykład, żwiry Kamienicy Gorczańskiej, odsłaniające się w profilach terasy z ostatniego zlodowacenia, są luźno upakowane i cechują się bardzo złym wysortowaniem (ryc. 7). Taki charakter osadów wskazuje na obfite zasilanie ówczesnej rzeki rumowiskiem, spowodowane intensywnym wietrzeniem mrozowym i soliflukcyjnym przemieszczaniem zwietrzelin na stokach w warunkach klimatu peryglacjalnego. Współczesne dno rzeki jest natomiast wyścielone brukiem korytowym, a dwudziestowieczne osady korytowe Kamienicy odsłaniające się w podcięciach brzegów rzeki cechuje ciasne upakowanie i dachówkowate ułożenie klastów tworzących szkielet ziarnowy żwirów (ryc. 8). Oznacza to, że zasilanie współczesnej rzeki rumowiskiem jest wyraźnie mniejsze od jej zdolności transportowej. Stabilizacja pokryw zwietrzelinowych na stokach przez zwartą szatę roślinną ogranicza bowiem dostawę zwietrzelin ze stoków, a zabudowa regulacyjna części brzegów ograniczyła boczną migrację rzeki i rozmywanie jej starszych aluwów.



Ryc. 8. Ciasno upakowane żwiry Kamienicy Gorczańskiej odsłaniające się w profilu terasy z XX wieku. Widoczne dachówkowate ułożenie większych otoczków. Fot. B. Wyżga.

Na podstawie informacji przedstawionych w niniejszym artykule można sformułować wniosek, iż dynamika przepływu wody i transportu rumowiska w ciekach żwirowodnych znajduje wyraźne odzwierciedlenie w cechach teksturalnych ich osadów korytowych. Analiza zmian wysortowania i upakowania żwirów oraz stopnia rozwoju bruków korytowych pomiędzy osadami różnego wieku będzie zatem dostarczać informacji o zmianach tej dynamiki w danej rzece i umożliwiać wnioskowanie o zmianach środowiskowych w jej zlewni.

KRZESZOWICE – TURYSTYKA W ZGODZIE Z NATURĄ

Magdalena Golas-Siarzewska (Kraków)

Podróż w nieznane często kojarzy się nam z wyjazdem do krain odległych, egzotycznych i dzikich. Jednak nie musi tak być. Czasem warto wybrać się nieco bliżej, w miejsce niedocenione i nieodkryte przez turystykę masową. Na przykład do Krzeszowic.

Miejscowość ta leży w województwie małopolskim, w powiecie krakowskim. Ogólna powierzchnia gminy Krzeszowice wynosi 13 937 ha, z czego tereny zainwestowane stanowią zaledwie 7%. Gminę tą zamieszkuje 31,3 tysięcy osób, z czego 10,2 tysiące żyje w Krzeszowicach. Ponad 65% powierzchni gminy zostało objęte ochroną prawną.



Ryc. 1. Łazienki „Zofia” w Krzeszowicach. Fot. M. Golas

Krzeszowice to małe miasteczko znajdując się w odległości 30 kilometrów od Krakowa na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej, w makroregionie Rów Krzeszowski. Od południowej strony Krzeszowic rozpościera się Garb Tenczyński, z wieńczącym go zamkiem Tenczyńskich w Rudnie. Natomiast od północy otoczone są skalistymi dolinkami jurajskimi, które rozcinają południową część Płaskowyżu Ojcowskiego.

W tym malowniczym otoczeniu już od XIII wieku rozwijała się wieś należąca do biskupstwa krakowskiego. Za rządów Artura Potockiego zbudowano w Krzeszowicach Pałac Stary. Wtedy także rozwinął się charakter zdrojowy miasta. Pierwsza wzmianka o leczniczych właściwościach występujących tu wód pochodzi z XVII wieku. Jan Gotfryd Leonhard oddał w XVIII wieku do użytku publicznego źródło „Zdrój Główny” z wodą siarczkową. W kolejnych latach rodzina Czartoryskich przyczyniła się do rozbudowy zakładu uzdrowiskowego, budowy kilku domów zdrojowych i gościnnych, łazienek oraz pałacu Vauxhall. Właśnie w tym pałacu odbywały się liczne zabawy kuracjuszy. W XIX wieku powstały „Łazienki Zielone”, znane jako łazienki „Zofia” (ryc. 1).

A skąd się to wszystko wzięło? Krzeszowice położone w Rowie Krzeszowickim, mają podłoże zbudowane z utworów miocenkich. Wśród nich występują gipsy, z którymi związany jest jeden ze znajdujących się tu poziomów wodonośnych. Jest on bogaty w wody siarczanowo-wapniowo-magnezowe oraz siarczkowe. Są one eksploatowane ze źródła „Zdrój Główny”, z otworu R-2 i wykorzystywane w balneoterapii. Wody te uznane za lecznicze są wykorzystywane w Zakładzie Rehabilitacyjnym.

Na północ od Rowu Krzeszowickiego znajduje się Wyżyna Ojcowska. W jej podłożu występują utwory paleozoiczne. Starsze z nich przedstawiają waryscyjskie piętro strukturalne, zdeformowane na granicy karbonu górnego i permu. Kompleks węglanowy reprezentowany jest przez osady dewońskie i dolno karbońskie (żywet – wizen dolny). Skały węglanowe paleozoiku osiągają miąższość ponad 1000 m. Są to osady płytkiego morza, które pokrywało platformę sięgającą od okolic Brna po Góry Świętokrzyskie. Najstarsze są dolomity ze Zbrzy odsłaniające się w wąwozie i w kamieniołomie w Dubiu. Na nich spoczywają wapienie dębnickie (tzw. marmur dębnicki), widoczne w kamieniołomach w Dębniku. Ponad nimi leży seria wapieni rafowych z bardzo liczną fauną, która odsłania się w dolinie Raclawki. Według różnych autorów seria ta uznawana jest za utwory przejściowe pomiędzy dewonem a karbonem. Powyżej spoczywają szare, lekko bitumiczne wapienie dolnokarbońskie, które można zaobserwować w dolinie Raclawki, w wąwozie Stradlina i w wąwozie Żarskim. Wszystko to przykrywa kompleks skalny reprezentujący górny turnej – dolny wizen, w którym przeważają wapienie detrytyczne, ciemne wapienie z krzemieniami, wapienie krynowidowe i wapienie ze skamieniałościami organizmów rafotwórczych. Wapienie karbonu dolnego odsłaniają się na całej długości doliny Eliaszkówki.

W permie dolnym zaznaczył się wulkanizm, który towarzyszył waryscyjskim ruchom górotwórczym. Powstała wtedy brachyantyklina Dębника przez podniesienie skał osadowych, tworząc strukturę antyklinálną (ryc. 2). Centrum wypiętrzeń znajduje się w okolicy Dębника. Związane z intruzją magmową żyły oraz dajki przecinają osady paleozoiczne. Jest to asymetryczna forma, o osi południkowej przesuniętej ku wschodowi i nachylonej ku północy oraz południowi. Jądro antykliny budują dolomity i wapienie żywetu

oraz wapienie franu i famenu, o upadzie od 10 do 20°, zapadające na wschód i zachód. W zachodnim skrzydle antykliny dębника, z wapieniami turneju i wizeny, zaobserwowano południkowy przebieg warstw i zwiększenie kąta upadu.

Żółte dolomity margliste, płytkowe, o przełamie ziemistym odsłaniają się na terenie klasztoru w Czernej. Są to osady triasu dolnego, retu. Widoczne są w nich wkładki żółtych i żółto-szarych dolomitów porowatych. Utwory te zalegają poziomo z niezgodnością kątową na utworach starszych, wapieniach dolnego karbonu. Na tych osadach spoczywają kolejno warstwy gogolińskie oraz dolomity kruszczońskie triasu środkowego. Ich profil widoczny jest w nieczynnym kamieniołomie we wsi Czerna.

Osady triasu środkowego odsłaniają się wyłącznie na prawym zboczu doliny Eliaszkówki, co świadczy, iż wzdłuż jej osi przebiega wschodnia granica tych utworów. Powyżej zalegają piaskowce wapniste jury środkowej i margle jury górnej, które zaznaczają się w morfologii okolic Czatkowic i Czernej.

Najbardziej charakterystycznymi utworami Wyżyny Ojcowskiej są górnourajskie wapienie, które budują ostańce. Wszystko to przykrywa czwartorzędowa pokrywa lessowa, a dna dolin wypełniają osady rzeczne, wśród których występują piękne osłonięcia martwic wapiennych.

Budowa geologiczna w głównej mierze oparta na skałach węglanowych przyczyniła się do powstania systemu szczelin i kanałów, które umożliwiły przepływ podziemny wody. Cieki powierzchniowe zasilane są przez liczne źródła jak na przykład św. Eliasza lub Bażana. Doliny, którymi płyną potoki mają przebieg południkowy. Wpadają do równoleżnikowo ułożonej rzeki Rudawy, będącej lewym dopływem Wisły.

Rzeźba Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej jest bezpośrednio związana z utworami ją budującymi i odsłaniającymi się na powierzchni. Różnią się one odpornością na wietrzenie i erozję. Ewolucja rzeźby rozpoczęła się w paleogenie. Wtedy to w wyniku procesów denudacyjnych powstaje powierzchnia zrównania i zostają w niej wypreparowane wzgórza skalne, z czasem przekształcone w efektowne formy skalne. Mioceńskie ruchy tektoniczne doprowadziły do powstania licznych uskoków, które utworzyły szereg rowów i zrębów tektonicznych w południowej części Monokliny Śląsko-Krakowskiej i podniesienie Płaskowyżu Ojcowskiego. Pojawiające się w pliocenie zjawiska krasowe oraz erozja doprowadziły do powstania skalistych dolin, wąwozów, jaskiń i ukształtowania ostańców. Zlodowacenia plejstocenne przyczyniły się do utworzenia stożków

osypiskowych, odizolowania pojedynczych monolitów oraz powolnego formowania małych labiryntów skalnych. Na przedpolu obszarów zlodowaconych następowała depozycja lessów oraz denudacja dolin. Holocen to czas powstania rędzin i depozycji martwic wapiennych. W średniowieczu dochodzi do wylesienia terenów, a na przestrzeni ostatnich kilku wieków rozwijające się rolnictwo powoduje znaczącą zmianę środowiska naturalnego.



Ryc. 2. Kamieniołom dolomitu w Dubiu we wschodnim skrzydle brachyantykliny Dębника. Fot. M. Gołas

Przyroda gminy Krzeszowice jest bezpośrednio związana z Wyżyną Krakowsko-Częstochowską, która wyróżnia się na tle Polski pod względem warunków klimatycznych. Obok siebie występują zbiorowiska kontynentalne (grądy) oraz suboceaniczno-podgórskie (buczyny). W głębokich jarach występuje inwersja termiczna. Często także tworzą się mgły inwersyjne, przykrywające mleczną płachtą cały Rów Krzeszowski.

Również na Wyżynie notowane są jedne z najwyższych opadów w Polsce, przekraczające 700 mm w ciągu roku. Najwięcej wyładowań atmosferycznych występuje na wiosnę oraz w lecie i stanowią one atrakcję dla fotografów.

Znaczącą rolę w kształtowaniu tutejszego krajobrazu odegrała rozwijająca się szata roślinna oraz fauna. Ten mały fragment Polski przedstawia się jako kraina kontrastów, łącząc cechy wielu regionów naszego kraju. Jej współczesny wygląd jest wynikiem przemian i procesów, jakie tu przez wieki następowały. Najważniejszym czynnikiem powodującym duże różnicowanie gatunkowe fauny i flory były zmiany

klimatyczne (złodowacenia). Utworzyły się wtedy liczne szlaki migracyjne, które spowodowały napływ gatunków do tej pory tu niewystępujących. Również wielkość opadów, decydująca o bilansie wodnym, ma duży wpływ na zróżnicowanie strefowe roślinności. Niestety w skutek antropopresji wiele zwierząt wyginęło lub zmieniło swoje dotychczasowe schronienie.



Ryc. 3. Sarna (*Capreolus capreolus*) w dolinie Raclawki. Fot. M. Gołas

Współczesną faunę reprezentuje: dzik (*Sus scrofa*), lis (*Vulpes vulpes*), zając szarak (*Lepus europaeus*), kret (*Talpa europaea*), sarna (*Capreolus capreolus*) i wiele innych ssaków (ryc. 3). Liczne gatunki należą do rzadkich i ginących, tak jak bocian czarny (*Ciconia nigra*) czy pliszka górska (*Motacilla cinerea*). Pod ścisłą ochroną znajduje się gacek szary (*Plecotus austriacus*) oraz popielica (*Glis glis*) (ryc. 4). Na terenie rezerwatów występują rośliny chronione takie jak: orlik pospolity (*Aquilegia vulgaris*), parzydło leśne (*Aruncus sylvestris*), kopytnik pospolity



Ryc. 4. Schronienie dla popielicowatych (Gliridae). Fot. M. Gołas

(*Asarum europaeum*), tojad mołdawski (*Aconitum moldavicum*), naparstnica wielkokwiatowa (*Digitalis grandiflora*), śnieżyczka przebiśnieg (*Galanthus nivalis*), lilia złotogłów (*Lilium martagon*), pierwiosnek lekarski (*Primula veris*) oraz paprotka zwyczajna (*Polypodium vulgare*) (ryc. 5). Dlatego właśnie turystyka na tym obszarze musi być prowadzona racjonalnie, uwzględniając i chroniąc różnorodność biocenoz.

Ze względu na unikatowy charakter krajobrazu, fauny oraz flory, w latach dwudziestych XX wieku grupa naukowców z profesorem Władysławem Szferem na czele, sporządziła projekt utworzenia rezerwatu w dolinie Prądnika. Dzięki tym działaniom w 1956 roku powstał Ojcowski Park Narodowy. Kolejne lata przynosiły nowe pomysły na zachowanie walorów przyrodniczych tego regionu. Z inicjatywy profesora z Politechniki Krakowskiej – Zygmunta Nowaka, utworzono w 1981 roku Zespół Jurajskich Parków Krajobrazowych. Należy do nich Park Krajobrazowy Dolinki Krakowskie, w którego obrębie znajduje się pięć rezerwatów przyrody, w tym: Dolina Eliaszków i Dolina Raclawki. Są one w bezpośrednim sąsiedztwie Krzeszowic.

Rezerwat przyrody Dolina Eliaszków o powierzchni 109,57 ha, położony jest pomiędzy Czerną a Paczółtowicami, nad potokiem Eliaszówka. W rezerwacie tym zachowane zostały ekosystemy leśne, reliktowe zespoły i ciepłolubne buczyny (*Carici-Fagetum*). Występuje także kilka gatunków nietoperzy, w tym podkowiec mały (*Rhinolophus hipposideros*) i nocek orzęsiony (*Myotis emarginatus*), które są w Czerwonej Księdze. Ponadto rezerwat stanowi ostoję rzadkich i zagrożonych gatunków roślin oraz zwierząt. Teren ten podlega ochronie w ramach Konwencji Berneńskiej, Dyrektywy Siedliskowej i Ptasiej. Jest to obszar węzłowy o znaczeniu międzynarodowym i należy do programu Natura 2000. Odślania się tu także cenny i unikatowy na skalę europejską profil utworów karbonu dolnego. Przy rezerwacie znajduje się zespół klasztorny oraz erem Karmelitów Bosych w Czernej, który jest jedynym w Polsce i jednym z dwóch w Europie (ryc. 6). Dlatego właśnie obszar ten otrzymał status rezerwatu krajobrazowo-historycznego.

Aby móc poruszać się bezpiecznie po tym terenie wytyczono czerwoną ścieżkę turystyczną o długości 3,5 km. Można nią wyruszyć z parkingu przy klasztorze w Czernej. Ustawiona została tu tablica informacyjna z opisem czerwonego szlaku dydaktycznego, który oprowadza po najważniejszych miejscach na terenie rezerwatu, podkreślając architekturę sakralną oraz odsłonięcia wapieni karbonu dolnego (wizenu). Utwory te są najlepiej widoczne przy krawędzi kamieniołomu w Czatkowicach. Rozpościera się stąd wspaniały widok na Rów Krzeszowicki i Garb Tenczyński, z zarysowującym się na horyzoncie zamkiem w Rudnie. Odsłonięte formacje skalne karbonu dolnego ukazują tektonikę fragmentu zachodniego skrzydła brachyantykliny Dębniaka. We wschodniej części tej struktury kąt upadu warstw wynosi 50-60°, w centralnej części 90°, a w zachodniej są one częściowo odwrócone i zapadają na wschód pod

kątem 70–80°. Zatem w okolicach Czatkowic zachodnie skrzydło brachyantykliny ma charakter przegubu fleksury, która wzdłuż doliny Krzeszówki została zerwana uskokiem trzeciorzędowym.



Ryc. 5. Kopytnik pospolity (*Asarum europaeum*). Fot. M. Gołas

Wapienie karbonu dolnego w zboczach doliny Eliaszówki tworzą małe ścianki skalne o nierównych powierzchniach. Zaznaczają się w nich formy krasowe w postaci niewielkich grot, w których niegdyś przebywali duchowni (schronisko św. Onufrego, grota Hilariona). U podnóży stoków powstały nasypy z gruzu i bloków skalnych.

Na trasie znajduje się także słynne Źródło świętego Eliasza, otoczone murem wapiennym w kształcie serca (ryc. 7). Tutejsza ludność wierzy, iż woda ze źródła posiada nadzwyczajne zdolności lecznicze. A wszystko to okala bukowy las.

Kolejny rezerwat przyrody w gminie Krzeszowice znajduje się w dolinie Raclawki. Ma on powierzchnię 472,66 ha i położony jest pomiędzy Dubiem a Pa-



Ryc. 6. Klasztor Karmelitów Bosych w Czernej. Fot. M. Gołas

czółtowicami, w gminie Krzeszowice. Jest on objęty ochroną częściową, której podlega naturalny krajobraz leśny. Obszar ten słynie z różnorodności rzeźby i ekosystemów. Występują tu biocenozy ekstrazonalne oraz reliktowe stanowiska żywej buczyny karpackiej (*Dentario glandulosae-Fagetum*) i ciepłolubnej buczyny naskalnej (*Carici-Fagetum*). W rezerwacie utworzono trzy ścieżki dydaktyczne: czerwoną, żółtą i niebieską, które opisują budowę geologiczną w postaci kilkunastu tablic informacyjnych. Od 2009 roku rusza projekt utworzenia nowych odsłoneń formacji

skalnych, które znajdują się przy istniejących już ścieżkach dydaktycznych.

W Rezerwacie przyrody Dolina Raclawki odsłaniają się najstarsze w rejonie krakowskim utwory dewońskie (kamieniołom w Dubiu) i są one unikatowe w skali kraju. Występuje tu także jedyne w Polsce odsłonięcie rafowych utworów karbonu dolnego (Łom nad Drogą) z bogatą fauną ramienionogów i trylobitów oraz skamieniałości organizmów rafotwórczych: glonów, koralowców i mszywiolów.

Ponadto holocenijska martwica wapienna z Doliny Raclawki została zgłoszona do wpisania na listę obiektów światowego dziedzictwa geologicznego, a także jako stanowisko dokumentacyjne. Jest to klasyczne odsłonięcie dostarczające podstawowych danych, aby móc określić mechanizm depozycji, warunki powstawania oraz wiek martwic wapiennych, które wypełniają dna dolin rzecznych na obszarze krakowskim (ryc. 8).



Ryc. 7. Źródło św. Eliasza. Fot. M. Gołas

Przez teren rezerwatu przyrody Dolina Raclawki przechodzi również uskok waryscyjski, widoczny w zachodnim zboczu doliny Raclawki (Łom Pisarski). Przebiega on z SSE ku NNW i dochodzi do strefy trzeciorzędowych uskoków tworzących północne obrzeżenie Rowu Krzeszowickiego. Ponadto przecina wschodnie skrzydło brachyantykliny Dębника i ma charakter zawiasowy. Jego zrzut w części południowej wynosi ponad 300 m i maleje w kierunku północnym. W skrzydle wiszącym znajdują się wapienie dębnickie, a w zrzuconym wapienna seria stromatoporowa.

Jest to zatem teren modelowy dla celów naukowych i dydaktycznych, który przyciąga do gminy Krzeszowice pasjonatów nauk przyrodniczych.

Wszystkie krzeszowickie perły natury, dostępne na wyciągnięcie ludzkiej ręki, narażone są na niszczenie. Rezerваты przyrody są licznie odwiedzane przez turystów, szczególnie Dolina Eliaszówki, gdzie ruch turystyczny związany jest z pielgrzymkami do klasztoru w Czernej. Istniejący parking w czasie weekendów i świąt, nie jest w stanie pomieścić samochodów wycieczkowych i samochodów osobowych. W związku z tym można pomyśleć o utworzeniu

parkingu na terenie kamieniołomu w Czatkowicach, co rozwiązałoby problem wzmożonego ruchu pojazdów motorowych na terenie rezerwatu. Na powstałym czerwonym szlaku powinno ustawić się tablice informacyjne, które opisywałyby znajdujące się tu atrakcje: historyczne, geologiczne i ekologiczne.

Realnym zagrożeniem jest postępująca rozbudowa okolicznych wsi oraz związana z tym wzmożona penetracja lasów. Powstają liczne dzikie wysypiska śmieci, a gospodarka ściekowa nie jest uregulowana.



Ryc. 8. Odsłonięcie holocenijskiej martwicy wapiennej w zakolu Raclawki. Fot. M. Gołas

Wzmożony ruch samochodowy przyczynia się do zanieczyszczenia powietrza, co z kolei powoduje kwaśne deszcze i rozmywanie zaprawy wapiennych budowli. Widoczny jest także negatywny wpływ kamieniołomu wapienia w Czatkowicach oraz kamieniołomów w Dubiu i Dębniku, które powodują hałas, zapylenie i drgania. Należy zatem zabezpieczyć rezerwat przed zniszczeniem i odpowiednio przygotować do udostępnienia dla badań naukowych, dydaktyki oraz krajoznawstwa przez wyeksponowanie i uczynienie ich walorów. W tym celu powinien powstać informator przyrodniczy, który zawierałby mapy oraz opis przystanków przyrodniczo-geologicznych na trasach dydaktycznych.

Krzeszowickie uzdrowisko, które stanowi serce całej gminy może w przyszłości tętnić życiem, jeśli zadba się o rozwój infrastruktury turystycznej. Jak dotąd w miasteczku utworzono miejską trasę turystyczną, która oprowadza po najważniejszych obiektach. Dzięki niej zabytki Krzeszowic zostały opisane na tablicach informacyjnych zarówno w języku polskim, jak i angielskim. Powoli rozwija się infrastruktura miasta, powstają nowe miejsca noclegowe i baza gastronomiczna. Okoliczna ludność i osoby zatrzymujące się przejazdem mogą również z łatwością dotrzeć do atrakcji gminy.

Obszar wokół Krzeszowic nie jest jeszcze wystarczająco zagospodarowany, jednak na przestrzeni ostatnich lat jego stan w widoczny sposób się poprawił. Położono nowy asfalt na drodze z Paczółtowic do Krzeszowic. Rozwinęła się także komunikacja transportowa zarówno z Krakowa, Krzeszowic, jak i Olkusza, która dziś udostępnia zwiedzanie pobliskich rezerwatów dla osób nieposiadających własnego środka transportu.

Zatem jak sprawić by działalność człowieka nie wpływała negatywnie na zasoby przyrody nieożywionej i ożywionej, a zarazem udostępnić ludziom te walory? Należy przede wszystkim podjąć edukację w szkole i zorganizować kursy dla młodzieży, które przyczyniłyby się do pogłębienia wiedzy o ochronie środowiska. Gmina Krzeszowice powinna postawić na rozwój agroturystyki i ekoturystyki, tym samym uchronić się przed turystyką masową. Ponadto trzeba poprawić oznakowanie szlaków, wyznaczyć miejsca parkingowe, naprawić istniejące tablice informacyjne i postawić nowe. W celu polepszenia bezpieczeństwa należy zabezpieczyć strome ściany skalne, aby dzieci mogły swobodnie poruszać się po tym obszarze.

Na terenie gminy brakuje także systemowych rozwiązań dotyczących selektywnej zbiórki odpadów niebezpiecznych i bioodpadów. Należy sprecyzować dane po zbadaniu morfologii odpadów zbieranych i deponowanych na składowiskach, gdyż dzisiejsze plany gospodarki odpadami są oparte na wskaźnikach ogólnie przyjętych. Potrzebna jest również inwentaryzacja dzikich wysypisk, aby określić ich ilość oraz rodzaj odpadów i powierzchnię jaką zajmują. Takie dane będą mogły posłużyć w celu zgromadzenia odpowiednich środków i określenia harmonogramu ich likwidacji, a następnie rekultywacji gruntów. W celu przywrócenia jakości wód należy zmodernizować system jej dystrybucji i uzdatniania, objąć ochroną ujęcia wód oraz zainstalować liczniki jej zużycia.

Rozwój infrastruktury turystycznej, poprawa jakości wód oraz odpowiednia reklama uzdrowiska wydają się być zatem podstawowymi przesłankami jakie muszą zostać spełnione by móc promować walory turystyczne w tym regionie. Jednak należy prowadzić racjonalne zagospodarowanie terenu zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju. Spowoduje to, iż przyszłe pokolenia również będą mogły z tych zasobów skorzystać. Mimo, iż jest wiele do zrobienia warto podjąć wysiłek i ochronić otaczającą nas przyrodę.

