WSZECHŚWIAT

PISMO PRZYRODNICZE

Tom 119 Nr 4–6 Kwiecień – Maj – Czerwiec 2018



Nawigacja przestrzenna szczurów

Zwierzęce modele schizofrenii

Jezioro Mývatn na Islandii

Geologiczne niezwykłości Azerbejdżanu

Relacje immunologiczno-nerwowo-hormonalne u człowieka

Pustynia Atakama w Chile

Ignacy Domeyko

ISSN 0043-9592



Koryto rzeki San Pedro. W oddali wzgórze na którym znajduje się Pucara de Quitor, Pustynia Atakama, Chile (fot.L.Kucharski).

WSZECHŚWIAT

Z POLSKIMI PRZYRODNIKAMI OD 3 KWIETNIA 1882

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

Wszechświat jest pismem punktowanym w Index Copernicus International.

Treść zeszytu 4–6 (2652–2654)

ARTYKUŁY

Magdalena Mlostek, Nawigacja w przestrzeni – od komórki do mentalnej mapy 87
Paulina Cieślik, Joanna M. Wierońska, Zwierzęce modele schizofrenii 93
Maria Grzybkowska, Leszek Kucharski, Wulkaniczne jezioro ochotek (Lake Mývatn) w kraju ognia i lodu (Islandia) 100
Joanna Kidawa, Tadeusz Molenda, Paweł Nejfeld, Atrakcje geoturystyczne północno-wschodniego Azerbejdżanu 104
Joanna Ewa Sowa, Krzysztof Tokarski, W zdrowym ciele zdrowy mózg. Relacje pomiędzy układem odpornościowym, nerwowym i hormonalnym 110

DROBIAZGI

Pełzacz leśny buduje gniazdo, (Maria Olszowska) 120
Ciekawsze gatunki owadów z okolic Dębicy na Podkarpaciu, (Andrzej Trzeciak) 121
Rzadko spotykana forma barwna grzebiuszki ziemnej *Pelobates Fuscus* (Laurenti, 1768), (Piotr Kazimirski, Angelika Sommer) .. 124

WSZECHŚWIAT SPRZED WIEKU

Piaski lotne jako czynnik gieologiczny, O gejzerach, Sprężyki czyli elaterydy świecące, (oprac. Maria Śmiałowska) 126

WSPOMNIENIA Z PODRÓŻY

Leszek Kucharski, Marsjańskie krajobrazy Pustyni Atakama 135

OBRAZKI

Maria Olszowska, Malownicze mazurskie wzgórza 140

SYLWETKI WIELKICH POLSKICH UCZONYCH

Maria Śmiałowska, Malwina Kosek, Ignacy Domeyko 1802–1889 144

KRONIKA

Festiwal nauki i sztuki 2018 w Krakowie 147

Fotografia na okładce:

Roślinność Atakamy. Żyjąca pustynia. Na pierwszym planie kwitnące czerwono *Bomarea ovallei.* Fot. L. Kucharski.

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 z bieżącego roku oraz zeszytów z dwóch ubiegłych lat wynosi 12 zł. Ceny numerów archiwalnych z wcześniejszych lat od 1 zł do 5 zł.
Redakcja nie dysponuje zeszytem nr 7–9, tom 104, zawierającym płytkę CD z głosami ptaków.
Proponujemy również dokonanie prenumeraty Pisma Przyrodniczego ***Wszechświat***, poprzez wpłatę 48 zł rocznie. W sprawach prenumeraty i zakupu wybranych numerów prosimy o kontakt z P. Aleksandrem Koralem,
e-mail: biuro@ptpk.org, tel. 661 482 408.

Polskie Towarzystwo Przyrodników im. Kopernika
Redakcja Pisma Przyrodniczego ***Wszechświat***
31-118 Kraków, ul. Podwale 1
Bank Zachodni WBK, XXII Oddział Kraków
nr konta 81 1500 1142 1220 6033 9745 0000

Ten numer ***Wszechświata*** powstał dzięki finansowej pomocy:

- Akademii Górniczo-Hutniczej
- Polskiej Akademii Umiejętności
- Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego

Rada Redakcyjna
Przewodniczący: Irena Nalepa
Z-cy Przewodniczącej: Ryszard Tadeusiewicz, Jerzy Vetulani
Sekretarz Rady: Stanisław Knutelski
Członkowie: Wincenty Kilarski, Michał Kozakiewicz, Elżbieta Pyza, Marek Sanak, January Weiner, Bronisław W. Wołoszyn

Komitet redakcyjny
Redaktor Naczelny: Maria Śmiałowska
Z-ca Redaktora Naczelnego: Barbara Płytycz
Sekretarz Redakcji: Alicja Firlejczyk
Członek Redakcji: Barbara Morawska-Nowak

Adres Redakcji
Redakcja Pisma Przyrodniczego *Wszechświat*
31-118 Kraków, ul. Podwale 1 m. 2, tel. 661 482 408
e-mail: wszechswiat.smialo@onet.pl,
www.wszechswiat.ptpk.org

Wydawca
Polskie Towarzystwo Przyrodników im. Kopernika, Kraków, ul. Podwale 1 m.2

Projekt i skład
Artur Brożonowicz, frontart@frontart.eu

Druk
Drukarnia Printgraph, tel. 14 663 07 50, www.printgraph.pl

Nakład 700 egz.

WSZECHŚWIAT

PISMO POLSKIEGO TOWARZYSTWA PRZYRODNIKÓW IM. KOPERNIKA
WYDAWANE PRZY WSPÓŁUDZIALE: AKADEMII GÓRNICZO-HUTNICZEJ,
MINISTERSTWA NAUKI I SZKOLNICTWA WYŻSZEGO, POLSKIEJ AKADEMII UMIEJĘTNOŚCI

TOM 119
ROK 136

KWIECIEŃ – MAJ – CZERWIEC 2018

ZESZYT 4–6
2652–2654

NAWIGACJA W PRZESTRZENI – OD KOMÓRKI DO MENTALNEJ MAPY

Magdalena Mlostek (Kraków)

Streszczenie

Hipokamp, struktura mózgowia ssaków jest zlokalizowana w płacie skroniowym i odpowiada za długotrwałą pamięć oraz nawigację przestrzenną. Komórki miejsca, czyli neurony zlokalizowane w hipokampie, tworzą poznawczą mapę środowiska. Komórki te stanowią podstawowy element systemu nawigacyjnego, jednak nie działają same, ponieważ pobierają informacje z pozostałych komórek hipokampa (komórki czasu) oraz z kory śródwęchowej (komórki siatki, granicy, kierunku głowy, szybkości), tworząc spójną mapę środowiska. Interakcje pomiędzy tymi komórkami są kluczowe dla stworzenia takiej reprezentacji, wykorzystywanej do późniejszej orientacji w przestrzeni. Nawigacja oparta na punktach orientacyjnych bazuje na informacjach zmysłowych (wzrok, węch, dotyk, słuch). Tak tworzona jest mapa allocentryczna, która stanowi ogólną wiedzę na temat przestrzennego układu obiektów. Drugim mechanizmem jest nawigacja oparta na integracji ścieżek. Użyteczne informacje pobierane są z mięśni oraz z błędnika, w ten sposób powstaje ciąg epizodycznych wydarzeń, w których uczestniczymy podczas podróży do celu.

Abstract

Hippocampus, a structure of mammalian brain is located in the temporal lobe. It is responsible for the long-term memory and spatial navigation. Hippocampal place cells form the cognitive map of environment. Place cells are the basic elements of the navigation system, but they do not function alone. They retrieve information from other hippocampus cells (time cells) and from entorhinal cortex (grid, head direction, border and speed cells) to form a coherent map of environment. Interactions between these cells are crucial for creating representations that are later used for orientation in space. Navigation based on landmarks relies on sensory information (sight, smell, touch, hearing) that creates an allocentric map, which is general knowledge about the spatial arrangement of objects. The second mechanism is called paths integration. Useful information are derived from muscles and the bony labyrinth. In this way created is a series of episodic events in which we participate during locomotion.

Nawigacja przestrzenna jest niezmiernie ważnym aspektem życia, umożliwia prawidłowe funkcjonowanie oraz poruszanie się w środowisku. Niewątpliwie najważniejszą strukturą umożliwiającą proces powstawania pamięci przestrzennej jest hipokamp. To on otrzymuje informacje z otoczenia i z wnętrza organizmu, nadając im kontekst emocjonalny oraz motywacyjny. Zdolność komórek hipokampa do neuroplastyczności w procesie uczenia się jest bardzo ważna również podczas nawigacji w przestrzeni [4]. Zmiany plastyczne hipokampa umożliwiają odbieranie przestrzennych i nieprzestrzennych sygnałów oraz zakodowanie ich (zapamiętanie) jako reprezentacje otoczenia z możliwością późniejszego odtworzenia (przypomnienia). System umożliwiający nawigację przestrzenną jest skomplikowanym tworem, łączącym wiele komórek o różnych funkcjach. Wzrost zainteresowania tematem percepcji przestrzeni zaowocował w 2014 roku przyznaniem nagrody Nobla trzem naukowcom. Byli to John O'Keefe, za odkrycie komórek miejsca oraz małżeństwo Edvard Moser i May-Britt Moser, za odkrycie komórek siatki [1]. Jednak model struktur zaangażowanych w nawigację przestrzenną jest znacznie szerszy. W pierwszej części artykułu omówię rodzaje komórek związanych z nawigacją przestrzenną, następnie przejdę do mechanizmów wykorzystywanych w tym procesie.

Komórki:

Komórki miejsca (*ang. place cells*). Badania eksperymentalne dotyczące reprezentacji otoczenia tworzonej w mózgu rozpoczęły się wraz odkryciem komórek miejsca. W 1971 roku O'Keefe i Dostrovsky rozpoczęli serie eksperymentów, podczas których rejestrowali aktywność pojedynczych neuronów hipokampa w czasie, gdy szczur poruszał się swobodnie. Okazało się, że część tych komórek aktywna jest wtedy, gdy szczur znajdował się w konkretnym miejscu, po czym gdy szczur opuścił to miejsce, aktywacja neuronów gasła. Naukowcy doszli do wniosku, że aktywność tego rodzaju komórek skorelowana jest z konkretnym miejscem przebywania badanego szczura, stąd nazwa komórek za to odpowiedzialnych – komórki miejsca. Sąsiadujące ze sobą komórki miejsca, aktywowane w tej samej pozycji szczura nazwano polem miejsca *(ang. place field)* [11]. Rekonstrukcja danego środowiska składa się więc z wielu pól miejsca przypisanych do danego obszaru środowiska i w ten sposób powstaje mentalna mapa otoczenia [8]. W 1978 roku postawiono tezę, że komórki miejsca stanowią podstawowy element budulcowy reprezentacji środowiska (mapy), a główną ich funkcją jest możliwość ciągłej aktualizacji mapy na podstawie informacji z otocznia oraz z innych komórek [10].

Komórki siatki (*ang. grid cells*). Późniejsze badania dowiodły, że nie tylko hipokamp zaangażowany jest w procesy związane z pamięcią przestrzenną. W korze śródwęchowej, strukturze znajdującej się w sąsiedztwie hipokampa, znaleziono komórki, które nazwano komórkami siatki. W przeciwieństwie do komórek miejsca, jedna komórka siatki aktywowana była kilka razy w danym środowisku. Powstała w ten sposób siatka nadaje metryczne wrażenie do powstałej w hipokampie reprezentacji przestrzeni – to tak jakby na mapę powstałą w hipokampie naniesiono skalę [5]. Komórki te, w przeciwieństwie do komórek miejsca, nie są przypisane jednemu środowisku. Charakteryzuje je uniwersalność – są w stanie zmieniać wzorce swojej aktywności (proces kodowania), gdy bodźce docierające ze środowiska uległy zmianie. Wzory aktywności mogą różnić się między sobą parametrami, co daje możliwość kodowania różnych środowisk w odmienny sposób [10].

Komórki kierunku głowy (*ang. head direction cells*). W korze śródwęchowej odkryto również komórki, które aktywowane były, gdy głowa szczura odwróciła się i wskazała pewien kierunek. Kierunek ten jest określany jako preferencyjny. Komórki te nie działają jak kompas, ponieważ nie są wrażliwe na działanie pola magnetycznego, ale wskazują specyfikę położenia głowy. Pobierają one informacje z układu przedsionkowego, reagując na obroty głowy i jest to główny bodziec niezbędny dla wygenerowania sygnału. Natomiast informacje z wizualnych punktów orientacyjnych oraz z układu ruchowego są istotne dla aktualizacji sygnału. Różne komórki są w stanie reprezentować różne kierunki (w sumie 360° wokół zwierzęcia), a poprzez ich największą aktywność, gdy głowa zwierzęcia wskaże kierunek preferowany, pozwalają na kodowanie informacji, w którym kierunku znajdowała się głowa podczas odbioru bodźca [12].

Komórki granicy (*ang. border cells*). Odkryto wiele komórek aktywowanych, gdy zwierzę zbliżało się do wystającego elementu środowiska – które nazwano komórkami granicy. Znajdują się one w hipokampie, w korze śródwęchowej oraz w podporze hipokampa. Ściśle współpracują z komórkami miejsca w hipokampie, nadając rekonstrukcji środowiska skończony wymiar – granicę. Na ich aktywność wpływają bodźce czuciowe i wzrokowe. Badania dowiodły, że to właśnie komórki granicy jako pierwsze uczestniczą w tworzeniu pól miejsca w hipokampie zanim zostaną aktywne komórki siatki, dlatego też uważane są za pierwszy czynnik wpływający na aktywność komórek miejsca w hipokampie, dając

możliwość nawigacji przestrzennej na wczesnym etapie życia osobnika [2].

Komórki czasu (*ang. time cells*). Oprócz komórek miejsca w hipokampie znajdują się również komórki czasu. Co więcej, jest to ta sama populacja aktywowanych neuronów, które w podobny sposób kodują informacje, tak więc komórki hipokampa mogą kodować informacje o przestrzeni i czasie lub obie naraz. Komórki te kodują - umiejscawiają dane wydarzenie w czasie – czyli pomiędzy dwoma innymi wydarzeniami, dając możliwość chronologicznego odtworzenia wydarzeń [7].

Komórki prędkości (*ang. speed cells*). Najnowsze badania nad korą śródwęchową doprowadziły do odkrycia kolejnego rodzaju populacji komórek, tym razem odpowiedzialnych za percepcję prędkości. Komórki te pobierają informacje z receptorów w mięśniach, stawach lub ścięgnach, dlatego też stają się niezależne od czynników wizualnych i możliwa jest percepcja prędkości w ciemności. Prędkość sygnałów pochodzących z komórek prędkości pozwala aktualizować tempo aktywności komórek siatki zgodnie z ruchem osobnika, czyli im szybciej porusza się zwierzę, tym szybciej aktywowane są komórki siatki [9].