WIELKIE EPIDEMIE NA PRZESTRZENI WIEKÓW

Henryk Głąb, Małgorzata Kępa (Kraków)

Wielkie epidemie stanowiły jeden z wielu istotnych czynników kształtujących losy społeczeństw ludzkich, począwszy od pradziejów aż po czasy współczesne. Ogromne znaczenie w historii miały przede wszystkim długotrwałe epidemie o charakterze pandemii, obejmujące swym zasięgiem duże obszary, niosąc ze sobą nieobliczalne straty. Przyczyniły się one do niespotykanej do tej pory wymieralności, a co za tym idzie znacznego spadku gęstości zaludnienia. Odcisnęły swoje piętno na strukturze politycznej, ekonomicznej a także gospodarczej wielu kultur.

Zdecydowana większość badaczy (archeolodzy, antropolodzy, demografowie) zakłada, że wszelkie choroby zakaźne osiągnęły fazę nasilenia w epoce kamienia młodszego – neolicie. Jak dotąd nie zaobserwowano śladów występowania schorzeń o charakterze epidemicznym na ludzkim materiale szkieletowym pochodzącym ze starszej epoki kamienia – paleolitu, jak i środkowego okresu epoki – mezolitu. Nie ma również wiarygodnych danych o tym, że choroby zakaźne występowały nawet w ograniczonych enklawach populacji neolitycznych. Istotnymi przesłankami mogą być tylko pochówki zbiorowe (nieznana przyczyna zgonu wielu osobników o różnicowanej płci i wieku) oraz założenie o znacznym zagęszczeniu populacji po przejściu na osiadły tryb życia. Transformacja kulturowa związana z zamianą strategii zbieracko-łowieckiej na gospodarkę rolniczo-hodowlaną niosła ze sobą nie tylko korzyści, ale i trudne do przewidzenia niebezpieczeństwa. Osiadły tryb życia, przy znaczącej rozrodczości i stosunkowo niskiej śmiertelności prowadził w sposób jednoznaczny do znacznego zagęszczenia populacji. Przy niskiej higienie życia i bliskim kontakcie ze zwierzętami hodowanymi droga do zakażeń międzyosobniczych i odzwierzęcych (zoonoz) była stosunkowo krótka. Długotrwałe okresy złej pogody wpływały na ograniczenie uzyskiwanych plodów rolnych, dużej śmiertelności zwierząt hodowlanych, co w konsekwencji prowadziło do wyraźnego osłabienia kondycji biologicznej populacji neolitycznych. Zdarzające się dość często klęski głodu nie pozostawały bez wpływu na odporność immunologiczną grup ludzkich.

Warto podkreślić, że wartość kaloryczna spożywanych pokarmów nie była zbyt wysoka. Podstawowy składnik diety stanowiły produkty pochodzenia roślinnego. Populacje dzikich zwierząt były już

znacznie przetrzebione, a zwierzęta hodowlane zabijano tylko w szczególnych okolicznościach i na ogół były to osobniki stare. Menu ludzi tego okresu było mało urozmaicone, a białko pochodzenia zwierzęcego stanowiło niezwykle rzadki rarytas.



Ryc. 1. Zmiany syfilityczne na kościach pokrywowych czaszki. (Slide of Donald J. Ortner, Department of Anthropology, Smithsonian Institution, Washington, DC.)

Nasilenie częstości występowania wszelkich schorzeń miało miejsce w okresie średniowiecza. Mówią o tym wyraźnie źródła pisane z tego okresu. Ogromny wpływ na rozprzestrzenianie się chorób miało silne zagęszczenie populacji w ośrodkach miejskich i katastrofalnie niski poziom higieny życia. Również rozluźnienie norm moralnych i etycznych przyczyniło się do szerzenia się różnorodnych infekcji zwłaszcza tych przenoszonych drogą płciową. Warto w tym miejscu przytoczyć fragment trzynastowiecznego poematu *Romance de Flamenca*:

*Biegną do łaźni po figle i gody
A tychże przedsię tam w bród jako wody
W izbach chędogich przezacnej urody
Po wyjściu z których dzierlatki skuszone
Nie będą już czyste, acz wychędożone*

Do najczęściej pojawiających się chorób w postaci epidemicznej zaliczyć można takie jak: kiła, trąd, dżuma dymienicza, tyfus brzuszny i płamisty, oспа, odra, grypa, gruźlica, cholera, przywryca oraz czerwonka. Zdecydowana większość z nich dała o sobie znać w okresie średniowiecza oraz początkach czasów nowożytnych, kiedy higiena i ogólny poziom życia budziły wiele zastrzeżeń. Szczególną

uwagę poświęcimy czterem pierwszym chorobom z wyżej wymienionych.

Najwięcej kontrowersji wśród badaczy budzi pojawienie się syfilisu (kiły). Do dzisiaj nie rozstrzygnięto skąd przywędrował oraz kiedy i gdzie pojawił się po raz pierwszy. Ta choroba weneryczna przenoszona jest drogą płciową. Za infekcję odpowiedzialny jest krętek błądy (*Spirochaeta pallida*, *Treponema pallidum*), gram ujemna bakteria o spiralnym kształcie, której jedynym naturalnym gospodarzem jest



Ryc. 2. Zmiany w podniebieniu kostnym spowodowane syfilisem. (Slide of Donald J. Ortner, Department of Anthropology, Smithsonian Institution, Washington, DC.)

człowiek. W Europie, jak podają źródła historyczne, choroba ta o nieznanym przebiegu, złośliwym i długotrwałym, pojawiła się u schyłku XV wieku, choć niektórzy sądzą, że na obszarach europejskich syfilis mógł istnieć na długo przed Kolumbem, a w postaci epidemicznej ujawnił się dopiero właśnie w piętnastym stuleciu na skutek mutacji. Pojawienie się tej choroby w wieku XV w Europie powiązane jest bezpośrednio z wyprawą króla francuskiego Karola VIII na Neapol, podczas której według zapisków historycznych miała zapanować wyjątkowa rozwężłość seksualna. Duża część żołnierzy zaniemogła i armia zmuszona została do odwrotu. W tymże okresie choroba ta rozprzestrzeniła się na obszarze całych Włoch, a następnie dotarła do Niemiec, Polski, Holandii, Grecji, Anglii, a pod koniec wieku XV odnotowano jej występowanie w Rosji, Danii, Turcji oraz na Węgrzech. Stąd też kiła znana jest jako „choroba neapolitańska” czy „francuska zaraza”. Pierwsza wzmianka o pojawieniu się syfilisu w Polsce pochodzi z 1493 r. i została odnotowana w pismach Macieja Miechowity, lekarza Akademii Krakowskiej. Określenie syfilis pojawiło się za sprawą poematu Giorlamo Fracastoro (1478–1553) *Sifilis sive morbus galicium*, w którym opisał pasterza o imieniu Syfilus ukaranego za obrażenie słońca chorobą powodującą gnicie ciała.

W przebiegu syfilisu wyróżnić można cztery stadia. Pierwotnie, po zakażeniu dochodzi do pojawienia się czerwonego, okrągłego owrzodzenia, po upływie

kilku tygodni występuje zapalenie węzłów chłonnych, głównie w okolicach pachwinowych, pojawiają się również silne bóle stawów, mięśni oraz kości (dolores osteocopi), nasilające się szczególnie nocą powodując u chorego bezsenność. Kolejne stadium to swędząca wysypka (*syphilis pustulosa*) na skórze objawiająca się w postaci różnego rodzaju plam, zgrubień tudzież blizn. Zmiany te po jakimś czasie samoistnie zanikają, aby ustąpić miejsca większym wrzodom i guzom. Te również zanikają pozostawiając po sobie wyraźne blizny. W tym samym czasie na skórze pojawiają się widoczne zgrubienia określane mianem kilaków (gumata). Typowa lokalizacja kilaków to: podniebienie, nos (często się zapadał), czoło oraz górna warga. Ostatnie stadium stanowi na ogół zupełny paraliż spowodowany uwiązaniem rdzenia kręgowego, któremu towarzyszyć mogą zaburzenia o charakterze neurologicznym.

Ekspansja syfilisu straciła na sile już w wieku XVI, epidemie stopniowo zaczęły wygasać, na co mogły wpłynąć między innymi restrykcje stosowane względem prostytutek, a także powszechna metoda leczenia rtęcią. Inną z metod w zwalczaniu syfilisu było stosowanie sarsaparylli (kolcowój lekarski), oraz salwarsanu, pochodnej arszeniku. O ile sprawa z zanikiem syfilisu w formie epidemicznej wydaje się być w miarę jasna, o tyle jego początki i samo źródło pochodzenia są dość sprzeczne. Istnieje wiele hipotez mówiących o korzeniach tej niewdzięcznej choroby. Już w starożytnym Egipcie pojawia się wzmianka o jednej z chorób wenerycznych, wskazujących prawdopodobnie na rzeżączkę. Bardziej wiarygodne źródła pochodzą z Babilonii i Asyrii, chociaż współcześni historycy medycyny uważają, że opisany obraz schorzenia nie wskazuje na syfilis. Jedna z hipotez (najbardziej wiarygodna) sugeruje, że została przywleczona drogą morską z Indii Zachodnich w roku 1493 przez marynarzy Kolumba. Druga z hipotez stara się dowieść, że ognisko syfilisu, z którego epidemia rozszerzyła się na cały świat, miało znajdować się w Afryce. Według niektórych badaczy w obrazie klinicznym choroby istnieje ścisły związek pomiędzy kiłą a malinią (framboesia). Ta choroba podzwrotnikowa wywoływana jest przez krętka (*Spirochaeta pertenu*) i występującą przede wszystkim w Afryce Równikowej. Nie można wykluczyć, że w którymś momencie syfilis pod wpływem jakiegoś czynnika (mutacja?) rozwinął się z wyżej wspomnianej choroby. Przeniesiony na podatny grunt europejski wywołał dramatyczną w skutkach epidemię. Wyróżnia się jeszcze dwie choroby będące wynikiem zakażenia krętkami. Pierwsza z nich to pinta. Ze względu na miejsce występowania jest ściśle powiązana z wyprawami Krzysztofa Kolumba (jeden z trzech statków

flagowych wyprawy Kolumba nosił nazwę „Pinta”). Druga z kolei to bejel, choroba nieweneryczna skóry i błon śluzowych wieku dziecięcego. Pojawiają się także spekulacje, że syfilis mógł być rozwleczony na obszary europejskie przez Wikingów, którzy jak wiadomo na terenach przez siebie zdobytych nie stronili od kobiet. Nie zapominajmy również o tym, że to właśnie Wikingowie, jako pierwsi Europejczycy „odwiedzili” kontynent Ameryki Północnej. Tak naprawdę pochodzenie syfilisu po dzień dzisiejszy jest nieznane, a wszelkie hipotezy plasują się w sferze domniemań.



Ryc. 3. Ksiądz odprawia mszę za ofiary zarazy. Rycina z iluminowanego manuskryptu z połowy XIV wieku (MS Douce 313 f. 394 V, Bodleian Library, University of Oxford)

Kolejne stulecia, począwszy od XV wieku, możemy śmiało określić, jako czas ekspansji syfilisu. Choroba rozprzestrzeniała się w niebywałym tempie, dotykając wszystkich, nie bacząc na pochodzenie, stan majątkowy, czy status społeczny. Jak to określił Charles Baudelaire (1821–1867), francuski prekursor symbolizmu i dekadentyzmu, zapanowała demokracja i syfilis. W niektórych środowiskach tej epoki obciążenie tym schorzeniem mieściło się w dobrym tonie. Źródła historyczne wspominają o wielu sławnych postaciach dotkniętych tym przykrym schorzeniem, tutaj wspominamy zaledwie o kilku z nich. Na syfilis cierpiał między innymi papież Aleksander Borgia, znany również jako Aleksander VI (1431–1503), który, jak podają źródła, żył w kilku nielegalnych związkach i spłodził, co najmniej czworo potomków, Iwan IV Groźny, car Rosji (1530–1584), Piotr Wielki, car Rosji (1672–1725), Benvenuto Cellini, słynny florencki rzeźbiarz (1500–1571), Henri Toulouse-Lautrec, francuski malarz i grafik jednocześnie, twórca postimpresjonizmu, który swoimi litografiami wywarł wielki wpływ na rozwój nowoczesnego plakatu (1864–1901), Guy de Maupassant, francuski pisarz związany z nurtem dekadentyzmu i naturalizmu (1850–1893), Heinrich Heine, niemiecki poeta doby romantyzmu (1797–1856), Stanisław Wyspiański, wybitny, wszechstronny twórca okresu Młodej Polski (1869–1907) i wreszcie Włodzimierz Lenin, rosyjski polityk (1870–1924).

Niewyjaśnione do dnia dzisiejszego jest pochodzenie drugiej choroby bakteryjnej przenoszonej drogą kropelkową, jaką był trąd, zwany również leprą z języka łacińskiego, a wywoływany przez *Mycobacterium leprae*, która atakuje między innymi błonę śluzową jamy ustnej, oczy, kości, skórę i układ nerwowy. Trąd rozpowszechniony był przede wszystkim w okresie średniowiecza, czyniąc ogromne spustoszenie pośród ludności umierającej w mękach, zarówno fizycznych jak i moralnych. Leprę uznawano za chorobę nie tylko ciała, ale i duszy. Osoby nią dotknięte uważane były za nieczyste i eliminowane ze społeczeństwa poprzez odizolowanie ich w zamkniętych enklawach, zwanych popularnie leprozoriami.

Najczęstszymi odmianami lepry były dwie postaci skórne. Pierwsza to trąd lepromatyczny (*lepra lepromatose tuberosa*) objawiający się zmianami w postaci guzów na błonach śluzowych oraz skórze, a w kolejnym stadium również występujących na wątrobie, nerkach i jelitach. Druga to trąd tuberkuloidny (*lepra tuberculoides*) charakteryzujący się bezbolesnymi czerwonymi plamami na skórze oraz porażeniem nerwów obwodowych prowadzącym do poważnych zaburzeń czucia i ruchu.

Diagnozowanie chorych na trąd nie przedstawiało szczególnych trudności. Wyróżniali się oni od reszty społeczeństwa charakterystycznymi zniekształceniami kończyn górnych i dolnych, a zwłaszcza ich częściami dystalnymi (*lepra mutilans*). Ręce i stopy były silnie zdeformowane, a dalsze paliczki często odpadały. Często, podobnie jak w przypadku syfilisu, dochodziło do resorpcji nosa. W stosunku do chorych nie podejmowano żadnych specjalnych praktyk lekarskich. Jedynie owrzodzenia łagodzone różnymi maściami przygotowanymi na bazie roślinnej. Często terapia miała charakter magiczno-rytualny. Zmiany na skórze okładano miazgą z suszonej żmii lub żaby, a do picia podawano napój z truskawek na spiryтуsie. Nie stroniono również od bardziej drastycznych metod zapobiegania szerzeniu się choroby. Jedną z nich była kastracja mająca na celu osłabienie wzmożonego popędu płciowego, który miał charakteryzować trędowatych. Jak wspomniano wcześniej wszystkich chorych umieszczano w jednym odosobnionym miejscu, jako jednostki odmienne, dotknięte chorobą nieuleczalną i nieczystą. Szpitale, przytułki i cmentarze dla trędowatych położone były poza murami wyznaczającymi granice miast średniowiecznych.

Początki trądu prawdopodobnie sięgają bardzo odległych czasów. Pierwsze przypadki zachorowań znane są już z czasów prehistorycznych, a jako miejsce ich pochodzenia podaje się obszary afrykańskie. Źródła egipskie podają, że choroba ta występowała

już w III wieku p.n.e. i zawleczona została z terenów Persji oraz Indii. W Europie trąd rozprzestrzenił się po roku 600 naszej ery, a szczyt zachorowań nastąpił w drugiej połowie XIII wieku. Objął on swoim zasięgiem znaczne obszary Starego Świata. Osiągnął tym samym status epidemii.



Ryc. 4. Zaraza w Atenach autorstwa flamandzkiego malarza Michaela Sweetsa (1624 – 1664). Takie przedstawienie zarazy z 430 roku p.n.e. to temat często napotykanym w sztuce neoklasycznej (Christie's Image, London, UK/Bridgeman Art. Library).

Kliniczny przypadek trądu opisany został po raz pierwszy w roku 1873 przez Armauera Hansena, norweskiego lekarza, na długo po tym jak zniknął on z obszarów europejskich (trąd często nazywany jest chorobą Hansena).

Zachorowalność na trąd w Europie stopniowo zaczęła spadać wraz z nastaniem wieku XIV. Jak zakłada większość badaczy, bezpośrednią przyczyną było pojawienie się kolejnej choroby, jaką była dżuma. Wyeliminowała ona z populacji europejskiej osobniki słabe biologicznie o obniżonej odporności immunologicznej. Współcześnie trąd występuje w krajach tropikalnych oraz subtropikalnych Afryki oraz Ameryki Południowej, a także jego przypadki odnotowane są w Indiach, Chinach oraz na Madagaskarze.

Syfilis podobnie jak trąd pozostawiają ślady na kościach. Zmiany o charakterze patologicznym mają wysoce specyficzny charakter. Dla wprawnego antropologa, a nawet archeologa, określenie czy osoba zmarła była obciążona za życia syfilisem, bądź trądem, nie powinno stanowić szczególnej trudności. W przypadku syfilisu będą to między innymi daleko posunięte zmiany degeneracyjne podniebienia kostnego oraz okolicy nosa (zwłaszcza dolnej krawędzi otworu gruszkowatego), jak również liczne i wyraźne ubytki na kościach długich oraz kościach pokrywowych czaszki. Do cech charakterystycznych dla trądu, obserwowanych na kościach, można zaliczyć przede wszystkim zanik wyrostków zębodołowych szczęki połączony w wielu przypadkach z utratą siekaczy, a także zanik kolca nosowego kości czołowej oraz resorpcja dolnego brzegu rowka nosowego, czy

też wspomniana już utrata dystalnych części ręki oraz stopy na skutek zmian degeneracyjnych stawów pomiędzy paliczkami.

W okresie średniowiecza, świat musiał stanąć w obliczu jeszcze jednej wielkiej tragedii - pandemii dżumy, określanej powszechnie „czarną śmiercią”. Za pierwszą odsłonę dżumy uznaje się plagę Justyniana, która w latach 542–543 nawiedziła obszary Cesarstwa Rzymskiego. Warto też jest wspomnieć o wielkiej epidemii, jaka dotknęła w 1665 roku Londyn pustosząc doszczętnie całe miasto. Ta z okresu średniowiecza rozpoczęła się w Mesynie, skąd przybyła na statku znad Morza Czarnego rozpoczynając tym samym cykliczny pochód po całej Europie.

Za epidemię dżumy odpowiedzialna jest drobna bakteria, pałeczka, gram ujemna *Yersinia pestis*, odkryta przy okazji zarazy, jaka nawiedziła Hongkong w roku 1894. Bakteria ta przenoszona jest za pośrednictwem pasożytów zewnętrznych, pcheł oraz wszy.

Najbardziej znaną była dżuma dymienicza (*bubonic plague*) i to ona w średniowieczu dokonała największego spustoszenia. Czynnikiem przenoszącym chorobę na człowieka była pchła *Xenopylla cheopsis*, po której ukąszeniu okres inkubacji trwał nie więcej niż 6 dni. Cechami charakterystycznymi dżumy dymienicznej były ciemne, martwicze krosty powstające w miejscu ukąszenia, zwane również „krostami dżumowymi” lub „znamieniami”, a powszechnie znane pod nazwą dymienic. W późniejszym stadium choroby ze środka dymienic sączył się ciemny płyn o nieprzyjemnym zapachu. Podczas pandemii „czarnej śmierci” pojawił się również płucny rodzaj dżumy (*pneumonic plague*). W tym przypadku infekcja przenoszona była drogą kropelkową a bakteria krwioobiegiem przedostawała się do płuc, powodując ich natychmiastowy obrzęk. Czas inkubacji był niesłychanie krótki. Zdarzało się, że chorzy umierali w kilkanaście godzin po zakażeniu. Ostatnim, prawdopodobnie najrzadszym rodzajem, była dżuma posocznicowa (*septicemic plague*), gdzie w bardzo krótkim czasie dochodziło do zakażenia krwi i szoku septycznego prowadzącego do natychmiastowego zgonu.

Przyczyna wybuchu wielkiej epidemii dżumy w średniowieczu nie jest do końca poznana. Jednym z najbardziej prawdopodobnych czynników był gwałtowny wzrost liczebności populacji pomiędzy 1000 a 1300 rokiem. Nasilenie w tym okresie klęsk żywiołowych i anomalii pogodowych spowodowało gwałtowny spadek produkcji rolnej, co doprowadziło do koszarnej klęski głodu pomiędzy rokiem 1315–1317. W ciągu trwającej blisko 6 lat XIV-wiecznej pandemii „czarnej śmierci” ludność Europy zmniejszyła się o 1/3. Z liczącej blisko 75 milionów ludzi populacji

Europy śmierć poniosło ok. 23 milionów, co stanowi niewyobrażalną liczbę. Obecnie Europa jest jedynym kontynentem, na którym pałeczka dżumy nie występuje.

Znaczącą rolę w dziejach ludzkości odegrały również epidemie tyfusu plamistego (*typhus exanthematicus*), zwanego także durem plamistym czy też durem wysypkowym. Dawniej używano również innych określeń, przykładowo: „gorączka okrętowa”, „gorączka okopowa” oraz „gorączka wojenna”. Jak można wywnioskować z ostatnich trzech nazw infekcję tą wiązano z miejscami, gdzie występowało duże nagromadzenie ludzi, a warunki higieniczne pozostawiały wiele do życzenia. Tyfus nieodwrotnie towarzyszył wojnom, rewolucjom, powstaniom, jak również odkryciom geograficznym, wpływając niejednokrotnie na bieg wypadków historycznych.

Za pojawienie się choroby odpowiedzialna jest bakteria gram ujemna, *Rickettsia prowazekii*, której nosicielem jest wesz ludzka (*Pediculus humanus*). Choroba objawia się bardzo wysoką gorączką połączoną z wysypką utrzymującą się przez okres o 1 do 2 tygodni.

Pierwsza opisana epidemia miała miejsce w 1083 roku w jednym z klasztorów na Sycylii. Choroba w zawrotnym tempie rozprzestrzeniła się na całym obszarze Europy. Osiedliła się na dobre, nękając społeczności ludzkie i głównie sięjąc spustoszenie w armiach. Epidemia tyfusu była jedną z podstawowych przyczyn klęski Napoleona w kampanii rosyjskiej. Jak podają źródła historyczne, armia francuska cofająca się spod Moskwy i spod Berezyny, zostawiła w samym Wilnie 30 tysięcy trupów żołnierzy zmarłych od tyfusu plamistego. Choroba ta dała o sobie znać żołnierzom w czasie I wojny światowej. Podczas rewolucji bolszewickiej w Rosji dur plamisty zabrał kilka milionów ludzi. Epidemia powróciła podczas II wojny światowej w Japonii, Korei i Włoszech, a przede wszystkim w niemieckich obozach koncentracyjnych. Dur plamisty próbowano zwalczać już w trakcie II wojny światowej rozpylając substancję określaną jako DDT (dichlorodifenylotrichloroetan), co przyniosło zadziwiające efekty w zmniejszeniu zapadalności na chorobę. Jednak kolejne badania dowiodły, że DDT nie dość, że stanowi poważne zagrożenie dla środowiska naturalnego, to dodatkowo uodparnia na swoje działanie wesz. Stąd też po zakończeniu wojny tyfus ponownie powrócił do uboższych i chłodniejszych zakątków świata.

W historii wielokrotnie również, atakując całe rzesze ludzi, pojawiały się bliskie nam współcześnie choroby, takie jak ospa, odra, gruźlica czy grypa. Obecnie

budzą one zdecydowanie mniejszy lęk niż dawniej.

Podsumowując należy raz jeszcze zaznaczyć, że wszystkie epidemie, z jakimi borykała się ludzkość na przestrzeni wieków, w mniejszym bądź większym stopniu przyczyniły się do znacznych, często nieodwracalnych zmian. Pisały poniekąd swoją własną, nieprzewidywalną historię. Wielokrotnie miały zna-



Ryc. 5. Syfityk (1496) Albrechta Dürera w obrazowy sposób ilustruje zewnętrzne objawy choroby, budzącej tak dużą grozę u naszych przodków.

czący wpływ na losy toczących się wojen, prowadząc przeważnie do ich wstrzymania. Kształtowały na nowo stosunki polityczne i gospodarcze. Wzmacniały wiarę religijną. Stanowiły też inspirację dla wielu twórców, którzy malując, rzeźbiąc czy też pisząc sięgali często do tragicznych obrazów epidemii. Dzięki artystom dysponujemy dodatkowymi źródłami wiedzy. Epidemie były też niewątpliwym motorem napędowym badań naukowych wzbogacających wiedzę biologiczną i medyczną.

W PŁYW NIEWŁAŚCIWEJ UTYLIZACJI LEKÓW NA ŚRODOWISKO

Aleksandra Potrykus (Warszawa)

Mała pigułka wygląda niegroźnie. Jednak jeśli jest ich tona, stanowią poważne zagrożenie dla środowiska naturalnego.



Już od wielu lat eksperci są zgodni, że bardzo ważnym zanieczyszczeniem środowiskowym są leki. Od początku lat 90. zmieniło się postrzeganie problemów związanych ze środowiskiem, które przestały być wyłącznie domeną ekologów. Współpraca z lekarzami i farmaceutami ukazała skalę problemu. Polacy wydają rocznie nawet sześć miliardów złotych na leki ogólnodostępne i aż 10 miliardów złotych na farmaceutyki na receptę. Znaczna ich część kupowana jest na zapas, w wyniku czego trafiają później na wysypisko.

Jedną z dróg przedostawania się szkodliwych substancji do środowiska, jest proces niewłaściwej ich utylizacji lub, co gorsze, składowanie na wysypiskach komunalnych najczęściej nieprzystosowanych do przyjmowania tego typu odpadów. Większość firm komunalnych działających na naszym rynku nie posiada odpowiednich sortowni i spalarni odpadów. Nadal nie spełniają one standardów Unii Europejskiej. Pojawia się więc problem oddzielenia farmaceutyków właściwych od opakowań, w których się znajdują. Te ostatnie składają się najczęściej z papieru bądź plastiku. Mając więc odpowiednie sortownie moglibyśmy poddać je recyklingowi, oszczędzając zarazem ogromne pieniądze.

Jedna tabletką nie jest zagrożeniem. Inaczej jest jednak w przypadku, kiedy chodzi o znaczące ilości, mierzone w tonach. Rozkładające się chemikalia przenikają wraz z deszczem do gleby, a następnie wód powierzchniowych i gruntowych. W konsekwencji przenikają do roślin, czy wody dostarczanej

do gospodarstw domowych. Najlepszym dowodem są badania laboratoryjne, które wykazały szkodliwy wpływ nieutylizowanych farmaceutyków na żywe organizmy. Mogą wpływać na wielkość wylęgu płazów i ryb, czy doprowadzić do zaburzeń w proporcjach płci gatunków tych zwierząt.

Wiadomo, że nadmierne przyjmowanie leków ma negatywny wpływ na zdrowie ludzkie. Jednak nieprawidłowo utylizowane leki mają równie niekorzystny wpływ na środowisko naturalne. Jak każde chemikalia powinny być prawidłowo przechowywane, a po zakończeniu okresu przydatności, poddane właściwej utylizacji.

Prawo polskie zabrania składowania leków na wysypiskach komunalnych. Za takie działania grożą wysokie kary pieniężne, jak i konsekwencje prawne. W przypadku odpadów powstających w zorganizowanych placówkach, takich jak szpital czy apteka, utylizacja należy do obowiązku wytwórcy. Natomiast odpowiedzialność za gospodarowanie odpadami farmaceutycznymi pochodzącymi z gospodarstw domowych ponosi gmina. Często jednak ta kwestia nie stanowi dla lokalnych władz priorytetu i jest odsuwana na późniejsze lata. Gminy postępują w ten sposób, gdyż okresy przejściowe związane z naszym wejściem do Unii Europejskiej dają im czas do końca 2015 roku.

Na szczęście jednak coraz więcej samorządów zajmuje się tym problemem. W aptekach pojawiają się specjalne pojemniki, do których pacjenci mogą wyrzucać przeterminowane leki, które następnie są zabierane przez wyspecjalizowane firmy i utylizowane w przepisowych warunkach. Minimalizuje to zagrożenie dla środowiska oraz życia i zdrowia ludzi. Innym przykładem pozytywnego działania jest akcja informacyjna.

Niezbędne jest wprowadzenie szerokiego programu edukacji ekologicznej społeczeństwa, stałe przypominanie o szkodliwości przedostających się do środowiska leków. Tylko w ten sposób można wyrobić nawyk oddawania przeterminowanych leków do specjalnych pojemników w aptekach, a nie do śmieci. Równolegle należy wdrożyć działania legislacyjne nakładane na producentów leków, w wyniku których mają oni obowiązek utylizacji wprowadzonych na rynek produktów.

Niezwykle istotną rolę w procesie informacyjnym odgrywają również farmaceuci, którzy cieszą się w społeczeństwie dużym autorytetem. Korzystając ze

swojej pozycji i wiedzy mają doskonałą możliwość, by uświadamiać pacjentom zagrożenia i pokazywać możliwe rozwiązania problemu.

Także część firm farmaceutycznych podejmuje działania w tej materii. Na ulotkach załączonych do leków coraz częściej pojawiają się ostrzeżenia o zawartości szkodliwych substancji, które mogą stanowić realne zagrożenie dla środowiska i ludzi w przypadku niewłaściwego utylizowania.

Ludzie nie zdają sobie sprawy z tego, że produkują niebezpieczne odpady. Często trafiają one do domowych koszy na śmieci, a następnie składowane są na wysypiskach komunalnych, mimo iż powinny być utylizowane termicznie. Do grupy takich odpadów poza lekami należą m.in. odpady związane z domowym podawaniem insuliny, przeprowadzaniem dializy, czy opatrunki.

Grupą leków szczególnie szkodliwych dla środowiska są antybiotyki. Zdaniem ekspertów Polacy kupują ich ogromne ilości, które często lądują po prostu w śmietnikach lub trafiają do kanalizacji wraz ze ściekami komunalnymi bądź szpitalnymi. Co więcej, taki stan rzeczy doprowadza do uodpornienia się niebezpiecznych drobnoustrojów, co w konsekwencji może doprowadzić do zanieczyszczenia przyrody. Antybiotyki należą do grupy tzw. odpadów pseudotrwałych. Oznacza to, że nie utrzymują się w środowisku kilkadziesiąt lat, ale cały czas są do niego dostarczane. Badania, które są prowadzone na ten temat zaledwie od piętnastu lat, nie pozwalają jeszcze na wyciągnięcie konkretnych wniosków prowadzących do innowacyjnych pomysłów i rozwiązań.

Obecnie szacuje się, że około 5 tysięcy leków trafia na wysypiska, a nie do właściwej utylizacji termicznej. Są to nie tylko farmaceutyki same w sobie, ale również opakowania, w których się znajdowały.

Przeważająca większość polskich wysypisk nie jest odpowiednio przystosowana do składowania odpadów farmaceutycznych. Zbyt krótko istnieje świadomość szkodliwego wpływu leków na środowisko, a w szczególności na systemy wodno-ściekowe. Rozwiązaniem problemu odpowiedniego składowania leków byłoby uszczelnienie wysypiska od gruntu. Dzięki temu groźne substancje nie przedostawałyby się do wód gruntowych. Gorzej jest w przypadku „dzikich” wysypisk, których liczba jest w Polsce stale wysoka.

W 2006 roku Europejska Agencja ds. Badania Leków (EMA) wdrożyła rozporządzenie odnośnie nowo wprowadzanych leków na rynek Unii Europejskiej. Przepis ten nakłada na producenta obowiązek uprzedniego przeprowadzenia badań dotyczących wpływu leku na środowisko. Zakres badań jest uzależniony od powszechności stosowania farmaceutyku,

a co za tym idzie, wielkości jego produkcji. Jednak regulacja ta nie obejmuje farmaceutyków wprowadzonych przed 2006 rokiem. W Polsce problem ten wzbudza duże zainteresowanie w środowiskach naukowych. Niestety, nadal nie widać takiej tendencji u polityków, którzy mogliby wpłynąć na zmiany prawne, prowadzące do zwiększenia popularności właściwego sposobu postępowania z lekami. Ścisła współpraca między resortem zdrowia a środowiskiem, zapewne przyczyniłaby się znacznie do ograniczenia niepożądanego zjawiska.

Podsumowując...

Spożycie leków w Polsce stale rośnie. Ma to związek z rosnącą liczbą ludności, rozwojem ekonomicznym, wydłużeniem średniej długości życia, a także pojawianiem się nowych leków w zachęcających cenach. W związku z tym należy wdrożyć kompleksowy system właściwej utylizacji przeterminowanych. W składzie leków znajduje się ponad tysiąc substancji czynnych, często toksycznych, podobna ilość związków chemicznych, stosowana jest do produkcji opakowań.

Niestety, na razie problem bezpiecznego składowania oraz utylizacji jest kwestią drugorzędną. Mogłoby się wydawać, że skuteczną bronią, oprócz edukacji proekologicznej, jest projektowanie leków łatwo degradalnych i jak najmniej toksycznych. Musimy sobie jednak odpowiedzieć na pytanie: czy w obliczu tak dużego zapotrzebowania na farmaceutyki oraz presji czasu wywieranej na laboratoria, ekologia nie zostanie przysłonięta przez ekonomię.

W wielu miastach Polski akcje zbierania przeterminowanych leków pokazały, że wśród mieszkańców pojawia się zainteresowanie problemem. Co więcej, efektywność działań wzrastała wraz z ich trwaniem. Skutki mogłyby być jeszcze lepsze, gdyby akcjom towarzyszyły głośnie kampanie reklamowe i edukacyjne. Inicjatywa bardzo często należy do samych farmaceutów i lokalnych izb aptekarskich, które mogą zwrócić się do gminy z prośbą o przeprowadzenie takich działań. Prościej będzie wtedy przekonać pacjentów, by zrobili przegląd swych apteczek i wybrali leki przeterminowane lub niepotrzebne, a następnie przynieśli je do odpowiedniego punktu. Pozwoli to uchronić środowisko i uniknąć przypadkowych zatruć.

Fakty

Firma PROEKO, utylizuje rocznie około 165 ton leków. Łatwo więc wywnioskować, jakie może być to przełożenie na skalę krajową. Są to miliardy złotych.



Niewątpliwie największa ilość leków odbierana jest z regionu województwa mazowieckiego. Przyczyną najwyższego poziomu na tym obszarze kraju jest zapewne lokalizacja największych hurtowni farmaceutycznych właśnie na Mazowszu. Niepokojącą informacją jest fakt, iż tendencja ilości odbieranych przez nas leków cały czas rośnie. Z roku na rok wskaźnik

ten zwiększa się o ok 15–20 procent, w roku 2007 było to około 98 Mg; 2008 – 120 Mg; 2009 – 165 Mg (Mg=MegaGram=Tona). Niszczone są leki ze wszystkich grup. Najmniej używamy leków cytostatycznych oraz cytotoksycznych zdarzają się one sporadycznie. Najczęściej leki do utylizacji oddają hurtownie farmaceutyczne oraz apteki. Hurtownie i producenci to około 90 procent naszych Klientów, apteki stanowią 10 procent. Najczęściej są to leki po terminie przydatności. Czasami zdarza się jednak, że trafiają do nas leki pełnowartościowe, które nie zostały dopuszczone do sprzedaży. Duża ilość akcji marketingowych połączonych z reklamami w mediach, które promują farmaceutyki, również nie sprzyja powstrzymywaniu problemu. Ludzie na każdym kroku, kuszeni są coraz to lepszymi ofertami. Lepszymi pod względem ekonomicznym, ale nie ekologicznym.

Ilustracje pochodzą ze strony <http://morguefile.com/>, udostępnianej nieodpłatnie dla „kreatywnego biznesu”.

Aleksandra Potrykus, prezes Polskiej Grupy Recyklingu PROEKO



OBSERWACJE MARTWYCH PŁAZÓW I GADÓW NA DROGACH W DOLINIE SANU POD OTRYTEM I TERENACH PRZYLEGLYCH

W latach 1997–2005 przeprowadzono inwentaryzację fauny płazów i gadów doliny Sanu wzdłuż niespełna dwudziestokilometrowego pasma Otrytu i terenów przyległych. Omawiany obszar położony jest w peryferyjnej części Bieszczadów Zachodnich i sąsiaduje od północy z Górami Sanocko-Turczańskimi. Duże walory przyrodnicze, a częściowo i krajobrazowe zadecydowały o utworzeniu tu Parku Krajobrazowego „Dolina Sanu”. Wraz z „Bieszczadzkim Parkiem Narodowym” należy on także do Międzynarodowego Rezerwatu Biosfery „Karpaty Wschodnie”. W trakcie prac terenowych zinwentaryzowano wiele miejsc występowania płazów i gadów. W sumie stwierdzono 10 gatunków płazów (salamandra plamista *Salamandra salamandra*, traszka grzebieniasta *Triturus cristatus*, traszka zwyczajna *L. vulgaris*, traszka karpacka *L. montandoni*, traszka górską *Ichthyosaura alpestris*, kumak górski *Bombina variegata*, ropucha szara *Bufo bufo*, rzekotka drzewna *Hyla arborea*, żaba jeziorkowa *Pelophylax lessonae*, żaba trawna *R. temporaria*) i 7 gatunków gadów (jaszczurka zwinka *Lacerta agilis*, jaszczurka żyworodna *Zootoca vivipara*, padalec zwyczajny *Anguis fragilis*, zaskroniec zwyczajny

Natrix natrix, wąż Eskulapa *Zamenis longissimus*, gniewosz plamisty *Coronella austriaca*, żmija zygzakowata *Vipera berus*). Nie potwierdzono jedynie występowania ropuchy zielonej *Pseudepidalea viridis*, którą wcześniej podawano z tego terenu. Prace inwentaryzacyjne umożliwiły zebranie szeregu danych dotyczących m.in. czynników negatywnie wpływających na wielkość ich populacji. W tym krótkim sprawozdaniu chciałbym zasygnalizować problem śmiertelności płazów i gadów na drogach tego obszaru. W tab. 1 wyszczególniono te odcinki dróg, na których dokonano okazjonalnych zliczeń martwych lub dogorywających zwierząt.

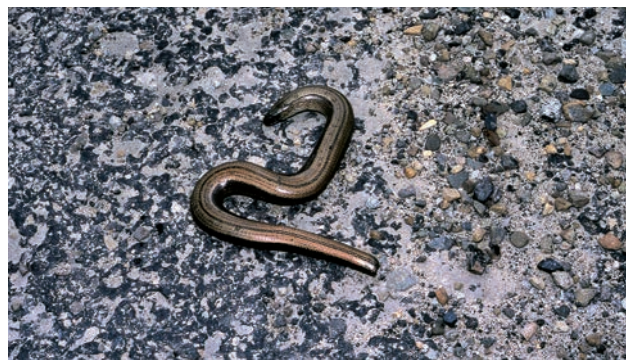
Spośród płazów najczęściej ginęła ropucha szara i żaba trawna. Martwe osobniki pozostałych gatunków spotykane były znacznie rzadziej lub wcale. Niewielka liczba martwych traszek wynikała z tego, że niektóre z nich, przede wszystkim traszka zwyczajna i górską, tworzyły bardzo niewielkie populacje. Ponadto traszki znane są z tego, że z reguły nie oddalają się zbyt daleko od zbiornika, w którym odbywają gody i składają jaja. Nie są więc zmuszone do odbywania dalekich i ryzykownych wędrówek. Rzekotka

drzewna również była spotykana w niezbyt licznych populacjach. Rzekotki przebywają wśród roślinności zielnej lub krzewiastej, czasem na drzewach, unikają zaś przestrzeni jej pozbawionej. Liczna na tym terenie salamandra plamista przebywała w cienistych jarach potoków, w których następowało rodzenie larw. Unikała natomiast terenów zabudowanych i otwartych (łąki, pola). Salamandry ginęły jednak na drogach przecinających tereny leśne. Kumak górski, drugi lub trzeci pod względem liczebności płaz tego terenu, przebywał w niewielkich zbiornikach wód powierzchniowych. Gdy zbiorniki te wysychały, co w warunkach górskich często ma miejsce, kumaki chowały się w ich pobliżu. Niektóre mogły jednak wędrować w celu znalezienia innego. W pobliżu dróg tego typu nietrwałych środowisk wodnych było bardzo dużo (np. koleiny przydrożne), ale na samych drogach stosunkowo niewiele. W ostatnich kilkudziesięciu latach wiele dróg utwardzono lub nawet wyasfaltowano. Wprawdzie na niektórych drogach pokrytych asfaltem tworzyły się wyrwy, które po ulewnych deszczach wypełniały się wodą, ale były one przez kumaki raczej omijane. Brak martwych żab jeziorkowych wynikał z niezwykle niskiej liczebności tego gatunku. W ciągu kilku lat obserwacji odnotowano tylko 2 przeobrażone osobniki. Przed rozjechaniem chronił niektóre gatunki ich tryb życia. Na przykład, kumak górski za dnia przebywający w wodzie niewielkich zbiorników lub w ich pobliżu, usytuowanych często niedaleko szlaków komunikacyjnych, nocą oddalał się od nich w poszukiwaniu pokarmu. Żerujące kumaki można było wtedy spotkać w godzinach nocnych na drogach. Ale w tym czasie ruch kołowy praktycznie nie istniał.

Z gadów najliczniejsze na tym terenie były jaszczurki, jednak to właśnie martwe gady beznogie – padalce, zaskrońce i żmije spotykane były najczęściej. Może to świadczyć o tym, że część tych osobników była ofiarami osób niezmotywowanych. Czasem trudno jest ocenić (lub jest to wręcz niemożliwe), czy dany osobnik zginął pod kołami samochodu, czy też najpierw został celowo uśmiercony, np. kijem, a dopiero potem przejechany. Brak lub rzadkość martwych osobników pozostałych gatunków jest sprawą oczywistą. Gniewosz plamisty jest najrzadszym gadem tych terenów, spotykanym nie co roku. Podobnie wąż Eskulapa należy tu do gadów bardzo nielicznych.

Fenologia śmiertelności w obu tych grupach zwierząt przedstawiała się odmiennie. Płazy, głównie ropucha szara i żaba trawna, ginęły w większości w okresie wiosennym, w którym miała miejsce masowa wędrówka tych zwierząt do miejsc, w których odbywały one gody i były składane jaja. Wówczas na

krótkich odcinkach, w pobliżu których znajdowały się zbiorniki wodne lub sąsiadujących z Sanem* i innymi większymi ciekami, notowano spore ilości ginących osobników dorosłych obu płci. Często były to pary *in amplexus* (samica połączona z samcem lub kilkoma). W okresie późniejszym ginęły osobniki



Ryc. 1. Martwe padalce, ...zaskrońce ...i żmije zygzakowate to najczęściej ginące gady na drogach bieszczadzkich

z wszystkich grup wiekowych, także niedojrzałe płciowo, na odcinkach niekiedy znacznie oddalonych od zbiorników. Liczba martwych płazów po obfitych opadach deszczu wyraźnie wzrastała. Szczególnie było to widoczne w przypadku salamandry plamistej, którą łatwo można było dostrzec z powodu jej kontrastowego ubarwienia. Chociaż liczba ginących płazów na jednostkę czasu i długość odcinka drogi była wyraźnie większa wiosną, to jednak można przypuszczać (biorąc pod uwagę długość okresu aktywności i długość lokalnej sieci dróg), że liczba martwych zwierząt w pozostałym okresie mogła dorównywać, a może i przewyższać tę z okresu wiosennego. Śmiertelność

gadów była bardziej wyrównana w ciągu całego okresu ich aktywności, jakkolwiek wczesną wiosną oraz latem, po obfitych opadach poprzedzonych długotrwałą suszą, liczba ginących zwierząt była także większa.

Jest rzeczą interesującą, że działalność człowieka, tak w sensie pozytywnym, jak i negatywnym, może mieć wpływ na rozmiary opisywanego zjawiska. Wprowadzenie bobrów na tereny między Chmielem a Dwernikiem (odcinek 7) spowodowało znaczną modyfikację stosunków wodnych. Bobry znane są z tego, że potrafią doprowadzić do zwiększenia retencyjności terenu poprzez budowanie tam i spowolnienie odpływu wody. W takich podmokłych okolicach wyraźnie zwiększa się liczebność płazów i innych zwierząt związanych z terenami podmokłymi. Z drugiej strony obecność dużych populacji płazów w bezpośrednim sąsiedztwie drogi sprawia, że więcej ich ginie pod kołami pojazdów. Z kolei opróżnienie zbiornika w Dwerniku, w którym hodowano ryby i w którym liczne płazy odprowadzały gody (odcinek 6) sprawiło, że liczba ginących zwierząt zmalała.

Przypadki śmiertelności zwierząt na drogach, zwłaszcza płazów, mają często charakter spektakularny. Trudno bowiem nie zauważyć na kilkusetmetrowym odcinku setek martwych zwierząt. Przedstawione w tabeli wyniki z różnych przyczyn nie są jednak miarodajne.

Bywały dni, że ilości zaobserwowanych martwych płazów były na pewno większe. Konstatacja ta opiera się na spostrzeżeniach wizualnych w czasie, w którym prowadzono obserwacje innych zjawisk, a zjawisku śmiertelności na drogach nie poświęcano zbyt wiele uwagi, a więc i nie liczono martwych zwierząt.

Systematyczne obserwacje migrujących i ginących na drogach zwierząt mogą dostarczyć szeregu ważnych informacji faunistycznych. Choć jak wspomniano na początku, obserwacje pod tym kątem miały charakter okazjonalny, to jednak umożliwiły np. wykrycie miejsc występowania gatunków bardzo rzadkich. Szczątki młodego węża Eskulapa na drodze między Dwernikiem a Dwerniczkiem (odcinek 5) mogą przemawiać za tym, że gatunek ten występuje w okolicach, z których już dawno nie było żadnych potwierdzonych informacji o jego obecności.

Biorąc pod uwagę liczebność poszczególnych gatunków można stwierdzić, że dla populacji większości z nich straty ponoszone z tego powodu nie są chyba zbyt dokuczliwe. Dla gatunków występujących w niepokojąco niskich liczebnie populacjach, a do takich należy m.in. wąż Eskulapa**, śmierć nawet pojedynczego osobnika może jednak ważyć na jej prawidłowym funkcjonowaniu.

Jacek Błazuk (Gdańsk)

Tab. 1. Śmiertelność płazów i gadów na wybranych odcinkach dróg w dolinie Sanu pod Otrytem i na terenach przyległych. Intensywność ruchu drogowego w pojazdach na dzień: N – minimalny (<50), L – mały (51–100), M – średni (101–200), H – duży (201–400), V – bardzo duży (>400)

Lp.	Odcinek drogi	Natężenie ruchu drogowego			Data	Liczba martwych osobników																	
						Płazy – Amphibia									Gady – Reptilia								
		IV-V	VI-VIII	IX-X		<i>Salamandra salamandra</i>	<i>Triturus cristatus</i>	<i>Lissotriton vulgaris</i>	<i>Lissotriton montandoni</i>	<i>Ichthyosaura alpestris</i>	<i>Bombina variegata</i>	<i>Bufo bufo</i>	<i>Hyla arborea</i>	<i>Pelophylax lessonae</i>	<i>Rana temporaria</i>	<i>Lacerta agilis</i>	<i>Zootoca vivipara</i>	<i>Anguis fragilis</i>	<i>Natrix natrix</i>	<i>Zamenis longissimus</i>	<i>Coronella austriaca</i>	<i>Vipera berus</i>	Ogółem
1.	Smolnik	H	V	H	1 V 2003	–	–	–	–	–	–	43	–	–	6	–	–	1	–	–	–	1	51
2.	Czereszka i Czeresnia	N	N	N	5 VIII 2001	1	–	–	–	–	1	3	–	–	4	–	2	1	–	–	–	1	13
3.	Procisne – Stuposiany	H	V	H	8 VIII 1997	–	–	–	–	–	–	2	–	–	2	1	1	–	2	–	–	–	9
4.	Procisne – Dwernik	N	N	N	9 VIII 2000	1	–	–	–	–	2	4	–	–	–	–	–	3	1	–	–	1	12
5.	Dwerniczek – Dwernik	M/H	H	M/H	4 V 2004	1	–	–	–	–	–	13	1	–	5	–	–	–	2	1	–	1	24
6.	Dwernik	M/H	H	M/H	4 V 2004	–	–	–	–	–	–	30	–	–	10	–	–	–	2	–	–	2	44
7.	Dwernik – Chmiel	M/H	H	M/H	5 V 2002	–	–	–	–	–	–	63	–	–	14	–	1	2	–	–	–	1	81
8.	Chmiel – Sękowiec	N	N/L	N	30 IV 2002	–	–	–	–	–	1	5	–	–	1	1	1	2	1	–	–	3	15
9.	Chmiel – Sękowiec	L	M	L	5 V 200 2	1	–	–	–	–	2	27	–	–	4	1	–	1	–	–	–	2	38
10.	Kiczera i Dziądkowiec	N	N	N	14 VIII 2002	–	–	–	–	–	–	5	–	–	3	–	–	4	2	–	–	1	15
11.	Zatwarnica	N/L	L/M	N/L	4 V 2002	2	1	–	4	–	–	34	–	–	3	–	–	–	–	–	–	1	44
12.	Zatwarnica	L	L/M	L	4 V 2002	1	–	–	–	–	1	31	–	–	4	1	–	1	1	–	–	–	40
13.	Zatwarnica – Oblazy	N	N/L	N	24 IV 2003	4	1	–	–	1	–	35	–	–	7	1	–	1	1	–	–	2	53
14.	Sękowiec – Rajske	N	N/L	N	30 IV 2002	2	–	–	2	–	–	48	–	–	5	–	3	–	3	–	–	2	65
15.	Oblazy – Rajske	N/L	L/M	N/L	?11 VIII 2000	–	–	–	–	–	–	14	–	–	3	2	–	–	2	–	–	1	22
16.	Rajske – Olchowiec	L/M	M/H	L/M	6 VIII 1999	–	–	–	–	–	–	3	–	–	3	–	1	1	1	–	–	2	11
Ogółem						13	2	–	6	1	7	360	1	–	70	7	9	17	18	1	–	21	537

* – w warunkach bieszczadzkich żaba trawna i ropucha szara mogą składać jaja w różnej wielkości ciekach

** – w trakcie kilkuletnich obserwacji stwierdzono 4 martwe osobniki tego gatunku na tutejszych drogach, z czego tylko jeden przypadek uwzględniono w tabeli. Pozostałe obserwacje pochodzą z dni, gdy nie dokonywano szczegółowych zliczeń martwych zwierząt

WSZECHŚWIAT PRZED 100 LATY

Największa katastrofa geologiczna nowożytnej Europy

W r. 1631, po kilkusetletniej przerwie (od r. 1036), nastąpił wybuch Wezuwiusza, zaliczany do najstraszniejszych, jakie tylko notują dzieje tego wulkanu. Wybuch ten jest tem dla nas interesujący, że posiadamy spólczesny polski opis jego: "Zapał srogi góry neapolitańskiej, y nowa Niniwe, zacne Neapolim w żalobie. To jest ogień okrutny góry Wezuwius we Włoszech, którym w przeszłym grudniu, roku 1631, królestwo Neapolitańskie srogo Pan Bóg nawiedził, a zapał gniewu swego, y potęgę swą w karaniu ludzi przez rzeczy stworzone światu przypominał na przestrożę wszystkim. Tudzież też dziwna pokuta y wielkie a wszelakie pochwały godne nabożeństwa obywatelow neapolitańskich w tym razie na ublaganie strasznej sprawiedliwości Pańskiej. Opisane po polsku z relacji o tym włoskich, z Rzymu, z Neapolim, y z Medyolanu, przez iednego kapłana zakonnego na pobudkę z tej okazyey ludzi do dobrego. Za 10, 29, 95 (8 dozwoleń zwykłym. W Krakowie. U Franciszka Cezarego. Roku Pańsk. 1633".