System Nawigacyjny

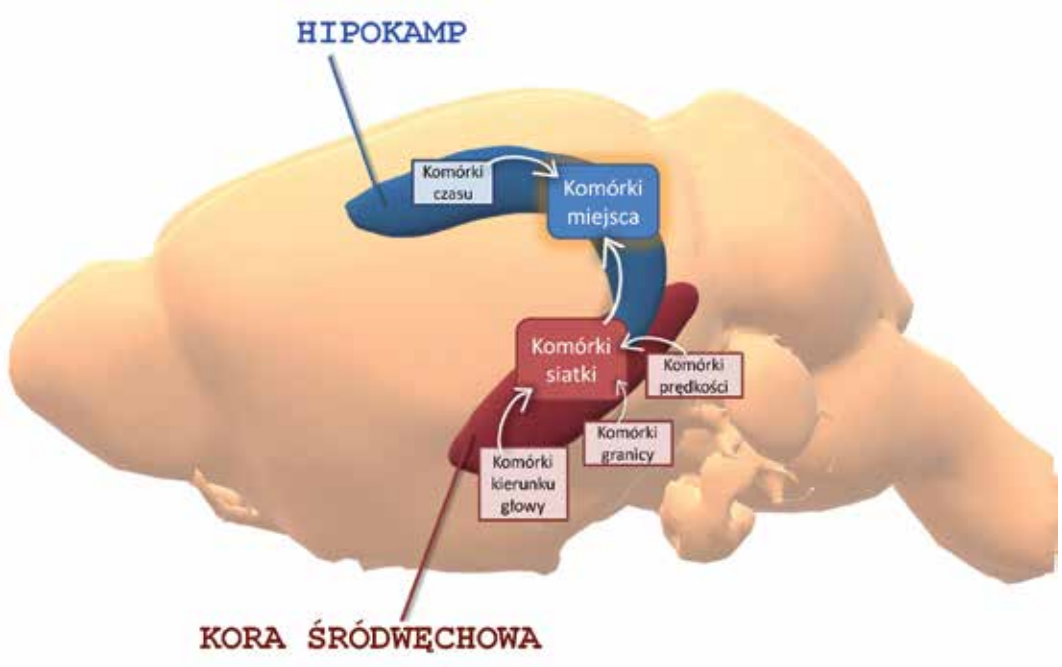
Zrozumienie interakcji pomiędzy tymi komórkami jest kluczowe dla wyjaśnienia, tego w jaki sposób kodowane są informacje o lokalizacji, kierunku, odległości oraz tego, w jaki sposób są łączone. U podstawy funkcjonalnych możliwości do tworzenia mentalnego odzwierciedlenia środowiska leży połączenie hipokampa i kory śródwęchowej, a zatem połączenie wyżej wymienionych komórek znajdujących się w tych strukturach. Istnieje kilka modeli współpracy pomiędzy tymi komórkami. W najprostszej sytuacji na powstania śladu pamięciowego w hipokampie (utworzonego przez komórki miejsca) wpływają bezpośrednio komórki siatki (Ryc. 1). Tak jak wspomniałam wyżej, komórki siatki są uniwersalne, czyli mogą zmieniać swoje wzorce aktywacji odzwierciedlając tym samym zmiany w środowisku. Na wzorce aktywacji komórek siatki wpływają pozostałe komórki kory śródwęchowej – komórki kierunku głowy, granicy, szybkości. Komórki te posiadają zdolność do zmiany wzorca aktywacji komórek siatki pod wpływem informacji które dostają. Następnie zmiany w komórkach siatki (np. przesunięcie fazy, orientacji, lub zwiększenie odstępów pomiędzy aktywowanymi komórkami) są prezentowane do komórek miejsca w hipokampie i dopiero komórki hipokampa tworzą tę właściwą pamięć (pola miejsca), przypisaną do jednego konkretnego miejsca w środowisku. Wiele badań potwierdziło taki model, jednak trzeba mieć na uwadze, że jest on bardzo uproszczony [8]. Część badaczy uważa, że komórki granicy nie tylko wpływają na aktywność komórek siatki, ale również pewna populacja tych komórek bezpośrednio wpływa na aktywację komórek miejsca [2]. Być może pozostałe komórki również posiadają taką zdolność. Niemiej jednak niezaprzeczalnym faktem jest to, że komórki siatki, dzięki ich zdolności do różnorodnej odpowiedzi (przy zmianach w środowisku), umożliwiają powstawanie ogromnej ilości reprezentacji środowiska w hipokampie. Co więcej, połączenie uniwersalnych właściwości komórek siatki z unikalnymi właściwościami komórek miejsca daje możliwość zapamiętywania nowych informacji bez ubytku na już posiadanych reprezentacjach. Z racji tego, że system nawigacyjny zawiera tak wiele składowych oraz obejmuje różne struktury, istnieje ogromna możliwość modyfikacji danych dostarczanych do komórek miejsca. Dlatego już niewielkie zmiany w środowisku wpływają na zmianę aktywności komórek – każde środowisko może być wyrażane jako unikalna kombinacja aktywności poszczególnych komórek, a w konsekwencji może wpłynąć na zapisywanie środowiska przez komórki miejsca [3].

Jeżeli mówimy o pamięci przestrzennej, warto wyjaśnić, czym ona jest. Pamięć z fizjologicznego punktu widzenia jest, w dużym uproszczeniu, wzmocnieniem połączenia pomiędzy neuronami. Poprzez takie wzmocnienie wzorzec aktywacji w danym połączeniu może zostać zakodowany, zapamiętany i przywołany [4]. Z psychologicznego punktu widzenia można powiedzieć, że pamięć przestrzenna należy do pamięci jawnej, inaczej deklaratywnej. Pamięć ta wykazuje dychotomię, ponieważ można ją podzielić na pamięć epizodyczną oraz pamięć semantyczną. Pamięcią semantyczną nazwano ogólną wiedzą o świecie, dotyczącą faktów oraz zjawisk, które zapamiętane zostały bez związku na okoliczności. Przykładem takiej pamięci może być znajomość języka, nazw i obiektów. W przeciwieństwie do tego, pamięć epizodyczna jest bardzo mocno związana z okolicznościami jej powstania, wynikającymi z doświadczenia konkretnego osobnika w konkretnym wydarzeniu. Pamięć epizodyczna jest zbiorem sekwencji zdarzeń, którym towarzyszy kontekst przestrzenny i czasowy [6].

Poruszając się w obrębie dwóch składowych pamięci przestrzennej, nie trudno domyśleć się, że powinny istnieć różne mechanizmy kodowania informacji. Orientacja przestrzenna opiera się na dwóch powiązanych ze sobą mechanizmach tworzenia reprezentacji środowiska (Ryc. 2). Nawigacja oparta na

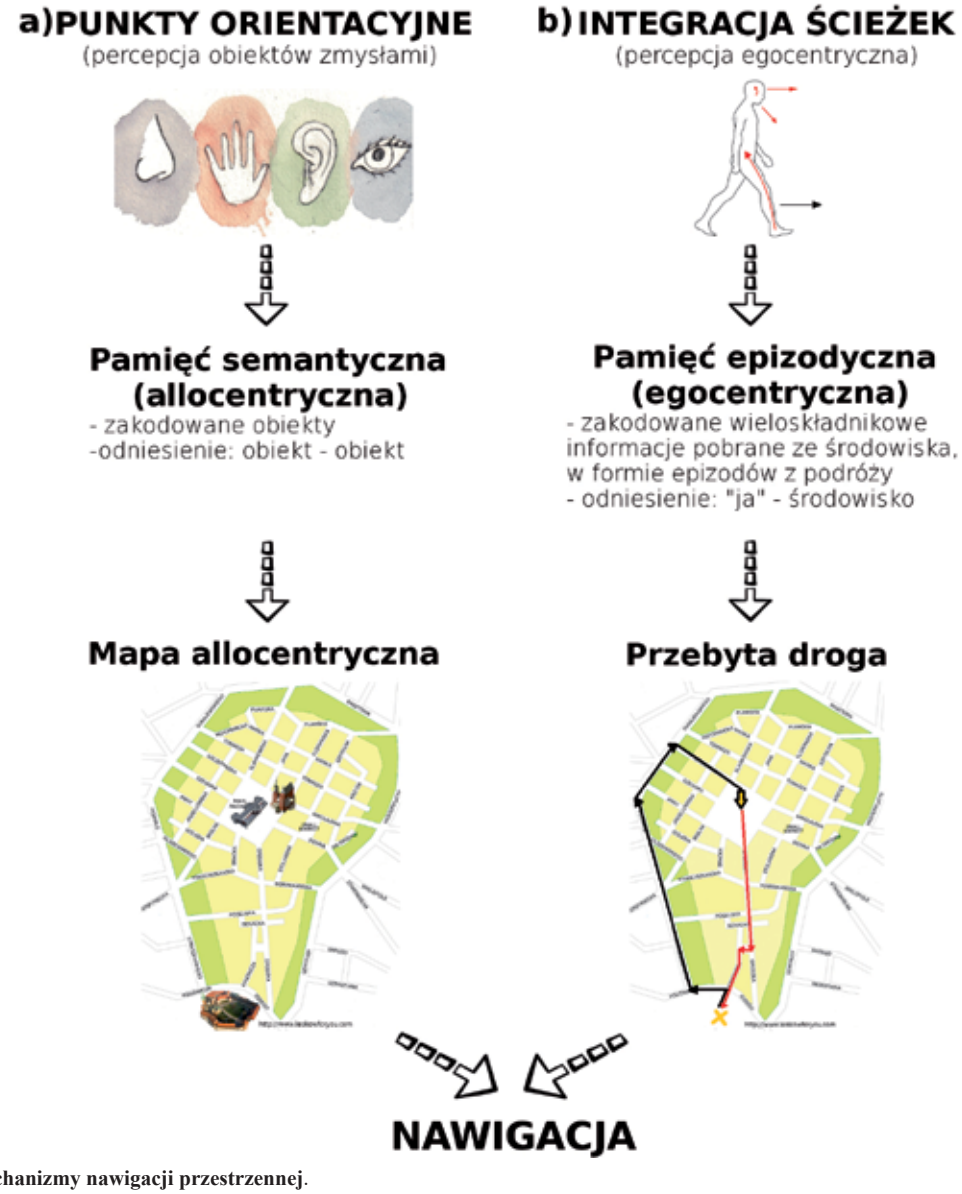
punktach orientacyjnych *(ang. landmark navigation*) czasami nazywana jest nawigacją opartą na mapie. Występuje, gdy pobierane są informacje z otoczenia o położeniu jednego obiektu w stosunku do drugiego. Relacje przestrzenne pomiędzy punktami orientacyjnymi (obiektami) pomagają w zdefiniowaniu własnej lokalizacji w środowisku. Użyteczne informacje pozyskiwane są na drodze czuciowej, za pomocą zmysłów takich jak węch, wzrok oraz słuch. Sygnały te traktowane są jako allocentryczne (obiekt względem drugiego obiektu). Drugi rodzaj nawigacji to nawigacja polegająca na integracji ścieżek *(ang. path integration).* Wymaga przemieszczania się podczas eksploracji środowiska. Sygnały używane do tej nawigacji nazywane są egocentrycznymi („ja" względem obiektów), a zalicza się do nich motoryczno – sensoryczne informacje z proprioreceptorów (mięśnie) oraz z drogi przedsionkowej (błędnik). Podczas przemieszczania się pobierane są informacje na temat szybkości, czasu drogi, kierunku głowy i początkowej pozycji. Następnie dochodzi do wewnętrznych oszacowań i możliwe jest zaplanowanie lub skrócenie drogi. Pamięcią przypisaną do nawigacji opartej na punktach orientacyjnych jest pamięć semantyczna, która definiuje obiekty w środowisku niezależnie od czasu i kontekstu. Można to porównać do ogólnej wiedzy na temat przestrzennego układu miasta. Powstała w ten sposób reprezentacja nazywana jest allocentryczną mapą. Pamięć epizodyczna ściśle związana jest z nawigacją polegającą na integracji ścieżek, często nazywaną również egocentryczną, ponieważ wszystkie informacje pobierane są w odniesieniu do osoby/zwierzęcia poruszającego się w środowisku. Dostarcza ona fragmentarycznych epizodów, czyli wydarzeń z całym ogromem kontekstowych informacji (dystans, położenie ciała, kierunek, szybkość, ilość skrętów itp.). W ten sposób powstaje ciąg wielu epizodycznych wydarzeń, który w całości stanowi przebytą drogę [3].

Oba modele uzupełniają się wzajemnie, gdy zwierzę pozbawione informacji z jednego źródła musi polegać na drugim. Warto też zauważyć, że integracja ścieżek jest procesem stałym (o ile połączone jest z lokomocją), przez który organizm nieustannie monitoruje swoją pozycję, a nawigacja oparta na punktach orientacyjnych jest procesem nieciągłym, występującym gdy dostępne są bodźce zewnętrzne. Modele te wydają się dobrze wpasowywać w funkcjonowanie poznanych neuroanatomicznych struktur mózgowia, które biorą udział w nawigacji przestrzennej. [8] Różne komórki pobierają informacje na różny sposób. Komórki miejsca i granicy są komórkami, które przeważnie bazują na percepcji allocentrycznej. Pobierają one informacje czuciowe (wzrok, węch, słuch) ze świata zewnętrznego i kodują za pomocą pamięci semantycznej – bezkontekstowej



Ryc. 1. **Uproszczony model struktur zaangażowanych w nawigację przestrzenną**.
Na schemacie przedstawiono hipotetyczny schemat współpracy komórek hipokampa wraz z komórkami kory śródwęchowej podczas tworzenia mentalnej mapy środowiska. Na czerwono przedstawiono korę śródwęchową, w której znajdują się neurony (komórki siatki), które pobierają sygnały od pozostałych komórek tej struktury. Następnie informacja przekazywana jest do komórek miejsca w hipokampie (niebieski kolor). Tworzona jest w ten sposób mapa. Dodatkowo na pracę komórek miejsca wpływają hipokampalne komórki czasu. Rycina wykonana przez autorkę.

(obiekt a drugi obiekt). Komórki kierunku głowy oraz komórki szybkości głównie bazują na sygnałach egocentrycznych, uniezależniając się tym od wizualnych informacji. Pobierają informacje z proprioreceptorów oraz układu przedsionkowego tworząc pamięć epizodyczną („ja" a dane wydarzenie/miejsce). Jednak nie można powiedzieć, że konkretne komórki bazują na konkretnej strategii pobierania informacji. Dysonans widoczny jest na przykładzie wielu komórek. Komórki kierunku głowy pobierają informacje z proprioreceptorów i błędnika, a więc typowo egocentryczne, ale dodatkowo pobierają również informacje allocentryczne z układu wzrokowego. Układ ten jest niesamowicie skomplikowany i wymaga ciągłych badań dla wyjaśnienia wielu niewiadomych [3].



Ryc. 2. **Mechanizmy nawigacji przestrzennej**.
a) Nawigacja oparta na punktach orientacyjnych: za pomocą zmysłów kodowane jest położenie obiektów względem siebie nawzajem. W ten sposób tworzona jest pamięć semantyczna jako reprezentacja środowiska (mapa allocentryczna) wraz z umieszczonymi obiektami w zarejestrowanych wcześniej relacjach.
b) Nawigacja oparta na integracji ścieżek: użyteczne informacje pobierane z wnętrza ciała (błędnik, mięśnie). Tworzona jest w ten sposób pamięć epizodyczna, stanowiąca „mentalną podróż" w czasie i przestrzeni. Dzięki takiemu mechanizmowi może dojść do zespolenia epizodów aby stworzyły jedną podróż oraz wewnętrznych oszacowań skutkujących zmianą trasy (przykładowo skrócenie trasy – czerwona ścieżka). Rycina wykonana przez autorkę.

Odkrycia te w sposób znaczący wzbogaciły wiedzę na temat tego, w jaki sposób pobierane są informacje podczas kodowania środowiska. Niemalże wszystkie badania przeprowadzono na gryzoniach. Zatem czy można przypuszczać, że u innych ssaków ten system działa podobnie? Oczywiście u ludzi implantacja wolframowych drucików do rejestracji aktywności neuronów jest zbyt niebezpieczna. Jednak niektóre badania z użyciem innych technik, jak i również badania nad pacjentami z uszkodzeniem hipokampa, pozwalają stwierdzić, że jest to ośrodek

odgrywający kluczową rolę w procesie tworzenia pamięci przestrzennej. Techniki z wykorzystaniem wirtualnej rzeczywistości pozwoliły na udowodnienie istnienia zarówno komórek siatki, jak i komórek miejsca w ludzkim mózgu. Pozostałe rodzaje komórek wymagają dalszych badań [5].

Całokształt pracy systemu nawigacyjnego można porównać do prac kartograficznych. Na początku jest pusta kartka, potem zbiera się dane o konkretnych miejscach, odległościach, kierunkach i nanosi się na papier. Podobnie działa mózg. Posiadamy zmysły dzięki którym możemy pobierać informacje poprzez docierające do nas bodźce (wzrok, smak, zapach, dotyk), pobierać informacje z wnętrza organizmu (np. z receptorów obecnych przy mięśniach lub z układu przedsionkowego) i zapisywać wszystko jako reprezentację otoczenia. A więc hipokamp nadaje wymiar czasu oraz przestrzeni, pobiera informacje metryczne z pozostałych komórek i łączy wszystkie składowe jako nowe reprezentacje środowiska bez ubytku na już istniejących. Czyni je trwałymi śladami pamięciowymi, z równoczesną możliwością ich modyfikacji oraz odtworzenia przy ponownej wizycie w znajomych miejscach.

Bibliografia

1. Abbott A., Callaway E. (2014) Nobel prize for decoding brain's sense of place. Nature, 514: 153
2. Bjerknes T.L., Moser E.I. and Moser M.B. (2014) Representation of geometric borders in the developing rat. Neuron. Elsevier Inc, 82: 71–78.
3. Buzsáki G., Moser E. I. (2013) Memory, navigation and theta rhythm in the hippocampal- entorhinal system. Nat Neuroscience, 16: 130–138
4. Chorążka K. (2016) Plastyczność neuronalna – twój przyjaciel czy wróg? Wszechświat, 117: 181–189.
5. Czajkowski R. (2015) System lokalizacji przestrzennej w mózgu - pierwszy rozszyfrowany kod neuronalny. Wszechświat, 116: 22–25
6. Eichenbaum H. (2000) A cortical–hippocampal system for declarative memory. Nature Reviews Neuroscience, 1: 41–50
7. Eichenbaum H. (2015) Time cells in the hippocampus: a new dimension for mapping memories. Nat Rev Neurosci., 15:732–44
8. Hartley T., Lever C., Burgess N., O'Keefe J. (2013) Space in the brain : how the hippocampal formation supports spatial cognition. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci., 23: 369(1635)
9. Kropff E., Carmichael J.E., Moser M.B., Moser E.I. (2015) Speed cells in the medial entorhinal cortex. Nature, 523: 419–424
10. Moser E. I., Kropff E. and Moser M. (2008) Place Cells , Grid Cells , and the Brain ' s Spatial Representation System. Annu Rev Neurosci., 31: 69–89
11. Nakazawa K., McHugh T.J., Wilson M.A., Tonegawa S. (2004) NMDA receptors, place cells and hippocampal spatial memory. Nature Reviews Neuroscience, 5: 361–372
12. Taube J. S. (2007) The Head Direction Signal: Origins and Sensory-Motor Integration. Annual Review of Neuroscience, 30: 181–207.