Opis ten, niestety, nie jest skreślony przez świadka naocznego; jest tylko kompilacją ułożoną na podstawie sześciu relacji włoskich. Bądź co bądź jednak kompilacja ta ułożona została przez człowieka, który na czterdzieści lat przed wybuchem bawił w Neapolu i dokładnie zapoznał się z osobliwościami tego miasta i jego okolic.

Po karcie tytułowej, na której odwrotnej stronie znajduje się wizerunek góry zionącej ogniem i kłębam dymu, a wznoszącej się ponad leżącym nad morzem miastem, następuje przedmowa „do czytelnika rozsądnego”. W przedmowie tej autor zwierza się, że czytanie opisów "zapału" Wezuwiusza przypominało mu olbrzymią Niniwę, głowicę państw asyryjskich, do której Pan Bóg wyprawił ongi w legacji proroka Jonasza, aby, biegając po jej ulicach, przypominał w kazaniach swoim mnogiemu jej ludowi srogi miecz sprawiedliwości boskiej, wiszący nad jego karkiem. Tutaj, w Neapolu, w legacyey Jonaszowi podobnej wyprawiona została góra, stworzenie nieżyjące, która swoim niemem (t. j. w słowa nie ujętem), a jednak strasznie głośnem kazaniem ma wzruszać ludzi do dobrego. Głos tego "górnego kazania ognistego" zaczyna się rozchodzić po wszystkim chrześcijaństwie i to właśnie pobudziło autora do zadania sobie pracy, aby dojść do uszów polskich zostało ułatwione i przyspieszone.

W następującym po przedmowie rozdziale 1-y rozbierane jest pytanie, na co góry ogniste zostały stworzone. W rozwiązywaniu tego zagadnienia autor nie radzi iść tropami dawnych onych filozofów pogańskich, którzy w takich okazyach tylko o przyczynach przyrodzonych przypadków takowych dyskurowali, a których wiele innych między chrześcijan, u świata i u samych siebie sapientów, mędrków, naśladuje. Człowiekowi chrześcijańskiemu przystoi pogląd inny: zapomocą gór ognistych Bóg pragnie przypominać ludziom potęgę swoje i pobudzać ich do wystrzegania się obrzy i przestępstwa przykazań jego. W tym celu góry te rozsiane są we wszystkich częściach świata nie tylko starego, ale i nowo znalezione. Pod górami ognistymi w nieznaney nam głębokości znajdują się lochy i maclochypodziemne takiej własności, przyrodzenia i przymiotów, że się w nich rodzą i gromadzą materye tłuste i siarczyste, których zapalanie się jest właśnie przyczyną zapałów (wybuchów) tych gór.

Do najprzedniejszych gór ognistych należy ta, której świeżemu zapałowi teraz się świat dziwuje, Vesuvius zdawna zawsze od łacinników zwana, a od włosków Somma. Której też zapałowi chcąc się zbliżyć przypatrzeć i o nim pismem co podać światu, zacny on filozof i pisarz pogański Plinius starszy, barziej około pisania swych ksiąg, niżeli

około zdrowia czuły, będąc okrom tego bardzo dychawiczny, marnie tam dymem siarczystym zprędką zaduszony umarł.

Rozdział 2-gi traktuje o tem, gdzie jest ta góra Vesuvius, co za wielkość jej, jak dawno i jak często ogniami swemi świat straszyla. Jest tu podana krótka wiadomość o sześciu znanych historii wybuchach Wezuwiusza, które poprzedziły wybuch jego w r. 1631.

W rozdziale 3-im zaczyna się właściwy Opis wybuchu w r. 1631, który tutaj przytaczamy w pewnem skróceniu.

"Nie przykrzy! się Wezuwius, ani szkód ani strachów czynił ludziom przez lat kilkaset, i owszem do pożytków i rekreacyj i uciech ich przystojnych służył onym wielce i znacznie. Nie tylko bowiem miast i miasteczek znacznych i wsi wokoło i lasów pożytecznych pełno było, ale też na jegoż samego wielkości górnej przedni panowie i szlachta neapolitańska i stanów rozmaitych ludzie mieli swe wioski, piękne folwarki, bogate pałace, bardzo kosztowne budowania, ogrody i winnice zacne i wielkie, z których przednie wina włoskie, greco di Somma i lacrima nazwane, zbierali w obfitości. I nie widać było z góry tej podobieństwa żadnego do tego zapału; albowiem chciwi widzenia, co się też w tej zdawna otwartej otchłani jej działo, gdy z przewagą na dół po rozpadlinie onej spuszczały się, oczu i uszu ku głębokości niezmiernej nadstawiając, szum tylko okrutny jakgdyby wody bieżącej słychiwali. A od r. 1625 przez lat cztery mgły i jakby dym, a zwłaszcza ku nocy, stamtądże widywać było.

Lecz z dopuszczenia Pańskiego pokój on tak pożyteczny górnym, sąsiedztwo i służba dogodna, w wojnę wielce straszną i w rebelię bardzo szkodliwą obróciły się; i naczynie ono dobroci i szczodroblewości Pańskiej (to jest ta góra) w dawaniu ludziom tak wielkich pożytków, naczyniem jegoż sprawiedliwości w karaniu ich ciężkim i okrutnym stało się z przyczyn jemu i tak pokaranym, a nie nam wiadomym.

Przełożenie rok tegoblikskopreszłego 1631, dnia 16 grudnia, dwie godzinie przede dniem, we wtorek przed świętem św. Tomasza apostoła, t. j. w nocy z poniedziałku na wtorek po oktatwie Niepokalanego Poczęcia przeczystej Matki Bożej (w której też właśnie nocy, godzin pięć przed tym zapałem tej góry, w Krakowie kościół nowy królewski św. Piotra i Pawła apostołów od ognia ledwie nie cudownie prawie był obroniony i wcale zachowany) też góra Vesuvius po tak wielu lat milczenia słyszeć się dała. Nie starodawną swoją, ale nową paszczęką góra ta wpół wejścia, które było na nią z tamtej strony od morza, i na innych miejscach niektórych strasznie się otworzyła; z puklem i grzmiotem tak straszliwym i wielkim, jakoby strzelbę gwałtowną z jaknajwiększych dział wypuszczano; i z trzęsieniem ziemi tak srogim, że nie tylko budynki i winnice, które na sobie nosiła, i bliskie miasteczka wzruszyła, ale też i samym miastem Neapolim straszliwie zatrzęsła, które zatrzęsienie dwakroć po malej chwilece przy onym srogim otwarciu ponowiło się.

Wybuchać zaraz z paszczęki onej, jakoby z otchłani jakiejś albo Okna i komina piekielnego, srogi i straszny dym poczał, który na powietrzu chmury wielkości niewypowiedzianej czynił, farby sinej czarniawej, figury albo postaci kastowania albo wałów jakich, jednych na drugich usypanych albo ubudowanych, a prawie jako z piekła otwartego ku niebu się wywyższających i do niego szturmujących.

Poczał się potem pokazywać i ogień srogi, który o godzinie dwunastej w tenże wtorek zrana w samymże Neapolim już widać było. O godzinie szesnastej w tenże wtorek, gwałtownie już a prawie jakby piekło widome góra ona gorząc, zaraz też paszczęką onąż, od ognia barziej otwartą, tak strasznie ryczeć i jęczeć zaczęła, że tego żadne pióro wypisać nie może. Paszczęką onąż też góra z ry-

kiem onym wyrzucała z siebie i wyrzygała kule albo sztuki ogniste, z gęstym dymem jakby z chmurą jaką zmieszane, a popiołu mokrego, wrzącego wiele w sobie mające.

Zarazem tegoż też czasu zaczęło się trzęsienie ziemi ustawiczne, które trwało bez przestanku aż do jednej w noc dnia tego, tak potężne, że nie było w samymże Neapolim palacu ani budynku żadnego, któryby się z gruntem wruszony nie trząsł; nie było drzwi, fort, fortek ani okien żadnych tak mocno zamienionych, zatarasowanych, wprawionych, wmurowanych, gwoździami i żelazem mocno zatwierdzonych, któreby były gwałtownie od onego trzęsienia ziemi nie skakały w swoich miejscach, choć na ten czas najmniejszego wiatru nie było. W Neapolim więc matki z dziećmi, nie dufając budynkom, w karetach i na wozach noclegowały po ulicach. W tenże czas rzeka dosyć wielka, która od miasteczka Torre deli Annunziata szła na młyny, zniknęła i młyny na słońce darmo stoją.

Zaćmiły potym słońce one chmury czarne popiołem tak, że ledwie jeden drugiego widział; a w ciemnościach onych straszne pomienione kule ogniste albo kawałce i sztuki ognia z gęstym dymem zmieszanego, jako jakie pioruny niewidane latające widać było. Puścił się zatem sposobem dżdża gęstego z onychże chmur i kuł popiół czar-niawy, smrodliwy, a tak gorący, że na kogo padł, tego albo zabił, albo okaleczył, albo opalił; a gdzie gromadnie padł, tam budynki obalał i zawalał, bo był (jako piszą) nad olów cięższy i jak tenże rozpuszczony parzący. W Neapolim, gdzie rzędszy padał, taka była gęstwa jego, że zaledwie ludzie oddychać mogli; gdzie wszystko prawie ośypał i jako żałobą jaką pałace, domy, rynki, ulice, ogrody, pola i drzewa pokrył. I tak trwał aż nazajutrz, t. j. do rana środy d. 17 grudnia, w który czas zniósł go zewsząd deszcz nagły i spłókał.

Taka była wielkość popiołu tego i tak daleko go ona moc ognia albo wiatru, ogniem i dymami wzruszonego, rzuciła, że też z Apulii i z Kalabrii, prowincyj neapolitańskich odleglejszych od góry tej, posłano wskok z nim, jako z cudem jakim, do Neapolim, nie wiedząc, że z Wezuwiusza wypadał. Apulię wszystką aż do Tarentu, na dwie piędzi wysoko leżąc, tak okrył, że bydło po polach żywności nie miało. Do miasta Lecce, ośm dni jazdy od Neapolim i góry tej leżącego, w godzin siedm popiół onże zaleciał; i w tenże wtorek d. 16 grudnia około godziny 23, sposobem dżdża bardzo gęstego padać począwszy, i powietrze tak, że się ludzie wespół widzieć nie mogli, zaćmiwszy, aż do piątej godziny w noc padał na dobrą dłoń wysoko. Gdzie, gdy go zrana nazajutrz deszcz oblał, czerniał straszno i jeszcze barziej obywatela tameczne potrwożył.

Nocy teje, która była ze Wtorku na środę, o jednej godzinie w noc trzęsienie ono ziemi tak straszne, ustawicznie trwające, poczęło się przerywać, przestając tak długo, coby pacierz zmówił; jednak gdy się znowu zaczynało, barziej niżeli przedtym zawżdy się czuć dawało.

Tejże nocy, t. j. jeszcze dobrze przed świtem, we środę nazajutrz po otwarciu góry i nastąpieniu rzeczy już opisanych, wyrzygnęła też góra oną paszczką palającą ze wnętrzości swych zepsowanych gwałt wielki popiołu mokrego, smrodliwego, wrzącego i kamienie barzo wielkie, średnie i małe, ogniem palące, i daleko barzo na pół ósmej mili polską różniósł wokoło, raniąc i zabijając kogo trafiła kamieniami i popiołem onym. Wielkość jednego z tych kamieni, który padł w winnicę Collegium ojców jezuitów w mieście Nola, mało nie milę naszą polską od góry tej leżąc, zapewne wiedzą i piszą doświadczwszy, że go ośmiu wołów, próbując, z miejsca ruszyć nie można. Co się żadnemu baczemu niepodobna zdać nie będzie, wspomniawszy, jako ciężkie kule działa daleko zanoszą z niewielkiej działnej rury, której dziura, by i największa, do otwarcia tej góry żadnej proporcji nie ma i do mocy ognia albo wiatru, takie rzeczy z niej wyrzucającego.

Tegoż czasu też góra pozawalała swym popiołem, popaliła swym ogniem i potłukła swemi kamieniami różne miasta, miasteczka i wsi rozmaite, o których wniwecz obróceniu dopiero w piątek raniuchno dowiedziano się w Neapolim, z niewypowiedzianym płaczem tych, którzy byli ubóstwa swego odbiegli, z gardłem uchodząc.

Tegoż rana w też środę d. 17 grudnia ogień on tak gwałtowny, strawiwszy już większą część góry i okno ono albo paszczkę na trzy ćwierci mili naszej polskiej, t. j. około trzech mil włoskich przynajmniej rozprzestrzeniwszy, który dotąd wzgórze na powietrze popiół i kamienie z wielką szkodą wszędy wymiotał, obrócił się na dół i wypadł jako w powodzi niezmiernej rzeka jaka bystra albo staw jaki nakształt jeziora wielki, zewsząd groble przerwawszy, i lać się na dół począł i z nim wespół woda wielka, siarczysta i wrząca. Rzeka ognista zewsząd z góry onej wypadła z hukiem i szumem niesłychanym, kamienie topiąc i w popiół obracając, a drugie wielkie z sobą porywając; jednak z tej strony ku morzu więcej jej płynącej widać było. Wielkość tej ognistej rzeki z siarcząną wodą była tak wielka i tak potężna a gwałtowna, że lasy całe z ziemi wyrwywając z sobą niosła, domy także i budynki zupełne i kamienie haniebne. Czego sama, pędem niewypowiedzianym bieząc, nie obaliła, to wielkością i wielością ona płynącego drzewa i innych ciężarów psowała, waląc i z gruntów wywracając i z ziemią równając pałace i folwarki i wsi rozmaite. Drogi pospolite pozawalała kupami wielkimi drzewa niedogorzałego, kamieniami, popiołem i mieszaniną materij różnych tak, że będzie potrzeba tysiącami robotników na ponowne ich otwarcie.

W siedmiu miejscach, częścią ku miastu, częścią nad brzegiem morskim, tamże niedaleko tej góry ziemia się też otworzyła i na kilkaset ludzi po polach będących, wieśniaków i pastuchów, pożarła i popaliła; z otworzeł in onych ogień wielki, przez wiele dni gorzący, wybuchał.

Gdy się te jamy nowe ogniste na brzegu morskim i indziej otworzyły, a rzeka też ona ognista częścią w toż morze wpadać poczęła, morze tak się rozgrzało u brzegów onych, że, jako w kotle w niem woda wrząc, haniebną rzecz ryb pozabijała, których pełno pozdychałych po wierzchu pływało. Przed którym wrzieniem coś nie wiele toż morze tak od brzegów swych ustępowało daleko, mało nie na trzysta kroków, że nie tylko rozmaite naczynia wodne mniejsze, (t. j. łodzie rozmaite nakształt naszych skut i dubasów) nie bez znacznej szkody wielu na suszej zostały, ale i same galery w niebezpieczeństwo się wdały. A to ustępowanie morza było tak znaczne, że w półtoręj mili naszej w samym porcie neapolitańskim i w drugim miejscu tamże, Mola nazwanem, barzo znać go było, bo wszyscy widzieli galery ledwie nie oschłe na piasku. Lecz się potym prędko morze do brzegu wracało, z którego się jednak z gorącości onej tak kurzyło, że po nim jadący daleko omijać miejsca one wrzące musieli. Woda też ta siarczysta z góry jezioro nowe po lewej stronie teje góry uczyniła, miasteczko Marygliano między inszemi zalawszy".

Tejże środy trwało znów trzęsienie ziemi, coraz większe aż do dwudziestej godziny, od której on gwałt jego ustał; tylko tedy owędy po malej chwili ziemia się wzruszała, jakby niejako oddychając. A za każdą wznową postrachów odnawiała się płacze i głosy, miłosierdzia od Pana wołających.

We czwartek, d. 18 grudnia, trzaski i puki, choć nie ognie i popioły, w górze onej ustały; w dzień ten nowe dymy ze starej od tak wielu set lat otwartej paszczki góry onej, a nie z terazniejszego otwarcia, nowo ludzie straszły i ziemia drżeniem swym tedy owędy postrachów nowych czynić nie ustawała.

W piątek d. 19 grudnia trzęsienie ziemi, acz nie tak straszne jako pierwaj, znowu się ponawiało, a ogień i popiół z góry nie ustawał. Nazajutrz, t. j. w sobotę przed Bożem Narodzeniem, góra strasznym płomieniem nie tylko ku niebu

wysoko gorzała, ale też i ku ziemi onąż ognistą rzekę z siebie łać nie przestawała, acz nie tak gwałtowną jako pierwej.

Niedziela z poniedziałkiem przed Bożem Narodzeniem wstrząsaniem się ziemi kiedy niekiedy, acz bez szkody, wiatry i wielkim popiołem i wielkimi dymy z góry były straszne.

Noc z poniedziałku na wtorek i z wtorku na środę wigiliej Bożego Narodzenia po wielkiej części niespokojne były dla nowego ziemi trzęsienia. Wigilia Narodzenia Pańskiego na pamiątkę Narodzenia tego, który między niebem a ziemią pokornym swem na świat przyjsiem pokój uczynił, uspokojenie trzęsienia ziemi i umniejszenie dymów z góry i odmianę farby ich z czarnej strasznej w białszą za kołędę krainie onej i miastu Neapolim przyniosła.

Pierwszej nocy nowego roku teraźniejszego 1632 znowu kilkakrotnie ziemi trzęsienie i barzo straszne łyskawice z kurzawą z siebie dymu i wybuchaniem (jednak bez szkody) popiołów taż góra na nowe lato Neapolitanom dała. Jaki był szczodry dzień tychże Neapolitanów od tegoż ich niepewnego sąsiada dotąd jeszcze nie wiemy. Znać jednak, że nie było nic znacznie przykrego, bo de data d. 7 lutego znać dano z Rzymu, że dotąd góra popiołem i ustawicznymi dymy furiować się nie przestała, nic więcej nie przydawszy.

Toż masz czytelniku baczny i uważny krótkie, lecz dostateczne, ile się dotąd wiedzieć mogło, zapachu tej góry, tak wielu ludziom szkodliwego, z rozmaitych pism o tym uczynione opisanie. Żaden jednak tego szczególnie wypisać nie może, jako wielkie szkody kraje one odniosły z tego nawiedzenia Pańskiego. Suma ich ta jest, że całe miasta i miasteczka rozmaite, wsi, folwarki i kosztowne pałace ze wszystkimi dostatki, co w nich były, sady i ogrody wyśmienite, lasy i winnice barzo zacne i pożyteczne popiół on i ogień z góry tej wylatające z kamieniami rozpalonemi poobalał, popalił, zniósł, wniwecz obrócił i pogrzebał. Padał on bowiem z onych chmur strasznych takimi kupami, jako u nas, gdy taje, pada śnieg gwałtem z kościołów, albo z dachów wysokich. Potym zaś, co było jeszcze od ognia z góry onej z popiołem i z kamieniami padającego nie poposowano, albo nie doposowano, to rzeka ona straszna ognista i siarczana, na dół z góry się lejąca, zapalem, wielkością i nawałnością swą gwałtowną, z gruntu co mogła zarwać wyrwając, w popiół obróciła.

Nad wszystko najdziwniejsze jest zachowanie wcale głównego samego miasta Neapolim, które za jeden wielki cud słuszenie od wszystkich ma być miane. Czyńcąc albowiem szkody tak wielkie w rzeczach, w budynkach i w ludziach na półsmej naszej mili polskiej wokoło, góra ta jednak Neapolim, w półtożej tylko mili naszej od siebie będącemu, przez wszystkie ten czas srogością swą szkody żadnej nie uczyniła. Strachami tyło niezliczonymi widowisk ognistych już wspomnianych, dymów, chmur i popiołów drobniejszych i słyszeniem ryków onych z paszczki swojej wychodzących i trzęsieniem ziemi trwożąc; którym jednak przez czas wszystkie ani jedna biedna szopa w całym mieście nie jest obalona, choć się tak długo i tak gwałtownie miasto wszystko trzęsło z tak wielkimi palacami i wysokimi zamki i kościołami.

Zato jednak miasto ono wszystko Neapolitańskie na kurzawę z pogorzałych włości (jako niegdy Abraham na perzynę Gomory i kraju onego ogniem od Pana spalonego) z żalem niewypowiedzianym oczy podnosić musiało. Miasta i miasteczka znaczniejsze zniszczone zgola, albo srodze z wielkiej części zepsowane te są, Torre del Greco, Torre del Annunziata, Iorio, Bosco, Resina, Portici, Pietra Bianca, San Giorgio, Pollena, Massa, Sarno, Serina, San Sebastiano, Somma, Ottaviano, Santa Anastasia. Z których w pierwszym w kościele ojców Karmelitów lud, którego było pełno, popiołem onym wrzącym współ z ogniem zprędką zagrzebany tak się skwarzył i smażył, że tłuste ludzkie powierchu popiołu onego jako olej jaki

wysoko pływało. Tenże też kościół srogiem przypadnięciem popiołu na dwie kopije wzwwyż napełniony został.

Znajdują się miasteczka, których ani znaku nie masz, gdzie były; jedno nazwiska ich w pamięci ludzkiej, jak epitaphia jakie, albo napisy nagrobne zostały.

Arcybiskupowi neapolitańskiemu z intraty dorocznej złotych naszych do dwudziestu tysięcy ubyło. Z panów sam jeden de Ponte ma szkody do siedmdziesiąt tysięcy skutów, a skut każdy teraz złotych naszych półczwarta wynosi. W samym jednym zacnym tam folwarku Caciabello nazwanym naleziono więcej niżeli tysięcy mogił albo kup niemających zboża zgorzałego i w popiół obróconego. Panom wielkim i zacnej szlachcie, których pałaców i folwarków pełno było na tej górze i w jej okolicy, w bydłach, w zbożu, w winnicach, budynkach i wszelakich dostatkach strata nieoszacowana. To co dotąd wiedzieć naprędce można, rachując po naszymu, jest złotych naszych polskich szkody więcej niżeli dwanaście milionów.

Jednak szkody te wyliczone oszacowane być mogą, szkoda w ludziach nieoszacowana jest, z których każdy zanością natury swej rzeczy te przechodził. Liczą dotąd nad trzy tysiące ludu zginionego na miejscach różnych, których część popiół z ogniem i z kamieniami pozabijał, część drugą rzeka ona ognista popaliła. Uchodzący z ognia w popiele gestym, a mokrym, wrzącym, jako w topielisku ognistym, Ignęli i wrzeli, a gorając, marli. Takci wiele zlego narobił za czas tak krótki i godzin mało co więcej nad pół kopy (bo głównie w pierwsze dwie doby) on zły sąsiad góra Wezuwius i gość on ognisty, którego Pan na krainę oną i obywatela jej przypuścił. "A rozciągała i rozpościęrała moc swą góra ta na mil włoskich trzydzieści, (t. j. naszych polskich półsmej) wokoło. Jednak niejednako: wiele miejsc tylko straszyla bez żadnej szkody; w drugich zaś srożyła się, lecz miernie; w trzecich bez miary, gdzie jeno było co zepsować, psując i czemu mogła szkodzić, szkodzić. A to wszystko częścią przez ciężki i wrzący on popiół z ogniem, częścią przez kamienie i ogień albo o siarczystą wodą, częścią przez to wszystko zarazem".