Magdalena Mlostek, Instytut Zoologii i Badań Biomedycznym Uniwersytet Jagielloński. Zakład Neurofizjologii i Chronobiologii. E-mail: magdalena.mlostek@student.uj.edu.pl

ZWIERZĘCE MODELE SCHIZOFRENII

Paulina Cieślik, Joanna M. Wierońska (Kraków)

Streszczenie

Poszukiwanie nowych leków to dynamicznie rozwijający się trend neuropsychofarmakologii. Rośnie liczba chorych, u których diagnozuje się choroby psychiczne. Jednocześnie brak jest skutecznych leków, które odwracałyby zaburzenia chorobowe, nie wywołując jednocześnie skutków niepożądanych. Jedną z chorób psychicznych bezwzględnie wymagających skutecznej farmakoterapii jest schizofrenia. Poszukiwanie leków w przypadku tej choroby jest trudne ze względu na dużą różnorodność objawów, z których nie wszystkie manifestują się od razu i u każdego pacjenta. Kolejnym problemem jest niejasna etiologia choroby. Wszystko to sprawia, że opracowano wiele zwierzęcych modeli choroby, które z jednej strony pozwolą na określenie skuteczności działania leków i substancji, a z drugiej pozwolą zbadać mechanizmy przyczyniające się do rozwoju schizofrenii u ludzi. W niniejszym artykule krótko przedstawiamy najważniejsze zwierzęce modele schizofrenii.

Abstract

The search for new drugs is a dynamically developing trend of neuropsychopharmacology. The number of patients diagnosed with mental illnesses is increasing. At the same time, there are no effective drugs that would reverse the disease symptoms without causing adverse effects. One of the mental diseases that requires effective pharmacotherapy is schizophrenia. The search for medication for this disease is difficult due to the large variety of symptoms, which are not all manifested immediately and in each patient. Another problem is the vague etiology of the disease. Thus many animal models of disease have been developed, which on the one hand will allow to determine the effectiveness of drugs and substances, and on the other hand let us examine the mechanisms that contribute to the development of schizophrenia in humans. Here we shortly summarize the most important animal models of schizophrenia.

Schizofrenia jest poważną chorobą psychiczną, która dotyka osoby w młodym wieku, między 20 a 30 rokiem życia. Choroba ta charakteryzuje się występowaniem wielu zróżnicowanych objawów, klasyfikowanych do trzech grup. Do pierwszej z nich należą objawy wytwórcze, czyli halucynacje czy urojenia, kolejną stanowią objawy deficytowe, do których zaliczamy m.in. apatię, wycofanie czy zubożenie relacji społecznych, a ostatnią grupę tworzą objawy kognitywne (zaburzenia pamięci i uwagi). Objawy występujące w przebiegu schizofrenii mogą mieć różne natężenie, a u niektórych pacjentów poszczególne objawy mogą w ogóle nie występować. Uważa się, że objawy wytwórcze mogą przejawiać się w fazach zaostrzeń i remisji lub utrzymywać się ciągle, a objawy deficytowe i kognitywne utrzymują się przez całe życie chorego [8]. Nawet skuteczna farmakoterapia niejako „wycisza" objawy choroby, które mogą powrócić lub nasilić się sytuacjach stresowych.

Obecnie dostępna terapia schizofrenii opiera się na stosowaniu neuroleptyków, które należą do dwóch klas tzw. leków typowych (np. haloperidol, chlorpromazyna) lub częściej leków atypowych (np. risperidon, klozapina). Mechanizm działania leków antypsychotycznych (neuroleptyki) polega głównie na blokowaniu receptora dla dopaminy typu D2 (leki typowe), ale także oddziaływaniu na receptory dla innych neuroprzekaźników, np. serotoniny, acetylocholiny, czy noradrenaliny (leki atypowe) [8]. Długotrwałe stosowanie neuroleptyków może prowadzić do rozwoju działań niepożądanych, takich, jak: zaburzenia motoryczne (np. parkinsonizm, pobudzenie ruchowe, przybieranie nienaturalnych postaw), sedacja (uspokojenie, wyciszenie; może wystąpić senność i zaburzenia świadomości), zwiększone wydzielanie hormonu przysadkowego – prolaktyny, otyłość, cukrzyca czy zwiększony poziom cholesterolu i trójglicerydów [7, 8]. Co więcej, obecnie stosowane

neuroleptyki są skuteczne w leczeniu objawów wytwórczych i zapobiegają nawrotom psychoz, niemniej jednak nie są skuteczne lub są słabo skuteczne w leczeniu objawów deficytowych i kognitywnych, które to w znacznie większym stopniu utrudniają poprawne funkcjonowanie chorego [8, 14].

W związku z ograniczoną efektywnością współcześnie dostępnej farmakoterapii schizofrenii oraz ze związanymi z terapią poważnymi skutkami ubocznymi, naukowcy tworzą nowe związki, które łączyłyby efektywność terapeutyczną z bezpieczeństwem stosowania. W celu sprawdzenia działania badanych substancji stosuje się zwierzęce modele schizofrenii. Obecnie jedynie dzięki zwierzęcym modelom możliwe jest określenie, jak związki wcześniej scharakteryzowane w badaniach *in vitro* wpłyną na określone zachowanie. Dobry model choroby powinien cechować się trzema wartościami: trafnością fasadową (ang. *face validity*), trafnością teoretyczną (ang. *construct validity*) i trafnością prognostyczną (ang. *predictive validity*) [3, 9]. Trafność fasadowa mówi o zgodności modelu z objawami występującymi w przebiegu choroby, trafność teoretyczna o tym, jak dokładnie model oddaje etiologię i patologię choroby, a trafność prognostyczna określa, w jakim stopniu model jest w stanie przewidzieć wartość terapeutyczną zastosowanego związku lub procedury. W badaniach dotyczących charakteryzowania potencjału nowych leków największe znaczenie ma wartość prognostyczna modelu zwierzęcego wykorzystywanego w trakcie badań przedklinicznych. Do najczęściej wykorzystywanych modeli w badaniach dotyczących nowych związków o działaniu antypsychotycznym można zaliczyć: modele neurorozwojowe, farmakologiczne i genetyczne. Do ocenienia działania związku w tych modelach stosuje się różnego rodzaju testy behawioralne, które pozwalają na zobrazowanie zaburzeń występujących w przebiegu schizofrenii (Tab. 1). Większość z testów oddaje zaburzenia behawioralne obserwowane u ludzi, jak na przykład zaburzenia interakcji społecznych czy też zaburzenia pamięci. Chorzy na schizofrenię wykazują też zaburzenia procesu bramkowania sensomotoryczne-

Tab. 1. Opis objawów schizofrenii i odpowiadających im testów behawioralnych (najczęściej stosowanych u myszy lub szczurów).

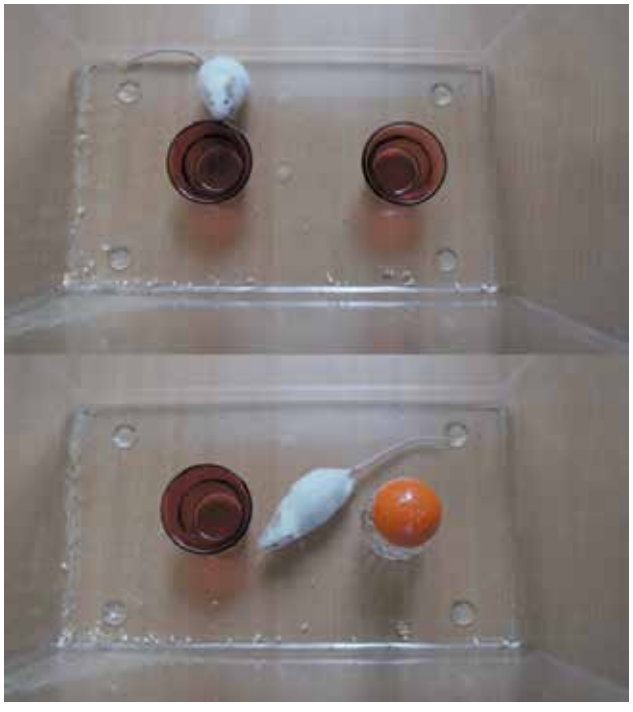
Grupa objawów	Zaburzenie	Testy behawioralne
Wytwórcze	Omamy, halucynacje	test potrząśnięć głową indukowany podaniem związków aktywujących receptory 5-HT2A, np. DOI, LSD
	agitacja	test hiperaktywności indukowanej farmakologicznie (podaniem amfetaminy lub MK-801)
Deficytowe	wycofanie społeczne	test interakcji socjalnych
	apatia, objawy depresyjne	zmodyfikowany test wymuszonego pływania
Kognitywne	zaburzenia pamięci	test rozpoznawania nowego obiektu
	zaburzenia uwagi	test przerzutności uwagi, test oceniający sprawność procesów uwagi
Zaburzenia uwagi	zaburzenie bramkowania sensorycznego (zdolność mózgu do blokowania niepotrzebnych informacji)	test bramkowania sensomotorycznego bodźców akustycznych