Opisując rozbicie się okrętu, wiozącego don Żuana, Byron czyni uwagę, że nic człowieka z frasunkiem tak nie poufali jak rum i religijność. Autor nasz pomija milczeniem pierwsze źródło pociechy strapionych osobników ludzkich, ale bardzo obszernie rozwodzi się nad drugim.

... "Przez wszystkie trzy nocy i trzy dni strojne Neapolim w Niniwę pokutującą w popiele i we włosiennicach obróciło się było. Chodziły kompanie i procesy z różnych stanów ludzi świeckich po mieście z dyscyplinami, nie biczujących się, ale prawie katujących za swe grzechy; nie tylko powrozami, ale i bodźcami i łańcuchy żelaznymi. Samiż titulares i panowie wielcy, których tam jest osobliwa kongregacja przy jednym z kościołów jezuickich zacna, tak w tym gorący byli, że książę de Braciano dwudziestu dyscyplin dla siebie i dla drugich od jednego z tamtych ojców prosił. Szczęśliwym się w ten czas każdy rozumiał, który miał jaką włosiennicę albo dyscyplinę albo z ciernia koronę, coby ją był mógł na głowę sobie tłoczyć"...

Po obszernem sprawozdaniu z podjętej przez duchowieństwo akcji religijnej następuje rozdział poświęcony działalności wicerega neapolitańskiego, pełniącego rządy tego państwa w imieniu ówczesnego władcy jego, Filipa IV króla hiszpańskiego.

Zakończenie całej pracy stanowią rozmaite uwagi moralne, czynione na pożytek duchowy czytelnika z okazji opisanego wybuchu.

Według adnotacji, wypisanej na egzemplarzu tego dziełka, wziętym z biblioteki Jagiellońskiej, autorem jego ma być ks. Fryd. Szembek.

K. Koziorowski. Wybuch Wezuwiusza w r. 1631 i współczesny polski opis jego. 1910, 29, 134, 149 (27 II, 6 III).

PAMUKKALE – „BAWEŁNIANY ZAMEK” Z HISTORIĄ STAROŻYTNĄ W TLE

Radomir Jaskuła, Piotr Józwiak, Tomasz Rewicz, Anna Stępień (Łódź)

Turcja swoim zróżnicowanym krajobrazem potrafi zaskoczyć niejednego turystę. Jedną z największych osobliwości przyrodniczych znajduje się w miejscowości Pamukkale i jest nim obszar proponowany do ochrony, jako Park Narodowy Pamukkale-Hierapolis. Teren ten jest jednym z dziewięciu tureckich obiektów wpisanych na Listę Światowego Dziedzictwa UNESCO i zarazem jednym z dwóch tego typu obiektów w Turcji chroniących zarówno walory przyrodnicze, jak i historyczne (drugim jest Park Narodowy Göreme wraz z Kapadocją).



Ryc. 1. Lokalizacja Parku Pamukkale-Hierapolis.

Obszar Pamukkale-Hierapolis położony jest w zachodniej Turcji w górach Frygii, w dolinie Cürüksu. Jest to jeden z najchętniej odwiedzanych przez turystów obszarów tego kraju. Corocznie miejsce to odwiedza nawet kilka milionów turystów. Powodem ogromnej popularności Pamukkale są malownicze wapienne nacieki utworzone na zboczu góry Cökelez.

Najłatwiej dostać się do Pamukkale z miejscowości Denizli autobusem lub wynajętym samochodem. Przed wejściem na terenem obiektu i obejrzeniem wapiennych teras należy wykupić bilet w cenie 20 TRY (brak zniżek).



Ryc. 2. Widok na Cökelez - główne wzgórze Parku Narodowego od strony wioski Pamukkale. Fot. P. Józwiak

Geologiczny cud natury

Specyficznie ukształtowane skały osadowe Pamukkale przybierają formy unikalne w skali światowej. Podobne formy można obserwować jedynie w dolinie Huanglon w Chinach oraz Parku Narodowym Yellowstone w USA. Woda spływająca przez setki tysięcy lat ze wzgórza Cökelez utworzyła terasy z głębokimi basenami. Śnieżnobiałe trawertyny o fantazyjnych kształtach od wieków przypominały miejscowej ludności bawełnę poukładaną w stosy. Stąd też nazwę tego geologicznego cudu natury tłumaczy się jako „bawełniany zamek” (tur. *pamuk* - bawełna, *kale* - twierdza, zamek). Na szczególnie uwagę zasługują unikalne wapienne nacieki, stalaktyty, wodospady oraz blisko 100 ułożonych w terasy basenów. Formy te powstały w wyniku trwającego nieprzerwanie od 14 tysięcy lat procesu wytrącania się



Ryc. 3. Główna atrakcja Parku - wapienne terasy. Fot. R. Jaskuła

związków wapnia z wypływających wód termalnych. Na terenie Pamukkale znajduje się 17 gorących źródeł, w których temperatura wody waha się od 35 do 100°C. Podczas spływu powierzchniowego woda ochładza się, co sprawia, że wytrąca się z niej węglan wapnia. Wytrącający się CaCO_3 przybiera postać mulistego osadu lub twardej, porowatej skały, tzw. trawertynu. Ze względu na nieregularny dopływ wody i zmienne warunki atmosferyczne, proces osadzania się minerałów nie jest równomierny. Szacuje się jednak, że z każdego litra wody deponowanych jest blisko 500 mg CaCO_3 , co przy przepływie 1 l/s daje ponad 43 kilogramy skały dziennie. Wytrącanie osadów ma miejsce na odcinku od 60 do 70 metrów i szerokości od 240 do 300 metrów.

Duża zawartość soli mineralnych sprawiła, że gorące źródła Pamukkale wykorzystywane były

przy leczeniu reumatyzmu, nadciśnienia, schorzeń serca, żołądka oraz chorób skóry. Mająca miejsce w ostatnich dziesięcioleciach nadmierna eksploatacja leczniczych wód oraz intensywny rozwój turystyki sprawiły, że źródłom groziła dewastacja. By uchronić trawertyny przed dalszym zniszczeniem w 1969 roku stworzono plan ochrony tego obszaru. Niespełna 20 lat później, w 1988 roku Pamukkale razem z położonymi obok ruinami starożytnego uzdrowiska Hierapolis, zostało wpisane na Listę Światowego Dziedzictwa UNESCO. Kolejną formą ochrony trawertynów było wprowadzenie w 1997 roku ograniczenia w zwiedzaniu tylko do południowego stoku oraz ruin Hierapolis. Obecnie turyści mogą spacerować jedynie po wyznaczonym szlaku, po uprzednim zdjęciu butów. Choć trasa prowadzi przez sztucznie utworzone terasy nadal pozostaje atrakcyjna, a błękitna woda w wyżłobionych nieckach kusi, by wziąć w nich kąpiel.



Ryc. 4. Połączeniu niesamowitych kształtów, błękitu i bieli Park zawdzięcza swą turecką nazwę – „bawelniany zamek”. Fot. P. Józwiak

Fauna i flora

Stosunkowo niewielka powierzchnia projektowanego Parku Narodowego w połączeniu z dużą antropopresją wynikającą głównie z ruchu turystycznego sprawia, że teren ten charakteryzuje się stosunkowo niewielką różnorodnością roślin i zwierząt. Dotychczas stwierdzono tu występowanie około 45 gatunków roślin, w tym pospolite w okolicach głównego wzgórza Parku drzewa: sosna czarna (*Pinus nigra*) i kalabryjska (*Pinus brutia*), czy dąb szkarłatny (*Quercus coccifera*). Nierzadkie są gatunki wchodzące w skład makii śródziemnomorskiej, w tym m.in. chróścina jagodna, zwana też poziomkowcem lub drzewem truskawkowym (*Arbutus unedo*), wawrzyn szlachetny (*Laurus nobilis*), dąb ostrolistny (*Quercus irex*), oraz mirt zwyczajny (*Myrtus communis*). Za stosunkowo bogatą można natomiast uznać florę porostów, zasiedlających nie tylko pnie drzew, ale przede wszystkim wapienne skały oraz ruiny starożytnego miasta. Liczy ona aż 81 gatunków klasyfikowanych łącznie w 33 rodzinach. Cztery z tych

gatunków: *Lecania sylvestris*, *Lecanora sambuci*, *Opegrapha herbarum* i *Peltula patellata* odnotowano po raz pierwszy z Turcji właśnie z obszaru Pamukkale-Hierapolis.



Ryc. 5. Jeden z nielicznych gatunków płazów spotykanych na obszarze parku – żaba *Pelophylax bedriagae*. Fot. R. Jaskuła

Presja ze strony turystów sprawia, że do ubogich – jak na Turcję – należy także fauna kręgowców. Co prawda w bliskich okolicach Parku odnotowano obecność m.in. wilka (*Canis lupus*), szakala złocistego (*Canis aureus*), czy dzika (*Sus scrofa*), jednak najczęściej widywanym ssakiem tego regionu jest koza domowa (*Capra hircus*). Zakrzaczenia makii śródziemnomorskiej są także miejscem bytowania kilku gatunków gryzoni. Awifauna Pamukkale-Hierapolis jest równie uboga, na jego terenie stwierdzono gniazdowanie zaledwie 10 gatunków ptaków. Na uwagę zasługuje jednak fakt, że w bliskim sąsiedztwie projektowanego Parku odnotowano zagrożonego wyginięciem dropia (*Otis tarda*). Płazy są reprezentowane przez trzy gatunki, w tym ropuchę zieloną (*Epidaleia viridis*), rzekotkę (*Hyla savignyi*), oraz żabę *Pelophylax bedriagae*. Wśród gadów, jak dotąd, stwierdzono na tym obszarze jedynie przedstawicieli dwóch gatunków węży: położa kaspiego (*Dolichophis caspius*) i *Eirenis modestus*, oraz sześć gatunków jaszczurek, w tym m.in.: scynki – okularowca panońskiego (*Ablepharus kitaibellii*) i *Trachylepis vittata*, jaszczurkę węzoką (*Ophisops elegans*) i beznogiego żółtopuzika bałkańskiego (*Pseudopus apodus*). Ciekawymi gatunkami są także dwa inne gatunki jaszczurek – wygrzewające się często w trakcie dnia na murach ruin Hierapolis – harpuny (*Laudakia stellio daani*), oraz aktywne w tych samych miejscach o zmroku i w nocy – gekony Kotschy'ego (*Cyrtopodion kotschyi*).

Wśród fauny bezkręgowej na szczególną uwagę zasługują bardzo licznie występujące tu owady, w tym m.in. prostoskrzydłe (*Orthoptera*) i ważki (*Odonata*). Makia śródziemnomorska jest miejscem bytowania także kilku gatunków modliszek (*Mantodea*),

oraz wielu gatunków chrząszczy (*Coleoptera*), w tym m.in. skarabeuszy (*Scarabaeus* spp.) z rodziny poświętnikowatych (*Scarabaeidae*), czy pokątników (*Blaps* spp.) z rodziny czarnuchowatych (*Tenebrionidae*). Licznie występują tu także ślimaki z rodziny *Helicidae*, nierzadko tworzące duże skupiska osobników na suchych krzewach i trawach.



Ryc. 6. Rzekotka (*Hyla savignyi*). Fot. R. Jaskuła

Nie tylko przyroda - historia Hierapolis

Śnieżnobiałe wapienne tarasy Pamukkale przyciągały ludzi już na długo przed czasami antycznymi. Początki osadnictwa datowane są na około 500 lat p.n.e. i mówią o istnieniu w tym miejscu miasta Cydrara. Już wtedy fantastyczne formacje geologiczne i gorące źródła spowodowały wytworzenie się kultu matki ziemi, przerodzonego w późniejszych wiekach w kult Plutona. W jaskini nazwanej na cześć tego starożytnego boga Plutonium, znajdowało się najstarsze miejsce tych wierzeń na obszarze Anatolii. Składane



Ryc. 7. Ślimaki z rodziny *Helicidae* są jednymi z najczęściej widywanych lądowych bezkręgowców. Fot. R. Jaskuła

bóstwom ofiary ginęły pod wpływem wydobywających się z groty trujących gazów (mieszanina dwutlenku węgla i siarkowodoru). Miejsce to zostało zasypane głazami w IV wieku przez chrześcijan, aby odciąć się od dawnych wierzeń i podkreślić status chrześcijaństwa jako dominującej religii.

Miasto pod nazwą Hierapolis zostało założo-



Ryc. 8. Śródziemnomorska ważka lecicha mała (*Orthetrum coerulescens*). Fot. R. Jaskuła

ne najprawdopodobniej przez króla Pergamonu Eumenesa II na początku II wieku p.n.e. Bardzo szybko stało się sławnym uzdrowiskiem termalnym. Po śmierci króla Attalusa III w 133 r. p.n.e. przeszło pod panowanie rzymskie, stając się częścią azjatyckiej prowincji Imperium. W I wieku n.e. kilka poważnych trzęsień ziemi mocno zniszczyło ówczesną architekturę. Największy rozkwit obszaru przypada na



Ryc. 9. Pozostałości po dawnej świetności miasta Hierapolis. Fot. R. Jaskuła

przełom II i III wieku, w tym okresie miasto zamieszkiwane było przez ponad 100 tysięcy mieszkańców. W 395 r. Hierapolis przeszło pod panowanie Bizancjum i szybko stało się ważnym ośrodkiem chrześcijaństwa. Kolejne stulecia zapoczątkowały powolny upadek miasta. Ostatecznie w VII w. zostało ono spustoszone przez Persów oraz zniszczone przez trzęsienie ziemi, po którym już nigdy nie powróciło do dawnej świetności. Miasto całkowicie opustoszało w XIV w., a pozostałości zabudowy zostały definitywnie zniszczone przez kolejne trzęsienie ziemi w 1534 r.

Współczesne odkrywanie ruin Hierapolis zapoczątkował niemiecki archeolog Carl Humann w 1887 r. Wykopiska kontynuowane były od 1957 r. przez Włocha Paolo Verzone, który w 1973 r. rozpoczął także jego odbudowę. Wszystkie znaleziska pochodzące z prac archeologicznych zdeponowane zostały w muzeum znajdującym się w sąsiedztwie ruin.



Ryc. 10. W ciągu dnia starożytne mury są miejscem bytowania hardunów (*Laudakia stellio daani*).... Fot. R. Jaskuła

Zwieńczeniem działań ochronnych było wpisanie w 1988 r. Hierapolis wraz z Pamukkale na Listę Światowego Dziedzictwa UNESCO.

W czasach współczesnych możemy podziwiać szereg zachowanych bądź poddanych rekonstrukcji budowli. Najważniejsze z nich to kompleks łaźni termalnych z II w., oraz jednokilometrowej długości ulica Fortinusa, dzieląca miasto na dwie części. Ulica otoczona jest kolumnadą, a jej początek i koniec wieńczą pozostałości po dwóch bramach: Bizantyjskiej

i Frontinusa. Do najlepiej zachowanych obiektów należy także teatr wybudowany w II w., a następnie przebudowany w III w. na polecenie cesarza Hadriana. Wkomponowana w zbocze góry widownia mogła pomieścić do 10-12 tys. widzów. Z kolei scena była dwupiętrowa, niestety do dziś zachował się jedynie jej niższy poziom.



Ryc. 11. ...przechodząc na okres nocy we władanie gekonów Kotschy'ego (*Cyrtopodion kotschy*). Fot. R. Jaskuła

Liczenie przybywających do Hierapolis chorzy i kuracjusze nie zawsze odzyskiwali zdrowie. Zmarłych chowano na miejscowym cmentarzu, który znajdował się w trzech miejscach: na północ, południe i wschód od miasta. Status materialny, społeczny i grupa etniczna decydowało o miejscu spoczynku. Daje nam to obecnie bardzo ciekawe i przekrojowe informacje na temat przybywających tam ludzi, gdyż Hierapolis stało się największą nekropolią Anatolii. Obecnie część grobowców została pokryta wapiennymi naciekami.

Jolanta i Karol Węglarscy. **Użyteczne rośliny tropików.** Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 2008, ss. 584. ISBN 978-83-61320-17-3.



Jest to już druga książka, napisana przez małżeństwo Jolantę i Karola Węglarskich – nauczycieli akademickich Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, pracowników miejscowego Ogrodu Botanicznego – pod szyldem *Collectiones Plantarum in Horto Botanico Universitatis Posnaniensis Cultarum*. Podobnie jak pierwsza*, zaopatrzona została w identyczny podtytuł – *Szkice etnobotaniczne*, wskazujący tym samym na treściowe ukiepunkowanie poruszanej problematyki. W książce tej, jak w przedziwnym kalejdoskopie, zmienia się ogólny wygląd, forma i barwa organów prezentowanych roślin (zwłaszcza kwiatów, owoców i nasion), ale wszystkie one mają jedną wspólną i ważną właściwość – są ludziom użyteczne. Każdy czytelnik a posteriori, a więc po lekturze tej bardzo interesującej książki, stanie się zapewne bogatszy nie tylko o silne wrażenia wzrokowe, choć tylko za sprawą zamieszczonych tam fotografii. Dzięki nim można odbyć wirtualną, co prawda, podróż do przebogatego w rośliny świata tropików. Ale nie tylko po to, by chłonąć feerię roślinnych barw tej strefy klimatycznej. Także i dlatego, by w jakimś sensie stać się bogatszym w równie nierzeczywiste przeżycia organoleptyczne, a to dzięki ciekawym opisom tekstowym, częstokroć dla podkreślenia specyficznej właściwości przybranym w „barwne”, zawsze jednak celne porównania.

Opisy te, z jednej strony są zwięzłe i przeważnie pozbawione zawilosci języka naukowego czy nadmiernie rozbudowanych fragmentów, z drugiej zaś absolutnie nie można tej zwartości utożsamiać z nużącym przekazem podręcznikowym. Wręcz przeciwnie, jest to taki rodzaj tekstu, który jest bliższy charakterowi Przewodnika, ale pisanym przez duże P.

Opracowanie popularyzuje niezwykle, przebogata, żeby nie powiedzieć magiczną różnorodność świata roślin tropików, zwłaszcza azjatyckich. Wybór i opis umieszczonych w książce gatunków zaświadcza o posiadaniu przez Autorów książki nie tylko dużej wiedzy, ale również chwalebego zacięcia dydaktycznego. Umiejętności takie mogły więc w rezultacie dać wyłącznie produkt wysokiej próby, a za taki uważam omawianą książkę. Równie pozytywnie oceniam poznańskiego wydawcę – Bogucki Wydawnictwo Naukowe, za pietyzm w dążeniu do przygotowania książki „wysokiego lotu”, do którego dostosowała się również firma drukarska – Edica S.A.

Wspomniany warsztat naukowy Autorów połączony z ich niewątpliwymi zdolnościami przekazywania etnobotanicznej wiedzy powodują, że książka może zadowolić bardzo szeroki krąg czytelników: uczniów szkół, studentów wszelakich kierunków studiów (nie tylko przyrodniczych, ale i humanistycznych, np. etnologów, językoznawców), wreszcie także profesjonalistów – botaników. Dla coraz większej grupy pasjonatów dalekich podróży w tropiki, będzie też zapewne skarbnicą wiedzy przede wszystkim z interdyscyplinarnej etnobotaniki, wzbogaconej naukowo wiarygodnymi informacjami z zakresu geografii roślin, fitochemii, farmakologii, fitoterapii, czy toksykologii.

Komplet zaprezentowanych roślin pod względem składu treściowego został przedstawiony w ujednolicony sposób. Każdy gatunek posiada zestaw 2, 3 lub kilku zdjęć wykonanych przez Autorów książki. Nieliczne zaś są sportretowane pojedynczą fotografią bądź też całym pakietem, jak np. ryż siewny, który ma ich aż 15. Ciekawym rozwiązaniem w omawianej książce jest umieszczanie całego zdjęcia na obydwu sąsiadujących ze sobą stronach względnie na całej jednej stronie i fragmencie sąsiedniej. Taka kompozycja ilustracji w połączeniu z tekstem, czyni książkę jeszcze atrakcyjniejszą.

Opisy tekstowe poszczególnych gatunków sporządzono według powtarzalnego schematu. Rozpoczyna go nazwa naukowa (łacińska), nazwa lub nazwy polskie, synonimy nazw naukowych, nazewnictwo angielskie oraz nazwy lokalne w językach miejscowych lub narzeczach, a także przynależność taksonomiczna do kategorii w randze rodziny – łacińska i polska. Opis każdego gatunku obejmuje cechy morfologiczne dotyczące ogólnego wyglądu (pokroju), budowy liści, kwiatów, owoców i nasion, specyfikę procesów dyspersyjnych, czyli rozprzestrzeniania geograficznie, ekologiczną charakterystykę naturalnego występowania i rejonu uprawy.

Autorzy na potrzeby książki zebrali i opisali rośliny wykorzystywane w przeróżnych sferach życiowych ludzi. Sfery te dotyczą zazwyczaj bardzo długiej historii użytkowania roślin miejscowych, ale i gatunków rozpowszechnionych za sprawą walorów użytkowych na duży lub nawet cały, ogólnosiwiatowy obszar klimatu gorącego – strefę pantropikalną. Prezentowane rośliny niezależnie od swojej trwałości biologicznej służą jako pokarm, natomiast drzewiaste wykorzystywane są przede wszystkim jako budulec i materiał opałowy, do przeróżnych wyrobów: narzędzi, instrumentów, zabawek, ozdób, przedmiotów rytualnych

i religijnych. Rośliny włóknodajne stają się materiałem tkackim, pozwalają na rękodzielnicze wytwarzanie mat, koszy, lin i sznurów. Innym rodzajem praktycznego zastosowania są gromadzone w roślinach wtórne metabolity, które w zależności od składu chemicznego służą jako paliwo oświetleniowe, konserwujące różne materiały i produkty żywnościowe, nadają się do produkcji środków higienicznych, a także kosmetycznych i domowych leków; mają również zastosowanie w procesie balsamowania, a w gospodarstwie domowym jako pigmenty, czy pomagające odstraszać i zwalczać gryzonie i owady. Poszczególne części roślin stosuje się do sporządzania napojów, środków tonizujących, stymulujących i używek odurzających czy narkotyzujących. Szczególnie dużą rolę w życiu społeczności tropików odgrywają rośliny obrzędowe. Dlatego też w ich kulturze uświęconej wielowiekową tradycją jest wielka estyma dla sadzenia drzew „opiekujących się” nie tylko plantacjami, ale i chroniące ludzkie domostwa przed złem.

Rośliny „sportretowane” w książce słowem i barwnymi fotografiami wywodzą się z blisko 70 rodzin botanicznych (taksonomicznych) i liczą 191 gatunków. Jeśli jednak uwzględnić również rośliny przywoływane okazjonalnie w celach porównawczych, już to ze względu na przybliżenie czytelnikowi podobieństwa wyglądu, już to z racji wartości użytkowych – opracowanie wymienia łącznie około 220 gatunków.

Zasadniczą część tworzy rozdział zatytułowany „Opisy gatunków”, w którym „minimonografie” poszczególnych roślin ujęto w 4 grupach: drzewa (110 gatunków), krzewy i liany (42 gatunki), rośliny zielne (36 gatunków) i co na pierwszy rzut oka nieco zaskakujące – grzyby. Te ostatnie od dawna już ze świata roślin zostały wyłączone, jakkolwiek trzeba przyznać, że w tradycyjnym ujęciu i obecnie rozpatrywane bywają w podręcznikach botanicznych. W poszczególnych grupach kolejność gatunków wyznaczają alfabetycznie nazwy łacińskie. Przyjęty przez Autorów podział na wspomniane 4 grupy według ich trwałości biologicznej porządkuje omawiane rośliny, ale ze względu na znaną w biologii „ułomność” terminologiczną, może niekiedy sprawiać kłopoty. Np. gatunki z tego samego rodzaju, a więc niewątpliwie spokrewnione – kaliandra rzekoma (drzewo) i kaliandra portorykańska (krzew) – zgodnie z przyjętym kryterium – rozpatrywane są jednak w oddzielnych grupach. Podobnie palmy, omawiane w obrębie drzew, są wprawdzie częściowo drzewopodobne z powodu posiadania głównej osi (= kłodziny), jednakże tworzonej zupełnie odmiennie, ponieważ nie posiadają wtórnego przyrostu na grubość, jak wszystkie pozostałe jednoliścienne.

Pod względem przynależności systematycznej scharakteryzowane w książce gatunki w ogromnej większości należą do należą do okrytozalążkowych (182 gatunki), a na pozostałe składają się paprocie (3 gatunki), nagozalążkowe (4) i wspomniane grzyby, których owocniki wykorzystywane są nie tylko w orientalnej kuchni, ale i jako surowiec leczniczy (2 gatunki) oraz gatunki o działaniu halucynogennym z rodzaju łysiczka, występujące zarówno w tropikach jak i w klimacie umiarkowanym.

Zdecydowana większość opisywanych w książce roślin naturalnie rośnie w SE Azji, ulubionym przez Autorów książce rejonie przyrodniczym, w którym szczególnie ściśle spletają się różnorodne związki ludzi z roślinami. Botaniczną pasję w pełni odzwierciedla mapa z zaznaczonymi miejscami prowadzonych badań i zbioru materiałów (str. 10), zgromadzonych przez Autorów w przeciągu 25 lat.