go, inaczej mówiąc mechanizmu filtracji sygnałów, co przejawia się różnymi objawami zaburzeń uwagi i percepcji. Hamowanie przedsygnałowe *(prepulse inhibition,* PPI) to zwierzęcy model odzwierciedlający zaburzenie procesu bramkowania sensomotorycznego. Polega on na prezentacji następujących po sobie bodźców dźwiękowych o różnych głośnościach. Pierwszy z nich jest najczęściej bodźcem o niższej głośności, niejako „przygotowującym" system nerwowy na drugi bodziec, przez co reakcja na drugi bodziec jest słabsza niż w przypadku, gdy nie ma bodźca poprzedzającego. U pacjentów ze schizofrenią, w przeciwieństwie do osób zdrowych, odpowiedź na drugi z bodźców jest taka sama, jak na pierwszy. Takie zaburzenie uwagi może występować nawet przed pojawieniem się innych objawów choroby [10].

W zwierzęcych modelach schizofrenii rutynowo wykorzystuje się dwa gatunki zwierząt, są to: mysz domowa (*Mus musculus*) i szczur wędrowny (*Rattus norvegicus*).

Modele neurorozwojowe

Zebrane przez naukowców dane wskazują, że czynniki genetyczne i/lub środowiskowe zaburzające rozwój mózgu w okresie płodowym i czasie niemowlęctwa mogą przyczynić się do tak zwanych zmian epigenetycznych (dziedziczne zmiany w funkcjonowaniu genów, które nie wynikają ze zmian w DNA; mogą być skutkiem działania czynników środowiskowych, np. toksyn, stresu lub deficytów w odżywianiu), które prowadzą do zaburzeń w strukturze mózgu i w konsekwencji prowadzą do wystąpienia objawów choroby w okresie dojrzewania czy dorosłości [12]. Za pomocą technik do obrazowania pracy mózgu, takich jak rezonans magnetyczny lub tomografia komputerowa wykazano, że w mózgach osób cierpiących na schizofrenię dochodzi do zaburzenia prawidłowej formacji warstw kory, powiększenia komór mózgu oraz zmniejszenia objętości kory przedczołowej, hipokampa, ciała migdałowatego czy wzgórza [2, 15]. Różnego typu czynniki środowiskowe – niedożywienie czy infekcje w trakcie ciąży oraz komplikacje okołoporodowe – również zwiększają ryzyko wystąpienia schizofrenii u potomstwa [15]. Obserwacje te doprowadziły do stworzenia neurorozwojowej hipotezy powstawania schizofrenii. Zwierzęce modele, które powstały na bazie tej hipotezy obrazują cześć aspektów schizofrenii, takich jak: zaburzenia zachowania oraz zmiany w morfologii i neuroprzekaźnictwie mózgu [12]. Zaletą tego typu modeli może być wysoka trafność teoretyczna.



Ryc. 1. Zdjęcia przedstawiają test rozpoznawania nowego obiektu. W pierwszej fazie testu zwierzę zapoznaje się z dwoma identycznymi obiektami, a w następnej fazie jeden z obiektów jest zamieniany na nowy. Gdy zostaje zaburzona pamięć, zwierzęta nie rozpoznają zamienionego obiektu jako nowość w ich otoczeniu i poświęcają tyle samo czasu na eksplorację każdego z obiektów. Zwierzęta, u których pamięć nie jest zaburzona lub zaburzenie pamięci zostało odwrócone podaniem substancji, spędzają więcej czasu eksplorując nowy obiekt. Fot. Joanna M. Wierońska.

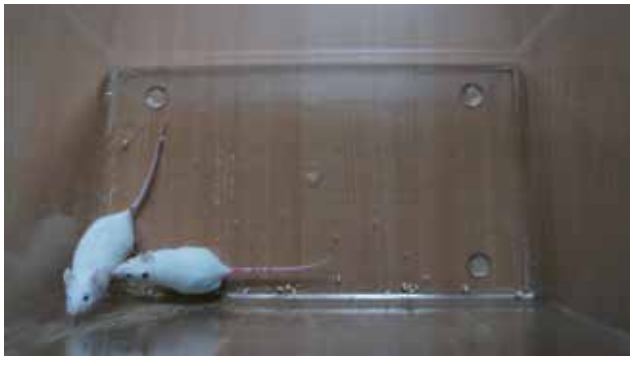
model podania metylazoksymetanolu

Metylazoksymetanol (MAM) jest toksyną, która powoduje selektywne uszkodzenie dzielących się komórek nerwowych. Podanie MAM w 17 dniu ciąży samicy szczura powoduje zaburzenia w formowaniu się struktur mózgu potomstwa. Obserwuje się wówczas zmiany w strukturach podobne do tych występujących u ludzi ze schizofrenią, takie jak: zmniejszenie objętości hipokampa i kory przedczołowej oraz zmiany w wydzielaniu dopaminy w jadrze półleżącym, a także glutaminianu w korze przedczołowej [11]. W tym modelu zmianie ulega również zachowanie zwierząt. Występują zaburzenia pamięci i uwagi, zmniejszenie interakcji socjalnych i procesów bramkowania sensorycznego, a także zwiększenie aktywności lokomotorycznej (opis testów: Tabela 1).

model podania poly(l:c) lub LPS

Na bazie obserwacji korelacji pomiędzy przebytą infekcją w okresie ciąży a rozwojem schizofrenii u potomstwa, opracowano modele polegające na wywołaniu odpowiedzi immunologicznej u ciężarnych samic. Jednym z tych modeli jest podanie kwasu polirybonukleinowego-polirybocytydylowego – poly(l:c), które wywołuje niespecyficzną, przejściową aktywację układu odpornościowego matki [12]. Poly(l:c) to produkt replikacji wirusowego RNA, podobnego dla większości rodzajów wirusów, rozpoznawany przez komórki immunologiczne matki, wywołując w ten sposób wrodzoną antywirusową odpowiedź immunologiczną, która obejmuje wytwarzanie prozapalnych cytokin, takich jak IL-1β, IL-1. 6, interferony TNF-α i typu I: INF-α i INF-β. Wzmożona produkcja mediatorów stanu zapalnego, czyli cytokin prozapalnych, krążących we krwi, zaburza prawidłowy rozwoju mózgu płodu [3]. Podanie poly(l:c) w krytycznym okresie ciąży (9 lub 15–17 dzień ciąży, zależnie od stosowanego modelu) powoduje wystąpienie zamian neurochemicznych, histopatologicznych i behawioralnych, podobnych do obserwowanych u pacjentów ze schizofrenią. Do takich zmian można zaliczyć: powiększenie komór mózgowych z towarzyszącym mu zcienieniem grubości kory mózgowej, zmniejszenie objętości hipokampa czy zaburzenia równowagi pomiędzy synapsami pobudzającymi a hamującymi [5]. Co więcej, obserwuje się również zmiany w poziomie wydzielanych neuroprzekaźników, ekspresji

syntezujących ich enzymów czy w końcu zmiany w poziomie receptorów dla neurotransmiterów [5]. Należy jednak zwrócić uwagę, że kluczowy jest czas podania poly(l:c), ponieważ zmiany oraz ich natężenie mogą się różnić pomiędzy modelami poly(l:c) [9]. Najczęściej związek zostaje podany w 15 dniu ciąży, gdyż po takim podaniu obserwowane zmiany w poziomie neurotransmiterów najlepiej odzwierciedlają zmiany schizofreniczne (np. podniesiony poziom dopaminy w prążkowiu, obniżona ilość GABA (kwas γ-aminomasłowy), podwyższony poziom glutaminianu). Podanie poly(l:c) w 9 dniu ciąży nie powoduje zmian w poziomach glutaminianu i GABA, natomiast podanie poly(l:c) w 17 dniu ciąży obniża poziom dopaminy w dorosłym wieku u potomstwa [5]. Potomstwo samic, które otrzymały poly(l:c), przejawiają zachowania depresyjne, anhedonię, charakteryzują się zwiększoną aktywnością lokomotoryczną w teście hiperaktywności i zwiększoną odpowiedzią lękową [5, 15]. Zwierzęta wykazują deficyty w interakcjach socjalnych, mają zaburzenia pamięci i procesów bramkowania sensorycznego [5]. Podobne efekty można indukować podaniem lipopolisacharydu (LPS), cząsteczki znajdującej się w błonie komórkowej bakterii, która po podaniu indukuje podobną sekwencję zdarzeń, jak wyżej opisany poli(l:c) (uwalnianie cytokin prozapalnych, takich, jak IL-1β, IL-6, TNF-α; nie obserwowano typowej dla infekcji wirusowej aktywacji interferonów, jak w przypadku poli(l:c)).