Pozostałe gatunki pochodzą z tropikalnych regionów Ameryki (m.in. brezylka barwierska, sączyńiec właściwy, genipa amerykańska, boczniak palmetto, hylocereus falitys), Afryki (np. ochona drzewkowata, strofant wdzieczny, wspięga węzowata, drzewo kielbasiane, markhamia złocista) a także Australii (żółtak australijski, liwistonina australijska, szeflera parasolowata) i często jako rośliny uprawiane rozpowszechnione w tropikach Starego Świata.

Z obszernego zestawu prezentowanych roślin tylko nieliczne są w naszej kulturze powszechnie znane. W takich przypadkach (banan zaokrąglony, cynamonowiec wonny, kawa arabska, kokos orzechodajny, lotos, ryż siewny, tytoń bakun) opisy są wzbogacone i uatrakcyjnione o nieznane, interesujące historie.

Jak już wspominałem, opisy roślin zawierają umiejętnie zebraną garść informacji o ich wyglądzie i występowaniu. Ale to tylko początkowy fragment każdego opisu. Po nim następuje rozbudowana charakterystyka etnobotaniczna. Nosi ona zawsze znamiona wysokiej próby, stanowiąc bogate źródło wiadomości, w tym użytecznych dla osób turystycznie udających się do tego regionu Azji. Posiadanie omawianej książki umożliwi zatem poznanie znaczenia wielu oryginalnie i zagadkowo brzmiących nazw roślin (np. „diabelskie szpony”, „drzewo biedoty”, „drzewo samobójców”, „khi-lek”, „micky mouse plant”, „parchita seko”, „thambolum”, „wczoraj, dziś i jutro”, „żelazne drewno”); nazw miejscowych smakolek kulinarnych, m.in. „asinan”, „es kamur manggis”, „gado-gado”, „kolang kaling”, „matigao”, „molong”, „nasi kuning”, „poi, thambili”, „tom yum gum”) i wielu innych wyrobów użytecznych w życiu codziennym.

Jedną z interesujących roślin drzewiastych jest australijska makademia trójlistna (*Macademia integrifolia*). Ze względu na jadalne owoce (tzw. „orzechy” makademii) Aborygeni znają ją od niepamiętnych czasów, choć dopiero od niedawna zrobiła karierę w Europie. Ich bardzo smaczne owoce zarówno surowe, jak i po uprażeniu, są stosowane w cukiernictwie, przy czym szczególnie subtelnym i wykwintnym smakiem wyróżniają się lody (w Polsce jeszcze niedostępne). Ponadto olej pozyskiwany z orzechów stanowi surowiec do wyrobu cenionych kosmetyków najnowszej

generacji. Naukowa nazwa rodzajowa – *Macademia* pochodzi od nazwiska i upamiętnia Johna Mc Adama, który na początku XX w. wynalazł makadem, czyli nową technikę nawierzchni dróg. Przy tej okazji warto zaznaczyć, że liczna grupa naukowych nazw roślin omówionych w książce pochodzi od nazwisk badaczy przyrody (np. *Adansonia* – Adanson M.; *Alstonia* – Alston Ch.; *Barringtonia* – Barrington D.), podróżników – odkrywców (*Caesalpinia* – Caesalpinus A.; *Garcinia* – Garcin L.), znanego botanika (*Schefflera* – Scheffler J.Ch.), farmaceuty (*Parmentiera* – Parmentier A.), nadwornego lekarza z czasów rzymskich (*Musa* – Musa A.), poświęcona została też królowi szwedzkiemu (*Gustavia* – Gustaw II A.), a nawet politykowi i mecenasowi nauk (*Eichhornia* – von Eichhorn J.A.F.).

Z kart książki dowiemy się też o uogólnionym znaczeniu niektórych roślin. Świadczy o tym umieszczenie wizerunku rośliny jako symbolu bądź to miasta (np. Szenyng, Dżakarta), bądź też narodowego symbolu Hawajów.

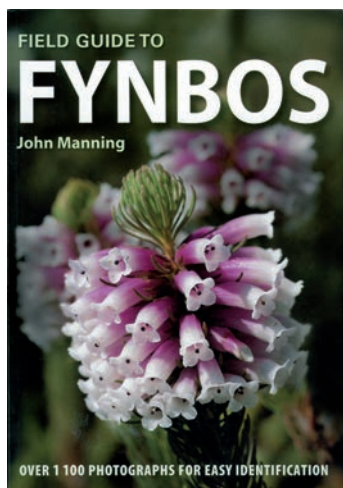
Pod względem edytorskim książka przygotowana została niemal idealnie, jest niemal wolna nawet od tzw. literówek! Dla poprawienia percepcji przydałby się słowniczek niektórych terminów i pojęć, bo nawet absolwentom kierunków przyrodniczych wąsko specjalistyczne określenia (przykładowo: polykormony, kwiaty zygomorficzne, owoce synkarpiczne, mezokarp) mogą nastręczać trudności. W takich przypadkach sięgnięcie do specjalistycznych opracowań będzie konieczne.

Na koniec stwierdzam, że omawiana książka zasługuje na bardzo wysoką notę, jest bowiem obfitym źródłem botanicznej i kulturowej wiedzy o nieprzebranym bogactwie przydatności roślin, nakreślonych świetnym piórem i okraszonych fotografiami. Polecam!!!

Karol Latowski

* Jolanta i Karol Węglarscy. 2006. Rośliny dalekiej Azji. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, ss. 400 z 409 barwnymi fotografiami. Poznań. Recenzja: Wszechświat 107 (7-9), 2006r.

John Manning: **Field guide to fynbos**. Struik Publishers, Cape Town, 2008, 507 str., bardzo liczne kolorowe zdjęcia, ryciny kreskowe i mapy rozmieszczenia, miękka opr., format 20,0×14,8 cm. Cena: 225 randów. ISBN 978-1-77007-265-7.



Południowo-zachodni kraniec Afryki jest najbogatszym pod względem florystycznym obszarem na Ziemi i przez fitogeografów powszechnie uważany jest za osobne państwo roślinne – Kraj Przylądkowy, czyli *Capensis*. Ma on kształt półksiężyca, rozciągającego się wzdłuż zachodnich i południowych wybrzeży kontynentu, od miasta Vanrhynsdorp na północy po Port Elizabeth na wschodzie, i zajęty jest w znacznej części przez Góry Przylądkowe, obejmujące szereg przebiegających w różnych kierunkach łańcuchów górskich. Kraj Przylądkowy jest wprawdzie najmniejszym spośród wszystkich państw roślinnych, bo zajmuje tylko 80 tys. km² powierzchni, ale jego flora roślin naczyniowych liczy aż 9600 gatunków, z których około 70% stanowią endemity. I to nie tylko na poziomie gatunkowym, ale także 6 rodzin nie występuje nigdzie indziej poza tym obszarem. Z tej liczby aż 7 tys. gatunków, czyli około 73% całej flory, rośnie w fynbosie, przewodniej formacji roślinnej w Kraju Przylądkowym. Są to wiecznie zielone, twarde, zimozielone zarośla zdominowane przez krzewy, krzewinki i małe drzewa o skórzastych, średniej wielkości liściach, jak też o liściach drobnych, igielkowatych lub

łuskowatych. Zajmują one prawie połowę powierzchni Kraju Przylądkowego i rozwijają się na mało zasobnych, płytkich, kamienistych glebach o odczynie kwaśnym lub zbliżonym do obojętnego. Jednym z głównych czynników kształtujących tę formację są okresowo powtarzające się pożary, których efektem było wytworzenie przez większość gatunków osobliwych cech przystosowawczych do niszczącej siły ognia.

Fynbos nie jest formacją jednorodną, lecz w zależności od lokalnych warunków klimatycznych, charakteru gleb czy stosunków hydrologicznych jest zróżnicowany na szereg typów, różniących się składem florystycznym przewodnich zbiorowisk roślinnych. I tak, na stosunkowo żyznych glebach na obszarach o dużych opadach w okresie letnim wykształca się fynbos trawiasty, na dobrze nawodnionych glebach skalistych w górach rozwija się fynbos rzęściowaty, zdominowany przez przedstawicieli rodziny *Restionaceae*, natomiast na terenach ze średnimi opadami w okresie zimowym występuje fynbos srebrnikowaty, w którym przeważają gatunki z rodziny *Proteaceae*. Bardzo rozpowszechnionym typem jest fynbos wrzosiowy, który opanował kwaśne, humusowe gleby na obszarach o wysokich opadach w zimie oraz fynbos astrowy, który z kolei rozwija się na siedliskach suchych, na płytkich wapiennych glebach, a rosną w nim masowo przedstawiciele rodziny złożonych (*Asteraceae*). Wreszcie, osobnym typem fynbosu są zwarte zarośla zdominowane przez szerokolistne krzewy z domieszką rzęściowatych i wrzosiów, występujące na dobrze nawodnionych brzegach potoków górskich na podłożu piaszczystym. Jest rzeczą bardzo interesującą, że fynbos jest formacją stosunkowo młodą, która w obecnej postaci wykształciła się nie wcześniej niż 3–5 milionów lat temu, co w porównaniu z liczącą około 150 milionów lat historią roślin naczyniowych zdaje się być mało znaczącym epizodem. Powstanie fynbosu związane jest ze zmianami klimatycznymi, które zapoczątkowane zostały w tej części Afryki około 30 milionów lat temu i doprowadziły do wybitnej arydzacji klimatu. W warunkach długotrwałej izolacji od pozostałych części Afryki doszło tu do niezwykle nasilenia procesów ewolucyjnych u zasiedlających ten obszar roślin naczyniowych, czego efektem jest zdumiewająca różnorodność gatunkowa i wyjątkowa odrębność florystyczna całego Kraju Przylądkowego.

Dla botaników najbardziej atrakcyjne i interesujące są oczywiście rodziny endemiczne dla państwa roślinnego *Capensis*: *Grubbiaceae* obejmującej 1 rodzaj z trzema gatunkami, *Panaeaceae* – 7 rodzajów i 23 krzaczaste gatunki, *Roridulaceae* – 1 rodzaj z dwoma gatunkami, *Stilbaceae* – 5 rodzajów z dwunastoma gatunkami oraz monotypowe rodziny *Lanariaceae* i *Geissolomataceae*. Ponadto dwie subendemiczne rodziny: *Bruniaceae* i *Prioniaceae* mają w Kraju Przylądkowym centrum swego występowania z pojedynczymi gatunkami sięgającymi do prowincji Kwa-Zulu-Natal. Szczególną uwagę botaników w Kraju Przylądkowym przyciągają również przedstawiciele starych gondwańskich rodzin: srebrnikowatych (*Proteaceae*), liczącej tu 330 gatunków, rzęściowatych (*Restionaceae*) – 320 gatunków oraz przypołudnikowatych (*Aizoaceae*). Kraj Przylądkowy stanowi centrum różnorodności rodzajów

Erica z rodziny wrzosiowatych (*Ericaceae*), który jest tu reprezentowany przez 670 spośród 860 należących do niego gatunków oraz *Aspalanthus* z rodziny motylkowatych (*Fabaceae*), który jest drugim pod względem bogactwa rodzajem tego obszaru, liczącym tu 272 spośród wszystkich 278 gatunków zaliczanych do niego. Pozostałymi najbogatszymi w gatunki rodzajami są: *Pelargonium* (148/270) z rodziny bodziszkiowatych (*Geraniaceae*), *Agathosma* (143/150) z rutowatych (*Rutaceae*) oraz *Phyllica* (133/180) z rodziny szalkowatych (*Rhamnaceae*).

Oszałamiające i trudne do ogarnięcia bogactwo flory Kraju Przylądkowego jest wielkim wyzwaniem dla botaników, zwłaszcza spoza Południowej Afryki, którzy stają tu oko w oko z zupełnie nieznanymi gatunkami, rodzajami a nawet rodzinami. Na szczęście obszar ten dysponuje kilkoma florami opisowymi, z wydaną w latach 1860–1933 siedmiotomową *Flora capensis* na czele, oraz licznymi kluczami do oznaczania gatunków. Jednym z nich jest opublikowany ostatnio fotograficzny przewodnik terenowy do ponad 1100 pospolitych i łatwych do identyfikacji gatunków rosnących we fynbosie. Jego autorem jest John Manning, pracownik Narodowego Instytutu Bioróżnorodności w Kapsztadzie, światowy znawca kosaćców (*Iris*) i rodziny hiacyntowatych (*Hyacinthaceae*), a zarazem znakomity fotograf roślin. Autorem wielu fotografii opublikowanych w tym atlasie jest Colin Paterson-Jones, najwybitniejszy zawodowy fotograf przyrodniczy w Południowej Afryce, mający na swym koncie wiele wspaniałych atlasów południowoafrykańskich roślin. Wielka klasa i profesjonalizm tych dwóch wybitnych fotografów w pełni uwidacznia się w omawianym przewodniku, prezentującym znakomitej jakości fotografie roślin przylądkowych.

Przewodnik opracowany jest według klasycznych i dobrze sprawdzonych wzorów, powszechnie przyjętych w tego typu atlasach. Każdej fotografii gatunku towarzyszy krótki opis morfologiczny, mapka rozmieszczenia w Południowej Afryce oraz diagram ukazujący czas kwitnienia. Prócz tego krótko scharakteryzowane są wszystkie rodzaje, a w części wstępnej 62 rodziny, których taksony są uwzględnione w omawianym atlasie. Obok opisów przewodnik zawiera również klucze do oznaczania rodzin, które zestawione są w ośmiu sztucznych grupach na podstawie podobnych, łatwych do obserwacji cech oraz klucze do grup rodzajów w obrębie rodzin i grup podobnych gatunków w rodzajach. Klucze mają raczej charakter pomocniczy i aby zidentyfikować dany gatunek należy dokładnie analizować opisy i fotografie. Część atlasową poprzedza zwięzłe, ale bardzo treściwie napisany wstęp, w którym autor podaje najważniejsze informacje o fynbosie, jego historii, rozmieszczeniu, warunkach klimatycznych i siedliskowych oraz omawia najbardziej typowe cechy adaptacyjne roślin zasiedlających tę formację, a części końcowej zajmuje się również problemami jego ochrony. Dla użytkowników mniej wprawionych w oznaczaniu roślin bardzo pomocny może okazać się ilustrowany słowniczek terminologiczny.

Omawiany przewodnik opublikowany został po raz pierwszy w 2007 roku i od razu cieszył się tak dużym

wzięciem, że już w rok później ukazało się omawiane tu wznowienie. Nie powinno to budzić większego zdziwienia, gdyż górskie szlaki w Kraju Przylądkowym cieszą się dużą popularnością wśród miłośników przyrody, którzy na każdym kroku stykają się z efektownymi i niezwykle roślinozłotymi, a niniejszy przewodnik ma za zadanie umożliwić ich identyfikację. Ale również botanikom, którym nie jest dane obserwowanie roślin przylądkowych bezpośred-

nio w terenie, ten przewodnik przybliży niezwykle bogactwo flory tego maleńkiego państwa roślinnego, a wspaniałe fotografie wielu gatunków, obok walorów czysto poznawczych, na pewno dostarczą czytelnikom również niezapomnianych wrażeń natury estetycznej.

Ryszard Ochrya (Kraków)

Heribert Köckinger, Michael Suanjak, Adolf Schriebl, Christian Schröck: **Die Moose Kärntens**. Sonderreihe Natur Kärnten, Band 4. Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Klagenfurt, 2008, 319 str., 226 rycin w tym 221 kolorowych fotografii, 952 mapy rozmieszczenia, miękka opr., format 23,0×15,5 cm. Cena: 21 €. ISBN 978-3-85328-048-5.



Karyntia jest piątym pod względem wielkości krajem związkowym Austrii, leżącym w jej południowej części na granicy z Włochami i Słowenią i sąsiadującym na zachodzie z Tyrolem Wschodnim, a na północy z Salzburgiem i Styrią. W kraju dominuje krajobraz alpejski, chociaż położona na wschodzie Nizina Klagenfurcka ma wręcz nizinny charakter. Wraz z kilkoma pasmami wschodniej części Alp Centralnych (Alpy Gurktalskie, Alpy Lavantalskie, Karawanki) tworzy ona dolną Karyntię. Natomiast bardziej górzystą, zachodnią część kraju, zwaną górną Karyntią, zajmują m.in. urwiste Alpy Karnickie oraz Wysokie Taury, w których znajduje się najwyższy szczyt Austrii – Grossglockner (3797 m n.p.m.) oraz najbardziej znany lodowiec Pasterze o długości 10 km. Podobnie jak pozostałe kraje związkowe Austrii, Karyntia posiada bardzo bogatą florę, która jest odzwierciedleniem dużego zróżnicowania topograficznego i klimatycznego tego obszaru, kreującego niezwykle bogactwo siedlisk zarówno dla roślin naczyniowych, jak i zarodnikowych. Sama flora Karyntii jest typowa dla środkowej Europy, chociaż zajmujące tu rozległe przestrzenie Alpy stwarzają wyjątkowo dogodne warunki dla wielu gatunków górskich i alpejskich, zwłaszcza msza-

ków i porostów, które nie występują lub są niezmiernie rzadkie w innych krajach tej części kontynentu.

Badania botaniczne w Karyntii mają bardzo długą i chlubną tradycję i sięgają swymi korzeniami połowy XVIII wieku, kiedy prowadził tu poszukiwania roślin jezuita o. Franz Xaver von Wulfen (1728–1805). Jego pierwsze znaleziska zostały opublikowane przez J. A. Scopolię we *Flora carniolica*, a później przez niego samego w czterech tomach *Plantae rariores carintiacae*, wydawanych przez N. Jacquina w latach 1788–1790, w których opisał po raz pierwszy m.in. dwa gatunki mchów: *Tetraplodon urceolatus* i *Seligeria recurvata*. W XIX wieku Karyntia stała się prawdziwą briologiczną mekką, przyciągającą wielu sławnych briologów niemieckich z G. Flörkem, D. H. Hoppem, Ch. F. Schwägrichenem, Ch. F. Hornschuchem, J. F. Laurerem, G. W. Bischoffem, H. Ch. Funckiem, W. P. Schimperem, P. G. Lorentzem, G. A. Zwanzigerem i J. Breidlerem na czele. Również w ubiegłym wieku działało tu wielu znanych badaczy mszaków, np. F. Matuschek, J. Głowacki, A. Latzel, F. i K. Koppe, W. Maurer i P. Thyssen, może nie tak sławnych jak ich poprzednicy, ale prowadzący solidne badania florystyczne, które dostarczały wielu nowych danych odnośnie do rozmieszczenia gatunków mchów i wątrobowców. Wreszcie w 2000 roku pod patronatem Karyntkiego Towarzystwa Przyrodniczego (Naturwissenschaftlichen Verein für Kärnten) zainicjowany został projekt kartowania mszaków Karyntii, którego efektem jest omawiana książka, zawierająca mapy rozmieszczenia wszystkich taksonów mchów, glewików i wątrobowców stwierdzonych w tym kraju związkowym.

Książka obejmuje dwie główne części. W czterech krótkich rozdziałach wstępnych scharakteryzowane są główne grupy mszaków, omówione jest ich znaczenie w przyrodzie i życiu człowieka, zarysowana metodyka badań oraz przedstawiona jest historia badań briologicznych w Karyntii. Część wstępną zamyka obszerny rozdział poświęcony briogeografii Karyntii. Omówione są tu pokrótce czynniki mające główny wpływ na bogactwo flory mszaków oraz przedstawiona jest brioflora wszystkich regionów fitogeograficznych badanego obszaru: dolin i obniżeń śródgórskich oraz pasm górskich (Wysokie Taury, Alpy Gurktalskie, Alpy Karnickie, Alpy Lavantalskie i Karawanki). Zaprezentowane są tu mszaki zasiedlające najważniejsze biotopy oraz piętra górskie, a liczne przykładowe gatunki zilustrowane są znakomitej jakości kolorowymi zdjęciami. W wielu przypadkach są to unikatowe zdjęcia, ukazujące bardzo rzadkie gatunki, które nie doczekały się dotychczas publikowanej dokumentacji fotograficznej, np. *Mannia*

pilosa, *Metzgeria fruticulosa*, *Apomarsupella revoluta*, *Gymnomitrium apiculatum*, *Hypnum procerrimum*, *Myurella sibirica*, *Barbula amplexifolia*, *Paraleucobryum sauteri*, *Oreas martiana*, *Leptodontium styriacum*, *Pohlia crudoides*, *Thamnobryum neckeroideum*, *Didymodon subandreaeoides*, *Brachythecium turgidum*, *Grimmia triformis* i *Stegonia latifolia*. Szereg fotografii przedstawia wspaniałe alpejskie krajobrazy i przykładowe siedliska zajmowane przez mszaki.

Druga część książki jest atlasem rozmieszczenia mszaków w Karyntii. Rozmieszczenie każdego gatunku przedstawione jest na ortofotomapach w siatce kwadrantów o bokach 5 minut długości i 3 minut szerokości geograficznej. Ten system przyjęty jest w kartografii botanicznej w Niemczech i Austrii od lat 60. ubiegłego wieku i Karyntia obejmuje ogółem 319 pełnych bądź częściowych kwadrantów. W trakcie realizowania tego projektu prowadzone były intensywne badania terenowe, w wyniku których odkryto po raz pierwszy w Karyntii aż 84 gatunki, 2 podgatunki i 2 odmiany mszaków, a nawet opisano jeden gatunek nowy dla nauki – *Bucklandiella nivalis* z piętra turniowego w Wysokich Taurach. Ponadto rewidowane były wszystkie dostępne materiały zielnikowe zdeponowane w herbariach w Klagenfurcie, Grazu, Wiedniu i Linzu. W sumie dla całego obszaru zgromadzono 50783 dat florystycznych, reprezentujących 893 gatunki, w tym 682 mchów, 208 wątrobowców i 3 glewików. Jak na tak niezbyt wielki obszar są to liczby imponujące. W mapach rozmieszczenia zróżnicowane zostały stanowiska dla danych

sprzed 1949 i od 1950 roku. Dla wielu gatunków autorzy prezentują rozmaite uwagi taksonomiczne, ekologiczne oraz fitogeograficzne. Na szczególną uwagę zasługuje rodzaj *Schistidium*, który reprezentowany jest w Karyntii przez 27 gatunków, z których dwa (*S. pratense* i *S. marginale*) nie zostały jeszcze opisane, a kilka dalszych są nowymi gatunkami dla środkowej Europy (*S. venetum* i *S. subflaccidum*) lub Europy (*S. sinensiapocarpum*). Bardzo istotne znaczenie ma krótki rozdział, w którym podane są dokładne dane odnośnie do stanowisk dla taksonów stwierdzonych po raz pierwszy w Karyntii. Prócz tego 11 gatunków wątrobowców oraz 28 gatunków i 2 odmiany mchów zostało wykreślonych z brioflory badanego obszaru, gdyż doniesienia o ich występowaniu w Karyntii były oparte na błędnych oznaczeniach materiałów zielnikowych. Książkę zamyka wykaz najważniejszych synonimów.

Omówiona książka jest niezwykle cennym i wartościowym przyczynkiem do środkowoeuropejskiej literatury briologicznej. Prezentuje ona podsumowanie aktualnego stanu wiedzy na temat mszaków jednego z najbogatszych pod względem florystycznym obszarów Europy, bogatego w rzadkie gatunki, z których opisana niedawno *Bucklandiella nivalis* jest endemitem Wysokich Taurów. Jej odkrycie dowodzi, że obecna flora mszaków Karyntii nie jest bynajmniej ostateczna i dalsze badania terenowe mogą sprawić jeszcze niejedną niespodziankę.

Ryszard Ochyra (Kraków)

Ron Porley: **Arable bryophytes. A field guide to the mosses, liverworts and hornworts of cultivated land in Britain and Ireland.** WILDGuides Ltd., Old Basing, Hampshire, United Kingdom, 2008, 140 str., bardzo liczne kolorowe i czarno-białe zdjęcia, ryciny kreskowe i mapy rozmieszczenia, miękka opr., format 21,0×14,9 cm. Cena: 16,50 £. ISBN 978-190365721-8.



Na pierwszy rzut oka pola uprawne wydają się niezbyt atrakcyjnym miejscem dla briologa. Są to bowiem bardzo specyficzne biotopy, podlegające regularnym, sezonowym zmianom, co sprawia, że zasiedlające je mszaki, jak też inne rośliny, muszą zamknąć swój cykl rozwojowy w krótkim

czasie między okresowo powtarzającymi się zaburzeniami. Jest to możliwe dzięki wykształceniu przez gatunki zasiedlające takie miejsca specjalnych strategii życiowych, a jedną z nich jest rozmnażanie wegetatywne dzięki tworzeniu rozmaitych rozmnożek. Aż do początku lat 60. ubiegłego wieku mszaki pól uprawnych nie wzbudzały specjalnego zainteresowania briologów. Dopiero wtedy zmarły niedawno angielski badacz H. Whitehouse zainicjował intensywne badania mchów rosnących na tych siedliskach i opisał kilka nowych gatunków rosnących na tych specyficznych siedliskach, z których *Dicranella staphylina* okazała się pospolitym ubikwistem w całej Europie. Zwrócił on specjalną uwagę na niektóre grupy mchów z rodzaju *Bryum* tworzące rozmnożki, które były dotąd słabo znane od strony taksonomicznej, a które okazały się znacznie szerzej rozmieszczone na polach na całym kontynencie niż wcześniej sądzono. Jednym z jego uczniów był autor omawianego atlasu, który kilka lat temu kierował projektem badawczym, stawiającym sobie za cel dokładną inwentaryzację flory mszaków pól uprawnych Wysp Brytyjskich, a jednym z jego efektów jest omawiany tu przewodnik.

Spośród ponad 80 gatunków mchów, wątrobowców i glewików rosnących na polach uprawnych w Wielkiej Brytanii i Irlandii autor zaprezentował w niniejszym przewodniku 47 gatunków: 4 glewiki, 10 wątrobowców i 33 mchy. Każdy z nich został sportretowany doskonale jakości kolorowymi zdjęciami, ilustrującymi całe darenki oraz pojedyncze roślinki, sporogony, o ile są znane,

a przede wszystkim rozmnożki chwytnikowe, które dla wielu gatunków mają podstawowe znaczenie diagnostyczne. Niekiedy posiłkuje się także rycinami kreskowymi dla przedstawienia pokrojów roślin. Każdy gatunek jest krótko opisany od strony morfologicznej i scharakteryzowany pod względem ekologicznym, a jego rozmieszczenie na Wyspach Brytyjskich przedstawiono na mapkach. Prócz tego dyskutowane są, i niekiedy także ilustrowane, gatunki wykazujące podobieństwo morfologiczne do opisywanych gatunków i mogące być przez to źródłem pomyłek. Większość gatunków zasiedlających pola uprawne należy do pospolitych mszaków, które nie są w żadnym stopniu zagrożone. Ale kilka z nich, np. *Ephemerum sessile*, *Didymodon tomaculosus*, *Ditrichum pusillum*, *Sphaerocapsa michelii* i *S. texanus* znajduje się na brytyjskiej czerwonej liście w kategorii „nationally scarce”, obejmującej gatunki stwierdzone w od 16 do 100 w kwadratach o boku 10 kilometrów. Ponadto *Weissia multicapsularis* jest gatunkiem silnie zagrożonym, a *Phaeoceros carolinianus* jest narażony na wyginięcie.

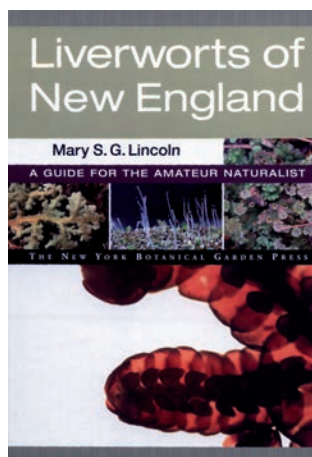
Przegląd gatunków stanowiący główną część przewodnika poprzedzają rozważania wstępne. Jak przystało na książeczkę adresowaną do szerokiego kręgu odbiorców, w tym także amatorów, znajdują się tu podstawowe informacje o budowie mszaków oraz omówione są ich przystosowania do życia na siedliskach podlegających cyklicznym zaburzeniom. Sporo miejsca poświęca autor zabiegom mającym na celu ochronę mszaków pól uprawnych. Bardzo ważne i cenne są też uwagi na temat zbierania i oznaczania mszaków, co w przypadku mchów rosnących na tych spe-

cialnych siedliskach jest szczególnie istotne, gdyż wiele z nich tworzy rozmnożki chwytnikowe, które należy umiejętnie wyprzebarwiać. Wszystkie mszaki pól uprawnych są zestawione w tabeli, w której zaprezentowane są najważniejsze cechy gatunków, siedliska i typy gleb na jakich rosną oraz częstość występowania.

Ta niewielka książeczka jest bardzo wartościowym źródłem informacji i wypełnia dotkliwą lukę w literaturze briologicznej, gdyż przybliża mszaki zajmujące siedliska, które do niedawna nie wzbudzały specjalnego zainteresowania. Prezentuje ona bardzo wysoki poziom naukowy i redakcyjny, a jej prawdziwą ozdobą są znakomitej jakości fotografie, z których większość jest autorstwa niemieckiego briologa Michaela Lütha, specjalizującego się w mikrofotografii mszaków. Jej podstawową zaletą jest to, że mogą po nią sięgać nie tylko amatorzy, ale i zawodowi badacze mchów, którzy znajdą tu zebrane w jednym miejscu, świetne, unikatowe zdjęcia rozmnożek wielu gatunków mchów, zwłaszcza z grupy *Bryum erythrocarpum*. Przewodnik ma wartość uniwersalną, gdyż większość zaprezentowanych w nim gatunków jest szeroko rozmieszczona w Europie i rośnie m.in. w Polsce. Dlatego też należy go gorąco polecić polskiemu czytelnikowi, jako świetną pomoc dydaktyczną dla nauczycieli akademickich, studentów i przyrodników interesujących się mszakami, a wszyscy miłośnicy tych roślin będą mogli nacieszyć oczy wspaniałymi zdjęciami wielu bardzo drobnych i z pozoru nieatrakcyjnych gatunków.

Ryszard Ochrya (Kraków)

Mary S. G. Lincoln: **Liverworts of New England. A guide for the amateur naturalist.** Memoirs of the New York Botanical Garden, volume 99. The New York Botanical Garden Press, New York, 2008, VIII + 163 str., liczne kolorowe fotografie, ryciny kreskowe i mapy rozmieszczenia. Opr., format 26,1×18,2 cm. Cena: 45 US\$. ISBN-13: 978-0-89327-478-8; ISBN-10: 0-89327-478-X.



W dziedzinie popularyzacji wiedzy botanicznej stara Europa bije na głowę Amerykę Północną. Tu bowiem ukazało się mnóstwo rozmaitych przewodników, kluczy,

atlasów i poradników adresowanych do szerokiego kręgu odbiorców, które stawiają sobie za cel przybliżenie im określonych grup organizmów i umożliwienie oznaczenia najczęściej spotykanych przedstawicieli. Wszyscy zainteresowani grzybami, porostami, mszakami czy roślinami naczyniowymi mają tu w czym wybierać i mogą korzystać z opracowań przygotowanych na różnym poziomie w zależności od stopnia zaawansowania swej wiedzy. W ostatnich dziesięciokach lat, wraz z powszechnym dostępem do kolorowej fotografii, szczególną popularnością cieszą się szeroko dostępne atlasy fotograficzne. Dla samych mszaków ukazało się w różnych krajach Europy i w wielu językach kilkadziesiąt pozycji tego typu. Natomiast w Stanach Zjednoczonych i Kanadzie takie opracowania należą do rzadkości, więc każde ich pojawienie się na rynku wydawniczym wzbudza spore zainteresowanie. Nie inaczej będzie zapewne i tym razem, gdy z końcem 2008 r. wydawnictwo Ogrodu Botanicznego w Nowym Jorku, jednej z najważniejszych instytucji zajmującej się botaniką systematyczną, nie tylko w tym kraju, opublikowało przewodnik do oznaczania wątrobowców Nowej Anglii, przeznaczony dla przyrodników-amatorów.

Wątrobowce, mimo swej częstości, a w niektórych biotopach nawet pospolitości, nie są roślinami szeroko znanymi, m.in. z powodu niewielkich rozmiarów i trudności związanych z ich oznaczaniem, wynikających z konieczności

stałego używania mikroskopu i badania świeżo zebranych roślin. W Ameryce Północnej nigdy nie cieszyły się one wielkim zainteresowaniem, o czym dobitnie świadczy zdecydowana przewaga lokalnych i ogólnych Flor poświęconych mchom, mimo że pod wieloma względami grupy te są bardzo do siebie podobne. Wschodnia część Ameryki Północnej posiada znakomite opracowanie wątrobowców, jakim jest monumentalna, sześciotomowa Flora R. M. Schustera wydana w latach 1966–1992, która jest bardziej encyklopedią tych roślin niż klasycznym kluczem do oznaczania, nie mającą odpowiednika ani w Europie, ani gdzie indziej w świecie. Jest to jednak dzieło trudne i mało praktyczne dla przeciętnego florysty, którego najczęściej mniej interesują rozważania na temat pokrewieństw, filogenezy i klasyfikacji, a bardziej pragnie szybko i bezbłędnie oznaczyć zebrane okazy. Stąd też tytuł omawianej książki brzmi bardzo zachęcająco. Jest ona adresowana do początkujących hepatikologów i przyrodników-amatorów, którzy dzięki niej mają nauczyć się rozpoznawać najczęstsze gatunki w sześciu stanach Nowej Anglii w północno-wschodniej części Stanów Zjednoczonych: Maine, New Hampshire, Vermont, Massachusetts, Connecticut i Rhode Island. Ponieważ większość opisanych w niej gatunków i rodzajów ma szerokie zasięgi i należy do roślin wszechobylskich, można przyjąć, że książka ta będzie z powodzeniem używana w całej wschodniej części kontynentu północnoamerykańskiego, jako narzędzie do oznaczania pospolitych gatunków wątrobowców.

We wstępie autorka przybliży czytelnikowi sam obiekt badań, objaśniając czym są wątrobowce oraz jakie zajmują siedliska w przewodnich formacjach roślinnych i na obszarach o różnej budowie geologicznej w Nowej Anglii. Bardzo pobieżnie omawia budowę morfologiczną i anatomiczną tych roślin oraz ich cykl życiowy, ilustrując najważniejsze struktury, takie jak typ wzrostu, kształt i ułożenie liści oraz kształt periancjów rycinami kreskowymi. Nie ma tu natomiast żadnej wzmianki o podobnych do plechowatych wątrobowców glików, które omówione są dopiero w części końcowej, jako osobna grupa morfologiczna. Tę część książki kończy kluczyk do 14 grup wątrobowców wyróżnionych na podstawie formy wzrostu oraz kształtu i ułożenia liści. Główną jej część wypełnia

przegląd 62 rodzajów i prawie 200 gatunków wątrobowców i glików, które zestawione są w grupach o podobnych cechach morfologicznych, ale niekoniecznie spokrewnionych ze sobą. Na początku każdej z nich znajduje się klucz do oznaczania rodzajów, ale niestety nie ma tu już kluczy do gatunków. Wszystkie gatunki oraz niektóre duże rodzaje, np. *Calypogeia*, *Cephaloziella*, *Lophozia*, *Metzgeria* i *Riccardia* posiadają krótkie opisy, dość schematyczne ryciny kreskowe ilustrujące pokrój lub kształt liści, a w wielu przypadkach także kolorowe fotografie. Prócz tego podane są tu dane siedliskowe, objaśniona jest etymologia nazwy, a rozmieszczenie w Nowej Anglii przedstawione jest na mapach ukazujących występowanie gatunków w poszczególnych okręgach. Tekst kończy słowniczek terminologiczny, podstawowa bibliografia, adresy stron internetowych poświęconych mszakom oraz trzy dodatki. Najważniejszy z nich zawiera listę najpospolitszych i łatwych do odróżnienia gatunków wątrobowców z Nowej Anglii oraz klucz do ich oznaczania. Drugi dodatek przedstawia wykaz rodzajów według wielkości roślin, a w trzecim wymienione są gatunki charakterystyczne dla różnych typów siedlisk: piętra alpejskiego, skał wapiennych, torfowisk niskich i wysokich, gnijących kłód i pniaków, żywych pni drzew oraz wód płynących i stojących.

Książka jest bardzo starannie wydana i prezentuje się efektownie od strony edytorskiej i poligraficznej. Niestety, jej podstawową wadą jest niedostatek kluczy do oznaczania gatunków, zwłaszcza w dużych i trudnych rodzajach, takich jak *Lophozia*, *Cephalozia*, *Scapania*, *Calypogeia*, *Frullania*, *Marsupella* i *Solenostoma*. Same opisy, nawet z towarzyszącymi im dobrej jakości fotografiami, mogą okazać się niewystarczające, gdyż autorka w ogóle nie dyskutuje w nich podobieństw i różnic między blisko spokrewnionymi gatunkami. Można mieć więc wątpliwości, czy książka spełni swój podstawowy cel, którym jest umożliwienie oznaczenia pospolitych gatunków. Szkoda, że autorka nie skorzystała w tym miejscu z doświadczeń europejskich i nie zamieściła w części wstępnej kluczy do oznaczania wszystkich gatunków opisanych w przewodniku.

Ryszard Ochyra (Kraków)

Bernard Goffinet, A. Jonathan Shaw (red.): **Bryophyte biology**. Second edition. Cambridge University Press, Cambridge, 2009 [2008], XIV + 565 str., 18 tablic, 170 rycin kreskowych, czarno-białych zdjęć i wykresów, miękka i twarda opr., format 24,5 × 17,5 cm. Cena: 35 £ [miękka oprawa] i 75 £ [twarda oprawa]. ISBN 13: 978-0-521-69322-6 [miękka oprawa] i ISBN 13: 978-0-521-87225-6 [twarda oprawa].

Omawiana książka po raz pierwszy trafiła do rąk czytelników w 2000 roku¹ i od razu stała się swoistym bestsellerem wydawniczym. Przedstawiała ona bowiem w zwięzły, a zarazem bardzo kompetentny sposób najważniejsze

¹ Patrz recenzja R. Ochyry, *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica*, 8: 308–309 (2001).



zagadnienia nauki o mszakach, od morfologii i klasyfikacji poczynając, poprzez ekologię i genetykę populacji, a na biogeografię i ochronę kończąc. Książka spełniała wszelkie wymogi nowoczesnego podręcznika akademickiego, będąc doskonałym źródłem informacji o najnowszych osiągnięciach naukowych z wielu dziedzin briologii. Mimo że od jej ukazania się minęło zaledwie 8 lat, to w okresie tym dokonał się istotny postęp w badaniach briologicznych i wiele zagadnień wymagało uaktualnienia i rewizji. W ten sposób z początkiem listopada 2008 roku do księgarni trafiło nowe, znacznie zmienione wydanie tej książki. Pewne zamieszanie może być związane z datą jej publikacji, wynikające z niezrozumiałej praktyki renomowanego wydawnictwa brytyjskiego, które wszystkie książki opublikowane w ostatnim kwartale danego roku opatruje datą roku następnego. Może to mieć poważne konsekwencje w kwestiach nazewnictwa roślin, w którym bierze się pod uwagę tylko efektywną datę publikacji, w tym przypadku znacznie różniącą się od daty znajdującej na stronie redakcyjnej książki. Jest to o tyle istotne, że znalazło się w niej kilka nowości nomenklatorycznych, m.in. opisy dwóch nowych rodzin wątrobowców (*Herzogiariaceae* Stotler & Crand.-Stotl.) i mchów (*Hypodontiaceae* Stech & W. Frey).

Niniejsza edycja książki dość znacznie odbiega od pierwowzoru, który obejmował 13 rozdziałów przygotowanych przez 16 autorów, podczas gdy obecnie jest ich tylko 12, ale w ich opracowaniu wzięło udział 20 badaczy ze Stanów Zjednoczonych, Wielkiej Brytanii, Szwecji i Belgii. Tylko 7 rozdziałów przedstawia tę samą problematykę, chociaż w dość zmienionej formie. Dotyczą one: morfologii i klasyfikacji wątrobowców, glewików i mchów; ekologii fizjologicznej; ekologii mszaków rosnących na różnych podłożach i mineralnym substancjom odżywczym; zdominowanym przez mchy torfowiskom; oraz procesów mikroewolucyjnych i koncepcji gatunku. W czterech dalszych rozdziałach poruszone są zupełnie nowe zagadnienia: mchy jako modelowe organizmy w bada-

niach rozwojowych, komórkowych i molekularnych na przykładzie *Physcomitrella patens*, ekologia populacji i zbiorowisk mszaków, biochemiczne i molekularne mechanizmy tolerancji mszaków na wysychanie oraz pochodzenie najwcześniejszych roślin lądowych w świetle badań genetycznych. Ostatni rozdział poświęcony jest ochronie mszaków, która była również omawiana w pierwszym wydaniu wraz z briogeografią, która w obecnej edycji jest całkowicie pominięta. Prócz tego wypadły odrębne rozdziały omawiające pochodzenie i powiązania filogenetyczne mszaków, biochemię oraz rolę zbiorowisk roślinnych zdominowanych przez mszaki w globalnym budżecie węgla, chociaż niektóre z tych zagadnień są poruszone w przedrukowanej formie w innych rozdziałach obecnego wydania. Zmiany te były po części podyktowane faktem, że w przygotowaniu nowej edycji nie mogli wziąć udziału z różnych powodów wszyscy autorzy, którzy współpracowali przy pierwszym wydaniu. Tym samym nie może być ono całkowicie odłożone do lamusa lecz w pewnych kwestiach musi być nadal wykorzystywane jako ważne źródło informacji. Polecając więc gorąco nowe wydanie „Bryophyte biology” jako kompendium najbardziej aktualnych osiągnięć nauki o mszakach, należy pamiętać, że pierwsze wydanie jest nadal ważną lekturą uzupełniającą.

Podobnie jak pierwsze, również obecne wydanie dostępne jest w dwóch wersjach w twardej i miękkiej okładce, które różnią się jedynie ceną. Książka prezentuje się bardzo dobrze od strony edytorskiej i poligraficznej chociaż w oczy rzuca się dość dużo błędów drukarskich, co staje się już powoli niechlubną „specjalnością” tego skądinąd renomowanego światowego wydawnictwa, by przypomnieć tylko ogromną liczbę błędów w drugim wydaniu Flory mchów Wysp Brytyjskich i Irlandii A. J. E. Smitha z 2004 roku. Na szczęście nie wpływają one na treść tej bardzo wartościowej książki.

Ryszard Ochrya (Kraków)

Ogólnopolski Konkurs Geologiczno-Środowiskowy

Nasza Ziemia – środowisko przyrodnicze wczoraj, dziś i jutro

Już od 11 lat Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy organizuje konkurs geologiczno-środowiskowy dla dzieci i młodzieży szkolnej z całej Polski.

Przez kilka pierwszych lat konkurs organizowany był przez Oddział Górnośląski Państwowego Instytutu Geologicznego w Sosnowcu i obejmował obszar województwa śląskiego. Z roku na rok w konkursie brało udział coraz więcej szkół oraz rozszerzał się jego zasięg terytorialny. Od 2005 roku konkurs odbywa się w całym kraju i do Muzeum Geologicznego oraz do oddziałów regionalnych PIG-PIB nadsyłanych jest corocznie po kilka tysięcy prac! Część plastyczna konkursu już trzykrotnie została przeprowadzona również na Litwie, nadając konkursowi status imprezy międzynarodowej.

Aby zainteresować konkursem uczniów w różnym wieku rozgrywany jest on w dwóch kategoriach: plastycznej – dla dzieci młodszych z klas IV-VI szkoły podstawowej, oraz jako konkurs wiedzy geologicznej – dla gimnazjalistów i uczniów szkół ponadgimnazjalnych.

Zasadniczym celem konkursu jest upowszechnianie wiedzy o naszym dziedzictwie naturalnym. Kierując zainteresowanie młodych ludzi w stronę budowy i historii geologicznej Ziemi, a w szczególności regionu, w którym żyją, konkurs wspomaga młodzież w nawiązywaniu emocjonalnego i serdecznego związku z otaczającą go przyrodą. Stąd już tylko krok do przyjęcia osobistej odpowiedzialności każdego człowieka za stan otaczającego go środowiska, a zatem za jego ochronę.

Przewodnie hasło konkursu: Nasza Ziemia – środowisko przyrodnicze wczoraj, dziś i jutro ukazuje główny cel kolejnych edycji konkursu: spojrzenie na przyszłość naszej planety poprzez pryzmat procesów, które kształtowały jej środowisko w przeszłości oraz poprzez obecną działalność człowieka. Tematyka kolejnych edycji była bardzo różnorodna: od wyobrażeń o świecie wymarłych zwierząt, poprzez procesy kształtujące powierzchnię Ziemi i siły nimi rządzące, na bogactwach naszej planety skończywszy. Tytuły takie jak: Władcy wymarłych światów, Wyprawa w głąb Ziemi, Pejzaże pradawnej Ziemi itp. oddziałują na wyobraźnię młodych ludzi, co owocuje wspaniałymi pracami plastycznymi, prezentowanymi na licznych

Towarzystwa Geologicznego, wojewódzkie kuratoria oświaty, które pomagają organizatorom w rozpowszechnieniu informacji o konkursie. Część plastyczna objęta jest patronatem Zarządu Głównego Związku Polskich Artystów Plastyków, który jednocześnie bierze udział w obradach jury i funduje nagrody. Głównym sponsorem nagród w półfinałach i finałach konkursu jest Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej oraz Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy.

Dotychczasowe edycje konkursów były wysoko oceniane przez pedagogów pod względem merytorycznym i organizacyjnym. Imprezom towarzyszyło zawsze duże zainteresowanie ze strony przedstawicieli lokalnych władz,



Laureaci finału ogólnopolskiego konkursu geologiczno-środowiskowego wraz z organizatorami i opiekunami w sali Muzeum Geologicznego PIG-PIB w Warszawie, maj 2010. Fot. P. Szrek

wystawach w Muzeum Geologicznym i w oddziałach regionalnych PIG-PIB. Konkurs zaszczepia przy okazji zainteresowanie naukami o Ziemi: zjawiskami, które zachodzą na jej powierzchni, różnorodnością występujących form.

Konkurs odbywa się w dwóch, a w przypadku części plastycznej – trzech etapach: półfinały przeprowadzane są przez oddziały regionalne Państwowego Instytutu Geologicznego Państwowego Instytutu Badawczego i polegają na przygotowaniu i przesłaniu przez uczestnika samodzielnej pracy: plastycznej lub opisowej (w zależności od kategorii konkursu). Główną nagrodą dla laureatów I miejsc w półfinałach jest 2-dniowa wycieczka do Warszawy (dla laureata z opiekunem), podczas której odbywa się finał ogólnopolski. W przypadku konkursu plastycznego polega on na wyborze przez jury najlepszej pracy, a w przypadku konkursu teoretycznego przeprowadzany jest turniej wiedzy geologiczno-środowiskowej. Wszyscy uczestnicy finału otrzymują nagrody rzeczowe. Po finale ogólnopolskim w kategorii plastycznej konkursu odbywa się finał polsko-litewski zamienienie: jednego roku w Warszawie, drugiego w Wilnie. Wyjazd na finał jest sponsorowany przez organizatorów. W tym finale uczestniczą po 3 najlepsze prace z Polski i z Litwy.

O randze i znaczeniu konkursu świadczy poparcie osób i instytucji decydujących o losach środowiska przyrodniczego naszego kraju. Od trzech lat honorowy patronat nad konkursem obejmuje Sekretarz Stanu – Główny Geolog Kraju. Konkursowi patronują również Zarząd Polskiego

a także gazet i rozgłośni radiowych. Uczestnicy i ich opiekunowie podkreślali przyjazną atmosferę towarzyszącą wszystkim etapom konkursu.

Prace plastyczne nagrodzone i wyróżnione w poprzednich edycjach konkursu były prezentowane na okresowych ekspozycjach w poszczególnych oddziałach PIG-PIB, jak również zostały wykorzystane w organizowanych w Muzeum Geologicznym PIG-PIB wystawach: Wizje zaginionych światów, Katastrofy przyrodnicze oraz podczas plenerowej wystawy wielkoformatowych reprodukcji rysunków dzieci pt.: „Nasza Ziemia” eksponowanej dotychczas w Warszawie i w Skierniewicach we współpracy z Młodzieżowym Centrum Kultury.

Efektem kolejnych edycji konkursu są wydane kalendarze Muzeum Geologicznego PIG-PIB i pocztówki z konkursowymi pracami plastycznymi.

*Monika Krzeczyńska, Agata Olszyńska –
Muzeum Geologiczne PIG-PIB*

Najciekawsze prace uczestników Konkursu prezentujemy na wkładce i okładkach tego numeru *Wszechświata*.



Luk skalny. Vanessa Barańska, Szkoła Podstawowa nr 21 w Bytomiu Krabie. OGÓLNOPOLSKI KONKURS GEOLOGICZNO-ŚRODOWISKOWY NASZA ZIEMIA – ŚRODOWISKO PRZYRODNICZE WCZORAJ, DZIŚ I JUTRO



Przełom rzeki. Żaneta Dobrowolska, Szkoła Podstawowa w Łukawcu. OGÓLNOPOLSKI KONKURS GEOLOGICZNO-ŚRODOWISKOWY NASZA ZIEMIA – ŚRODOWISKO PRZYRODNICZE WCZORAJ, DZIŚ I JUTRO

ZWIERZĘTA WOKÓŁ NAS

Chętnie obserwujemy i podziwiamy zwierzęta. Lubimy słuchać pięknego śpiewu ptaków czy kumkania żab. Poeci piszą poematy zachwyceni pięknem natury. Zwierzęta spotykamy w lasach, na łąkach, polach i nad jeziorami. Tam zwykle uciekają i chowają się przed nami. Ale też przechodzą przez nasze drogi. Wiele z nich żyje również w miastach i w naszych mieszkaniach. Dlaczego jedne zwierzęta uciekają na nasz widok, podczas, gdy inne pozwalają się do siebie zbliżyć? Co powoduje, że żyją obok nas?



Ryc. 1. Sarny polne szukające pokarmu pod śniegiem, Muntowo, 17 lutego 2010. Fot. M. Olszowska

Aby odpowiedzieć na te pytania, przyjrzyjmy się relacji zwierząt w odniesieniu do człowieka oraz skutkom, jakie ponoszą ludzie i zwierzęta z racji życia obok siebie.