Ryc. 2. Zdjęcie przedstawia test interakcji socjalnych, w którym mierzony jest czas i ilość interakcji pomiędzy nieznającymi się osobnikami. Test ten stosowany jest do modelowania zaburzeń deficytowych. Fot. Joanna M. Wierońska.

Modele farmakologiczne

Podstawą do stworzenia modeli farmakologicznych schizofrenii były obserwacje efektów przyjmowania amfetaminy czy fencyklidyny przez ludzi zdrowych, u których substancje te wywoływały objawy podobne do symptomów występujących w schizofrenii [3, 5]. W przypadku podań fencyklidyny pacjentom schizofrenicznym obserwowano nasilenie objawów [5]. Doprowadziło to do sformułowania dwóch neuroprzekaźnikowych hipotez, tłumaczących przyczyny powstawania objawów schizofrenii.

hipoteza dopaminergiczna (model podań amfetaminy)

Pierwsza z hipotez tłumaczących przyczyny rozwoju schizofrenii dotyczyła zwiększonego wydzielania dopaminy w zakończeniach nerwowych tzw. szlaku mezolimbicznego, co ma tłumaczyć powstawanie objawów wytwórczych, oraz obniżonego wydzielania tego neuroprzekaźnika w zakończeniach tzw. szlaku mezokortykalnego, co ma wyjaśniać powstawanie objawów deficytowych i kognitywnych. Warto w tym miejscu wspomnieć, że na bazie tej hipotezy powstały obecnie stosowane leki antypsychotyczne.

Podania amfetaminy, której wypadkowe działanie w głównej mierze prowadzi do zwiększonego uwalniania dopaminy z zakończeń nerwowych, stały się sztandarowym modelem powstałym na bazie dopaminergicznej hipotezy schizofrenii. Już jednokrotne podanie amfetaminy zwiększa ruchliwość zwierząt, określaną w teście hiperaktywności lokomotorycznej oraz zaburza procesy bramkowania sensorycznego zwierząt [3].

Do zmian biochemicznych czy strukturalnych występujących w tym modelu możemy zaliczyć zwiększone wydzielanie dopaminy w jądrze półleżącym, w którym zmianie ulega również morfologia komórek nerwowych i spada ekspresja podjednostek budujących receptor AMPA [3].

Podania amfetaminy wywołują jednakże tylko objawy wytwórcze u zdrowych ochotników, nie wywołując objawów deficytowych i kognitywnych, dlatego też hipoteza dopaminergiczna nie może w pełni tłumaczyć i przede wszystkim modelować schizofrenii.

hipoteza glutaminianergiczna (podania antagonistów receptora NMDA: fencyklidyny lub dizocylpiny)

W ostatnich latach większą popularnością cieszy się hipoteza dotycząca zmian w wydzielaniu pobudzającego neuroprzekaźnika, glutaminianu. Wykazano, iż związki (fencyklidyna czy dizocylpina) blokujące kanał receptora NMDA wywołują całe spektrum zaburzeń schizofrenicznych u ludzi. Zablokowanie (dysfunkcja) receptora NMDA zlokalizowanego na ciałach neuronów GABA-ergicznych (hamujących, wydzielających GABA) w konsekwencji powoduje brak hamującej kontroli nad neuronami glutaminianergicznymi (neurony wydzielające glutaminian) i zwiększone wydzielanie tego neuroprzekaźnika w korze mózgowej. Szerzej o neuronach

glutaminianergicznych oraz o receptorach NMDA napisano w poprzednim artykule pt. „Glutaminian i jego receptory, czyli o tym, jak można uleczyć mózg" [13].

Zarówno fencyklidyna, jak i dizocylpina, blokują aktywność receptora NMDA. Jednorazowe lub wielokrotne (chroniczne) podania tych substancji są więc stosowane do modelowana objawów schizofrenii u zwierząt. Obie substancje zwiększają aktywność lokomotoryczną, zaburzają interakcje socjalne, wywołują deficyty pamięci oraz bramkowania sensorycznego [6, 9]. Zarówno podania jednorazowe, jak i wielokrotne, powodują zaburzenia w wydzielaniu neuroprzekaźników (takich jak: glutaminian, dopamina, GABA oraz serotonina) oraz ich degradacji [1, 3]. Chroniczne podania fencyklidyny zmieniają natomiast strukturę neuronów oraz prowadzą do zmniejszenia liczby komórek nerwowych w hipokampie i korze [3]. Co więcej, zmianom ulega również ekspresja receptorów dla dopaminy, serotoniny i GABA [3].

Modele genetyczne

Uważa się, że mutacje genetyczne mogą stanowić jedną z przyczyn powstawania schizofrenii. W badaniach z udziałem bliźniąt potwierdzono te przypuszczenia i wykazano, że dziedziczność (czyli stopień zależności cechy od czynników genetycznych) tej choroby może sięgać aż 80% [3]. Analizy genomu różnych populacji chorych na schizofrenię wskazały mutacje i warianty genów, które mogą przyczynić się do zwiększonego ryzyka zachorowalności na tę chorobę [3]. Większość z nich związana jest z podstawowymi procesami zachodzącymi w mózgu, takimi jak plastyczność neuronalna (zmiana właściwości neuronów pod wpływem różnego rodzaju bodźców)

Tab. 2. Tabela podsumowująca główne zaburzenia behawioralne obserwowane w poszczególnych zwierzęcych modelach schizofrenii, opisanych w tym artykule.

	Model	Objawy wytwórcze	Objawy negatywne	Zaburzenia poznawcze
Modele neurorozwojowe	MAM-17	Wzrost ruchliwości	Zaburzenia w teście interakcji socjalnych,	Zaburzenia bramkowania sensomotorycznego; zaburzenia w testach pamięci
	Poly(l:c)	Wzrost ruchliwości	Zaburzenia w teście interakcji socjalnych, wzrost bezruchu w teście wymuszonego pływania	Zaburzenia bramkowania sensomotorycznego; zaburzenia pamięci operacyjnej i przestrzennej
	LPS	Wzrost ruchliwości	Zaburzenia w teście interakcji socjalnych, wzrost bezruchu w teście wymuszonego pływania	Zaburzenia bramkowania sensomotorycznego, zaburzenia pamięci operacyjnej i przestrzennej
Modele farmakologiczne	Podania amfetaminy	Wzrost aktywności lokomotorycznej	Nie występują	Zaburzenia bramkowania sensomotorycznego
	Podania antagonistów NMDA	Wzrost aktywności lokomotorycznej	Zaburzenia interakcji socjalnych, wzrost bezruchu w teście wymuszonego pływania	Zaburzenia rozpoznawania i lokalizacji nowego obiektu, zaburzenia pamięci przestrzennej; zaburzenia bramkowania sensomotorycznego
Modele genetyczne	DISC1	Wzrost ruchliwości	Wzrost bezruchu w teście wymuszonego pływania	Zaburzenia bramkowania sensomotorycznego
	NRG1	Wzrost ruchliwości	Zaburzenia socjalne	Zaburzenia bramkowania sensomotorycznego
	Reelin	Brak danych	Brak jednoznacznych danych	Zaburzenia bramkowania sensomotorycznego, zaburzenia pamięci

czy tworzenie synaps oraz z funkcjonowaniem szlaków wydzielających glutaminian lub dopaminę [3]. Uważa się obecnie, że to nie jedynie czynniki genetyczne, a raczej ich współdziałanie z czynnikami środowiskowymi może prowadzić do wystąpienia schizofrenii [5].

model DISC1

Jednym z pierwszych i tym samym najczęściej badanym modelem genetycznym są myszy pozbawione fragmentów genu DISC1 (ang. *Disrupted in schizophrenia-1*). To synaptyczne białko pojawia się już na wczesnych etapach rozwoju i odgrywa znacząca rolę w migracji komórek, tworzeniu i plastyczności synaps, rozroście aksonu [3, 15]. Zostało stworzonych kilka modeli, w których różne fragmenty genu DISC1 zostały usunięte. Modele te w mniejszym lub większym stopniu odzwierciedlają patologie obserwowane w przebiegu schizofrenii u ludzi, takie jak np. powiększenie komór mózgu, zmniejszona grubość kory mózgowej i objętości mózgu [3, 15]. Redukcja liczby komórek dotyczy głównie kory przedczołowej i hipokampa, czyli regionów zaangażowanych w funkcje poznawcze i pamięć [15]. Podobnie objawy wytwórcze, deficytowe i/lub zaburzenie procesów bramkowania sensorycznego występują jedynie u części modeli [3, 15]. Tego typu rozbieżności w obrębie modeli DISC1 mogą być związane z różną ich konstrukcją, ale także mogą wskazywać na złożoność choroby oraz konieczność wystąpienia dodatkowego czynnika środowiskowego [5].