Jednym z przejawów relacji zwierzę – człowiek jest tzw. dystans ucieczki, czyli najmniejsza odległość, na jaką zwierzę pozwala zbliżyć się do siebie człowiekowi. Dystans ten może się zwiększyć w obliczu zagrożenia. Zwierzęta widywane w naturalnym krajobrazie, utrzymują wobec człowieka duży dystans ucieczki, traktując go jako niebezpiecznego przeciwnika.



Ryc. 2. Nam wszystko jedno. Bocian biały (*Ciconia ciconia*), Tros, 1 sierpnia 2009. Fot. M. Olszowska

Jeśli przyjrzymy się zwierzętom żerującym na przydrożnych polach uprawnych i łąkach, w krajobrazach najmniej przekształconych przez człowieka, zoba-

czymy bociany i sarny polne, rzadziej płochliwe żurawie. Zimą sarna polna (ryc. 1) przebywa w dużych stadach, poszukując pod śniegiem pokarmu. Sarnę tę charakteryzuje duży dystans ucieczki (kilkaset metrów) Zaniepokojona najpierw stoi, obserwuje człowieka a potem ucieka. Zaobserwowałam, że przy drodze krajowej DK 59 na odcinku Ryn – Giżycko żurawie żerując na polach, ignorują pojazdy przejeżdżające w odległości za ledwie 50 m. Wystarczyło jednak zatrzymać samochód i wysiąść, aby zauważyły zmianę i czujnie zareagowały, zrywając się do lotu. Wylądowały w odległości około 500 m od drogi. Widać z tego, że ptaki nie reagują na sytuację, która im bezpośrednio nie zagraża – przejeżdżające pojazdy, natomiast reagują szybką ucieczką na pojazd, który się zatrzyma, ponieważ wtedy stanowi dla nich potencjalne zagrożenie.



Ryc. 3. Gniazdo jaskółki oknówki (*Delichon urbica*), Mrągowo, 5 czerwca 2009. Fot. M. Olszowska

Każdy widział bociany białe, zakładające gniazda na dachach domów i na słupach energetycznych. Nikogo to już nie dziwi. Jednak ciekawe jest to, że wiele gniazd jest usytuowanych nad ruchliwymi drogami, jak to pokazane na ryc.2 usytuowane nad wspomnianą ruchliwą drogą krajową DK59. Czyżby bocianom nie przeszkadzał hałas ciągle przejeżdżających samochodów i nieprzyjemny zapach trujących spalin?



Ryc. 4. Sąsiad z rynny. Szpak zwyczajny (*Sturnus vulgaris*), Mrągowo 25 maja 2008. Fot. M. Olszowska

Człowiek rozbudowując miasta i wsie wypiera zwierzęta z ich siedlisk, ale równocześnie zostawia lub tworzy tereny zieleni. Wiele zwierząt szukając pokarmu może zabłąkać się właśnie w takie miejsca. Często

widuje się zdezorientowane sarny, które w popłochu przebiegają przez wsie, szukając drogi powrotu do lasu, czy dziki, które ryją na trawnikach miasta, budząc strach wśród mieszkańców. Wiele kłopotu stwarza potem schwytywanie takich nieproszonych gości w mieście i odstawienie ich we właściwe im siedlisko.



Ryc. 5. Pustulka (*Falco tinnunculus*) patroluje osiedle, Kraków, 20 lipca 2007. Fot. M. Guzik

Najwyraźniej daje się zauważyć zmianę zachowań u licznych gatunków zwierząt, które w procesie synurbizacji dostosowały się do życia w specyficznych miejskich warunkach. Zwierzęta te przyzwyczajają się do obecności człowieka. Maleje ich nieufność wobec ludzi, co objawia się malejącym dystansem ucieczki. W miastach mogą łatwiej znaleźć pokarm, schronienie a często i miejsca do rozrodu. Wśród ptaków bardzo pomysłowymi w budowaniu gniazd są jaskółki oknówki. Ptaki te budują gniazda na zewnętrznych ścianach budynków, pod dachami, balkonami i w oknach (ryc. 3), pliszki siwe rok w rok mają gniazdo w otworze wentylacyjnym mojego garażu a gniazdo szpaka zaobserwowałam w rynnie nad moim oknem (ryc. 4). Ostatnio na wielu wysokich blokach gniazdują nawet drapieżne pustulki (ryc. 5)



Ryc. 6. Co mi tam ludzie... Łyska (*Fulica atra*) Park Arkadia, Warszawa, 23 czerwca 2009. Fot. M. Olszowska

Ptaki wodne budują swoje gniazda na oczkach wodnych w parkach, ignorując obecność ludzi odpoczywających w ich sąsiedztwie (ryc. 6) Przyzwyczailiśmy się do obecności zwierząt wśród nas. Na miejskich osiedlach stałymi bywalcami są wróble, sroki, kwiczoły, gawrony, wrony, kawki i kosy. Pliszka siwa latem jest częstym gościem na moim osiedlu. Widuję osobniki tego gatunku siedzące na dachach zaparkowanych samochodów (ryc. 7). Głośne, wibru-

jące piski rozlegające się między wysokimi budynkami, należą do jerzyków, przelatujących z ogromną prędkością. Ptaki te często są mylone z jaskółkami. Kawki, wrony żerują na trawnikach lub przy barach (ryc. 8), przeszukują także kosze na śmieci (ryc. 9).



Ryc. 7. Mnie tu dobrze. Pliszka siwa (*Motacilla alba*), Mragowo, 7 czerwca 2009. Fot. M. Olszowska

Mijamy je w odległości metra, zaś one zdają się nas nie zauważać. Jednak to tylko pozory. Zatrzymanie się lub zmniejszenie tej odległości, czyli zbliżenie się do nich, skutkuje odfrunięciem i wylądowaniem w odległości tym razem dwóch metrów. Siedząc na ławce w parku, możemy spokojnie przyglądać się gołębiom, które chodzą koło naszych stóp. Dopiero nasz gwałtowniejszy ruch spowoduje odsunięcie się ich na większą odległość.



Ryc. 8. Tutaj się można wyżywić, Mragowo, 9 grudnia 2009. Fot. M. Olszowska

Ludzie w błędnym poczuciu troski dokarmiają zwierzęta, głównie ptaki. Gatunki miejskiego ptactwa w różnym stopniu zmieniły dystans ucieczki wobec ludzi. Regularnie dokarmiane gołębie zmniejszyły go do zera a kawki będąc w tej samej sytuacji, zachowały więk-



Ryc. 9. Pewne źródło pożywienia. Wrona siwa (*Corvus cornix*), Budapeszt, 31 sierpnia 2009. Fot. M. Guzik

szy niż gołębie dystans ucieczki (ryc. 10). Podobny, jak u kawek niewielki dystans, zachowały miejskie kaczki krzyżówki, mewy i łyski (ryc. 11). Mewy srebrzyste są

częstymi pasażerami na bałtyckich promach, ponieważ karmione przez turystów, podróżujących z nimi (ryc. 12). W czasie mazurskich żeglarskich rejsów wiele razy widziałam łabędzie karmione przez żeglarzy. Ptaki tak przywykły do tego, że potem wręcz domagały się karmienia. Podpływały do jachtów, trzepotały rozłożonymi skrzydłami albo uderzały nimi o wodę i groźnie syczały. Gdy nie otrzymały pożywienia, odpływały z młodymi do innego jachtu, powtarzając swój manewr.



Ryc. 10. Kawki mają większy dystans ucieczki niż gołębie, Mrągowo, 31 grudnia 2009. Fot. M. Olszowska

Jest w naszych miastach także grupa zwierząt synantropijnych, która z powodu ciągłego przebywania w pobliżu ludzi, sukcesywnie zmniejsza dystans ucieczki, zwiększając swoje zaufanie do człowieka. Powszechnie znanym przykładem mogą być wiewiórki w parkach, które biorą pokarm z rąk ludzi. Na jednym z targowych straganów często widzę siedzącą na główce kapusty sikorę bogatkę, która dokarmiana przez właścicielkę straganu, toleruje kupujących klientów (ryc. 13).

Człowiek dla swoich potrzeb przekształca coraz



Ryc. 11. Ptaki „miejskie”, Mrągowo, 9 grudnia 2009. Fot. M. Olszowska

większe obszary naturalnych krajobrazów, generując problem synantropizacji dzikich zwierząt. A dzikie zwierzęta mają swoje sposoby na samodzielne życie w antropogenicznych środowiskach i potrafią z nich korzystać niezależnie od woli człowieka a bywa, że wbrew jego woli. Pojawia się konflikt interesów. Gatunki synantropijne i człowiek ponoszą określone konsekwencje wynikające z zajmowania tych samych siedlisk.

Popatrzmy na niektóre skutki synantropizacji.

Obecnie człowiek na szeroką skalę inwestuje

w budowę dróg. Przy drogach z czasem wybudowane zostają parkingi a na nich pojawiają się zwierzęta zwa-



Ryc. 12. Pasażer na gapę. Młoda mew srebrzysta (*Larus argentatus*) na promie, 25 września 2006. Fot. M. Guzik

bione, możliwością łatwego zdobycia pokarmu. Zwierzętom „miejskim” jeszcze łatwiej znaleźć pokarm w licznych śmietnikach czy na wysypiskach śmieci. Wiele zwierząt „miejskich” głównie ptaków jest dokarmianych przez człowieka. W czasie długiej zimy to jedna z form ochrony ptaków (ryc. 14, 15). Jednak karmione latem wędrowne ptaki wodne, jesienią niekiedy nie zdążą w porę odlecieć i zimą wiele z nich zginie z głodu i wyczerpania. Dokarmianie często powoduje u zwierząt zanik naturalnych odruchów samodzielnego poszukiwania



Ryc. 13. Sikora bogatka (*Parus major*) na targowym straganie, Mrągowo, 7 października 2008. Fot. M. Olszowska

pokarmu. Przyczynia się do rozregulowania procesów naturalnej selekcji, pozwala na przeżycie osobnikom słabym, kalekim i chorym. Piękne łabędzie, ozdoba naszych wód, tak przywykły do dokarmiania, że pozostają z nami na zimę. Nawet niektóre pary zamiast jednego lęgu w roku, wyprowadzają dwa. Ten drugi zazwyczaj późnym latem. Gdyby nie pomoc ludzi, młode z pewnością zginęłyby wskutek trudnych warunków zimowych.

Człowiek również ponosi skutki życia zwierząt w swoim towarzystwie. Do naszych domostw wbrew naszej woli wprowadzają się gatunki, które budzą w nas wręcz odrazę. Karaluchy wschodnie, muchy domowe, mrówki faraona, szczury wędrowne czy myszy domowe są częstymi, choć niepożądanymi towarzyszami człowieka. Zwalczamy takich nieproszonych gości w różny sposób i z różnym skutkiem.

Ptaki miejskie to komensale, zjadają resztki pożywienia wyrzucane przez człowieka. Ale nie

cieszymy się, że „sprzątają” w ten sposób nasze miasta. Niestety swoimi odchodami zanieczyszczają chodniki, zaś te gromadnie przesiadujące na drzewach i dachach domów, zanieczyszczają samochody, ubrania przechodniów, balkony mieszkań. Niszczą elewacje budynków mieszkalnych i zabytkowych, które czło-



Ryc. 14. Sikora modra (*Parus caeruleus*) podjada niesoloną słoninę, Mrągowo, 24 grudnia 2009. Fot. M. Olszowska

wiek z tego powodu ciągle musi odnawiać. Trudno nie wspomnieć o ich hałaśliwym zachowaniu.

Obecność zwierząt w pobliżu człowieka ma jeszcze inne negatywne skutki. Kawki grzeją się zimą na kominach domów i bywa, że zatrute spalinami wpadają w nie, stwarzając niebezpieczeństwo nieprawidłowej wentylacji mieszkań i ryzyko zakażenia się ludzi. Ptaki miejskie zjadając owoce roślin, przyczynią się wprawdzie do ich rozsiewania, bo trawiąc owocnię, wydalą nasiona z kałem w innym miejscu.



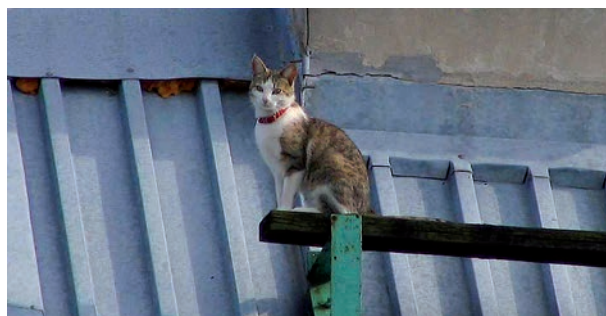
Ryc. 15. Kowalik zwyczajny (*Sitta europaea*) w zimowej jadalni, Mrągowo, 9 stycznia 2010. Fot. M. Olszowska

Część z tych nasion niestety wykiełkuje na dachach, w rynnach i zakamarkach budynków, co może spowodować ich dewastację i zawilgocenie tynków. Należy również mieć na uwadze i to, że resztki pokarmów stają się łatwo dostępną bazą pokarmową dla gryzoni, co prowadzi do ich nadmiernego rozmnożenia. A to już duży problem dla człowieka. Pojawia się ryzyko wybuchu epidemii chorób odzwierzęcych i zmusza służby sanitarne do akcji deratyzacji.

Osobnym, ale bardzo ważnym problemem, który tylko zasygnalizuję, są zwierzęta hodowane przez nas w domach. Zwierzęta te są na swój sposób synantropijne. Wielu ludzi dla osobistej przyjemności

i towarzystwa, hoduje zwierzęta, nierzadko kochając jak własne potomstwo. Znane nam psy, koty, papugi, chomiki, świnki morskie i inne korzystają z faktu, że dzielą z nami mieszkania. Zwierzę domowe jest zwykle uważane za członka rodziny i bardzo dobrze traktowane przez domowników (ryc. 16). Nie może dziwić, że zwierzęta chętnie garną się do ludzi. Ciekawym jest fakt, że człowiek z własnej potrzeby przygarnął psa, ale kot przyszedł do człowieka sam.

Jednak obok wrażeń estetycznych, bliskość zwierząt domowych bywa niebezpieczna dla człowieka. Niektóre z nich przenoszą groźne choroby. Toksokaroza to dość częste wśród dzieci zakażenie glistami psimi i kocimi. Larwy tych glist mogą dotrzeć do różnych narządów, czyniąc tam ogromne szkody. Koty przenoszą toksoplazmozę, szczególnie niebezpieczną dla kobiet w ciąży, ponieważ dochodzi do zakażenia płodu a w konsekwencji do zaburzeń w jego rozwoju. Sierść psów czy kotów jest silnym alergenem.



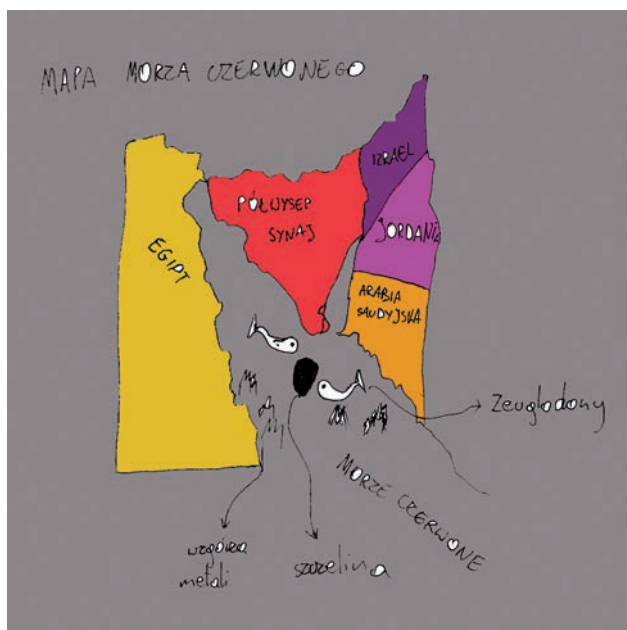
Ryc. 16. Kot domowy (*Felis domesticus*) a chodzi swoimi drogami, Mrągowo, 20 maja 2008. Fot. M. Olszowska

Nie wszystkim zwierzętom życie w pobliżu człowieka wychodzi na dobre. Bywa, niestety, że człowiek z różnych powodów porzuca zwierzęta domowe, zwykle pozbawione już zdolności do samodzielnego życia. Bezdolne giną lub trafiają do schronisk. Część wtórnie dziczeje lub przystosowuje się do życia w mieście. Postępowanie takie jest skrajnie nieodpowiedzialne i brutalne, jednak wcale nie takie rzadkie.

Z przytoczonych przykładów widać, że życie obok siebie ludzi i zwierząt jest możliwe, choć nie jest sielankowe. Na człowieku spoczywa odpowiedzialność za zachowanie zwierząt, aby swoją obecnością wyrządzały jak najmniej szkód. Ale nie krzywdźmy bezmyślnie żadnego z nich. Pomagajmy zwierzętom, kiedy jest to uzasadnione. Zmieniając naturalny krajobraz, człowiek powinien starać się jak najmniej ingerować w naturalne rytmy biologiczne dzikich zwierząt. Każdy gatunek ma prawo do życia i każdy ma swoje miejsce w troficznym łańcuchu. To my, ludzie, mamy o tym pamiętać.

„JAK POWSTAŁO MORZE CZERWONE I CO SIĘ Z NIM PÓŹNIEJ DZIAŁO”

Dawno, dawno temu jeszcze za życia Uranosa, kiedy kontynenty pozostawały złączone, a oceany i morza stanowiły wielką całość, żyła bogini Thetis, inaczej zwana Tetydą. Jej mężem był Okeanos, władca wszystkich wód. W 50 rocznicę ślubu Tetyda dostała od męża wielki i błękitny prezent. Fragment Wszechoceanu, odtąd zwany Morzem Tetydy. Nie była to jedynie woda. Pluskały się tam gigantyczne wieloryby. Tetyda od dawna kochała te zwierzęta, a teraz dostała je tylko dla siebie.



Niektóre z nich były większe. Ich rasa nazywała się Zeuglodony, a te mniejsze to były Dorudony. Wieloryby pływały wszędzie, gdzie chciały. Miały nieograniczoną swobodę.

Ziemia była wtedy płaska jak deska. Z jej krawędzi spływał wodospad, którego wody po pewnym czasie przemieniały się w ogień. Ten ogniospad kończył się w Tartarze, a kto wpadł z krawędzi w jego kipiel, ginął w ogromnych mękach.

Niektórzy ulubieńcy Tetydy, ku jej rozpacz, też tam ginęli. Tetyda nie wiedziała, co począć, aż pewnego dnia postanowiła poprosić męża o pomoc. Wszystko już przemysłała. Okeanos miał zagonić zwierzęta pomiędzy Laurazję i Gondwanę, tam gdzie łączyły się w jeden ląd. Kiedy już wszystkie wieloryby znalazły się w jednym miejscu, Tetyda poszła do swojej matki Gai i poprosiła ją, żeby oddzieliła ten skrawek jej morza od pozostałych wód. Gaja się zgodziła i wypiętrzyła dno morskie w kształt trójkąta. Tak powstał

półwysep Synaj i Morze Czerwone. Niebawem jego wody zupełnie oddzieliły się od Oceanu Indyjskiego.

Wiele lat później panował nad światem Dzeus. Jego syn Hefajstos był kowalem bogów. Miał on swoją kuźnię w Olimpie, ale nie miał tam zbyt dużo miejsca. Zużyte surowce odbierał od niego Helios, bóg Słońca, a ponieważ codziennie najwcześniej przelatował nad Morzem Czerwonym, wyrzucał do niego wszystkie odpady z kuźni Hefajstosa. Pod wodą tworzyły się wzgórza żelaza, magnezu,



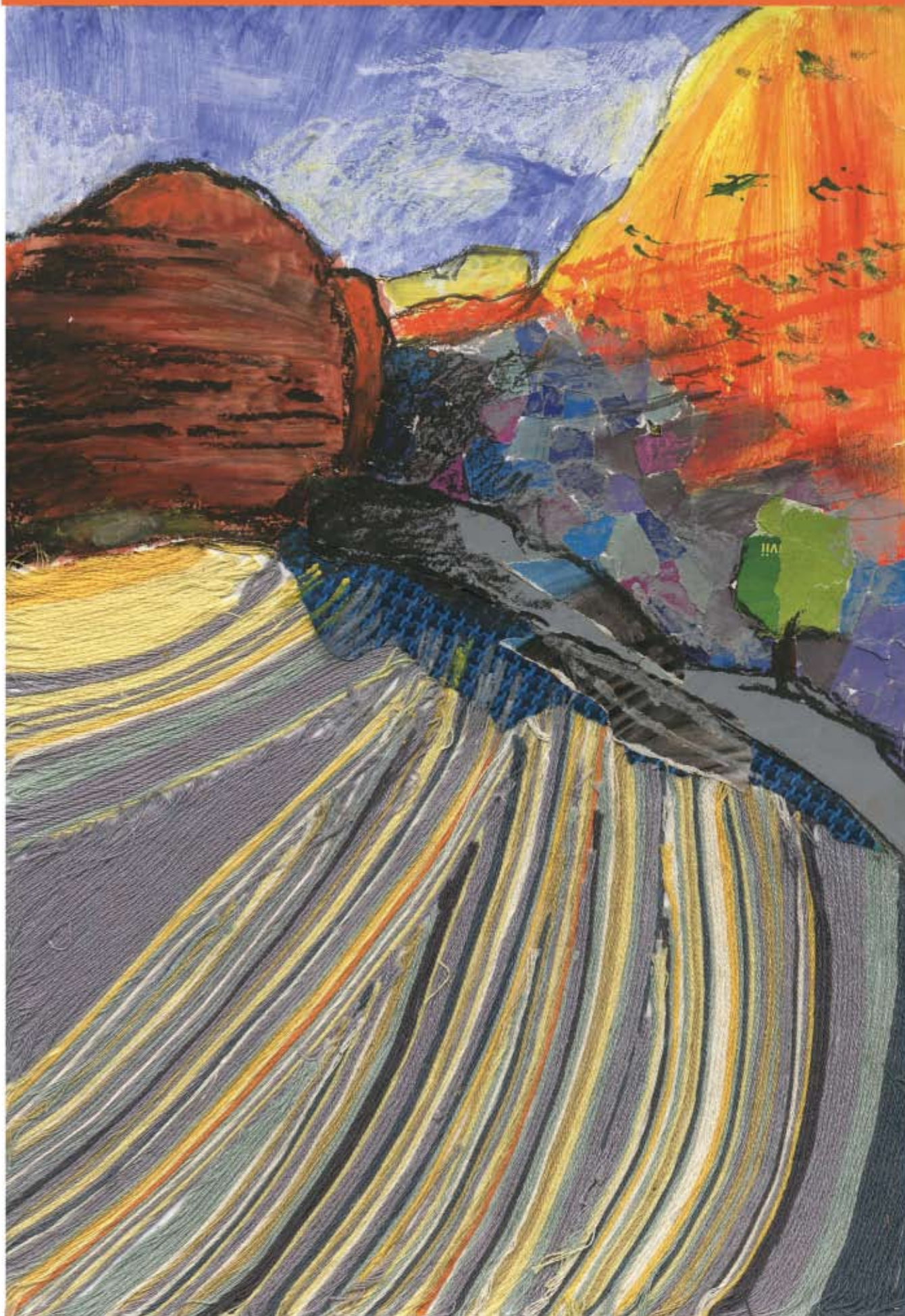
cynku i srebra i kiedy coraz więcej tego żelastwa napierało na dno, doszło do katastrofy. Dno pękło. Powstała w nim głęboka szczelina i poziom morza nagle obniżył się o kilkaset metrów. Zdumionym bogom ukazał się dawno zapomniany gigantyczny wieloryb zamknięty w płytkiej pułapce. Szybko zaczęli rozpychać i rozciągać brzegi Morza Czerwonego, żeby się znowu połączyło z Oceanem Indyjskim i żeby znowu się wypełniło po brzegi wodą.

Bogowie tak się przyłożyli do swojej pracy, że brzegi Morza Czerwonego odsuwają się od siebie do dziś z prędkością 1–2 cm na rok.

Jasiek Sznajd, lat 13,5. Uczeń I klasy, Społeczne Gimnazjum nr 7, im. Juliusza Słowackiego w Krakowie

Sprostowanie

W tomie 110, nr 7-9 *Wszechświata*, w artykule Romana Karczmarczuka **Burak, nie tylko cukrowy**, nazwano burakiem zwyczajnym barszcz zwyczajny (*Heracleum sphondylium* L.) (str. 42, I. szpalta, w. 10-11). Jest to ważne sprostowanie, bo w średniowieczu sporządzano polewkę właśnie z barszczu zwyczajnego, a burak dotarł do nas dopiero w XVI wieku. Redakcja przeprosza za pomyłkę.



Geologiczny pejzaż. Paulina Giser, Szkoła Podstawowa w Stadnickiej Woli.

OGÓLNOPOLSKI KONKURS GEOLOGICZNO-ŚRODOWISKOWY NASZA ZIEMIA – ŚRODOWISKO PRZYRODNICZE W CZERWCU, DZIŚ I JUTRO