model NRG1

Neuregulina 1 (NRG1) jest czynnikiem wzrostu (tj. czynnikiem stymulującym komórki do podziału i różnicowania) o wielu funkcjach, zaangażowanym w rozwój układu nerwowego [15]. Bierze udział w formowaniu i plastyczności synaps, migracji neuronów, mielinizacji, powstawaniu komórek glejowych, a także jest zaangażowana w regulację układów neuroprzekaźnikowych [3, 15]. Również w tym przypadku powstało kilka modeli, w których to różne fragmenty genu kodującego neuregulinę 1 zostały usunięte. We wszystkich typach modeli NRG1 zaobserwowano zwiększenie aktywności lokomotorycznej oraz zaburzenia w procesach bramkowania sensorycznego [3, 15]. Niestety jedynie u części modeli udało się wywołać zaburzenia socjalne i zaburzenia pamięci [3, 15]. Stosowanie modeli NRG1 wiąże się jednak z pewnymi kontrowersjami, gdyż prawie wszystkie z nich bazują na upośledzeniu funkcjonowania tego białka, co jest niezgodne z obserwacjami klinicznymi [3].

model Reeliny

Reelina to białko, które jest zaangażowane w procesy tworzenia połączeń synaptycznych i ich plastyczności oraz w proces migracji komórek [3, 4]. Zaobserwowano, że w mózgach pacjentów ze schizofrenią znajduje się mniej reeliny, pomimo braku mutacji w genie kodującym to białko [3, 5]. Modelowe myszy reeler są pozbawione jednej z wersji genu kodującego reelinę. Niestety jedynie część zmian obserwowanych u pacjentów udało się zaobserwować w tym modelu, tj. zaburzenie procesów bramkowania sensorycznego oraz częściowe zaburzenia pamięci, a także zmniejszenie ekspresji enzymu tworzącego GABA [4]. Niemniej jednak model ten może przyczynić się do lepszego zrozumienia powstawania schizofrenii jako połączenia wpływu czynników genetycznych i środowiskowych, gdyż w modelu podań poly(l:c) zaobserwowano również spadek ekspresji reeliny [5].

Schizofrenia jest złożoną chorobą psychiczną o ciągle niescharakteryzowanej etiologii, której możliwości leczenia są stosunkowo ograniczone. Modele neurorozwojowe przybliżają nas do rozszyfrowania procesów zachodzących w trakcie rozwoju, a prowadzących do manifestacji schizofrenii we wczesnej dorosłości. Z kolei modele farmakologiczne ze względu na ich wartość predykcyjną są korzystniejsze w ocenianiu działania nowych związków o potencjalnym profilu antypsychotycznym. Dzięki modelom genetycznym można określić wpływ mutacji obserwowanych u pacjentów ze schizofrenią na rozwój układu nerwowego oraz ich wpływ na zachowanie. Należy zaznaczyć, iż żaden z modeli zwierzęcych nie jest doskonały i w zależności od hipotez badawczych i stawianych celów eksperymentu naukowiec dobiera poszczególne modele. Często badania są przeprowadzane przy użyciu kilku z nich, aby udowodnić stawianą tezę badawczą. Wszystkie modele opisane w tej pracy zostały zebrane w tabeli 2. Dzięki zastosowaniu zwierzęcych modeli schizofrenii możemy starać się lepiej zrozumieć jej etiologię i poszukiwać coraz to bezpieczniejszych i skuteczniejszych metod leczenia.

Bibliografia

1. Bubeníková-Valešová V., Horáček J., Vrajová M., Höschl C. (2008) Models of schizophrenia in humans and animals based on inhibition of NMDA receptors. Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 32: 1014–1023.
2. Harrison P. J. (2000) Postmortem studies in schizophrenia. Dialogues in clinical neuroscience, 2: 349–57.
3. Jones C. A., Watson D. J. G., Fone K. C. F. (2011) Animal models of schizophrenia. British Journal of Pharmacology, 164: 1162–1194.
4. Lu L., Mamiya T., Koseki T., Mouri A., Nabeshima T. (2011) Genetic animal models of schizophrenia related with the hypothesis of abnormal neurodevelopment. Biological & pharmaceutical bulletin, 34: 1358–1363.
5. Mattei D., Schweibold R., Wolf S. A. (2015) Brain in flames - animal models of psychosis: utility and limitations. Neuropsychiatric Disease and Treatment, 11: 1313–1329.
6. Miyamoto Y., Nitta A. (2014) Behavioral Phenotypes for Negative Symptoms in Animal Models of Schizophrenia. Journal of Pharmacological Sciences, 126: 310–320.
7. van Os J., Kapur S. (2009) Schizophrenia. The Lancet, 374: 635–645.
8. Owen M. J., Sawa A., Mortensen P. B. (2016) Schizophrenia. The Lancet, 388: 86–97.
9. Porsolt R. D., Moser P. C., Castagne V. (2010) Behavioral Indices in Antipsychotic Drug Discovery. Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics, 333: 632–638.
10. Quednow B. B., Frommann I., Berning J., Kühn K. U., Maier W., Wagner M. (2008) Impaired Sensorimotor Gating of the Acoustic Startle Response in the Prodrome of Schizophrenia. Biological Psychiatry, 64: 766-773.
11. Ratajczak P., Woźniak A., Nowakowska E. (2013) Animal models of schizophrenia: Developmental preparation in rats. Acta Neurobiologiae Experimentalis, 73: 472–484.
12. Robertson G. S., Hori S.E., Powell K. J. (2006) Schizophrenia: an integrative approach to modelling a complex disorder. Journal of psychiatry & neuroscience: JPN, 31: 157–67.
13. Wierońska J. M., Cieślik P. (2017) Glutaminian i jego receptory, czyli o tym, jak wyleczyć mózg. Wszechświat, 118: 178-187.
14. Wierońska J. M., Zorn S. H., Doller D., Pilc A. (2016) Metabotropic glutamate receptors as targets for new antipsychotic drugs: Historical perspective and critical comparative assessment. Pharmacology and Therapeutics, 157: 10–27.
15. Wilson C., Terry A. V. (2010) Neurodevelopmental animal models of schizophrenia: role in novel drug discovery and development. Clinical schizophrenia & related psychoses, 4: 124–137.

Mgr Paulina Cieślik jest doktorantem w Instytucie Farmakologii PAN
Dr hab. Joanna M. Wierońska jest adiunktem w Instytucie Farmakologii PAN. E-mail: wierons@if-pan.krakow.pl

WULKANICZNE JEZIORO OCHOTEK (LAKE MÝVATN) W KRAJU OGNIA I LODU (ISLANDIA)

Maria Grzybkowska, Leszek Kucharski (Łódź)

Streszczenie

Jezioro ochotek (Lake Mývatn) na Islandii stanowi przykład niezwykłego ekosystemu. Przezroczysta, o wysokiej temperaturze oraz dużej zawartości tlenu i biogenów, niezamarzająca geotermalna woda sprzyja produkcji pierwotnej bardzo specyficznych glonów, *Aegagropila linnaei,* zebranych w wielkie, kuliste kolonie „lake balls", turlające się po dnie zbiornika w wyniku falowania wody. Stanowią one pokarm i schronienie dla bardzo licznych skąposzczetów (Oligochaeta) i żółtozielonkawych larw ochotek (Chironomidae, Diptera) z rodzaju *Tanytarsus,* których samce po opuszczeniu środowiska wodnego tworzą charakterystyczne rójki (dymy) nad Jeziorem Mývatn. Dorosłe ochotki (non-biting midges), chociaż podobne do komarów, nie odżywiają się, jednakże w niektórych materiałach turystycznych podawane są mylne informacje, że nad Jeziorem Mývatn latają liczne komary. Larwy ochotek żyjące na dnie oraz martwe dorosłe osobniki już po reprodukcji, znajdujące się na powierzchni wody, stanowią podstawę pokarmu dla bardzo licznych kaczek sierpców; szczytowym drapieżnikiem tego łańcucha są białozory.

Abstract

Lake Mývatn in Iceland is an example of an extraordinary ecosystem. Its transparent, nonfreezing geothermal water of high temperature, oxygen and nutrient contents contributes to high primary production of a specific alga species, *Aegagropila linnaei*, which forms lake balls, rolling over the bottom of the water body as a result of its wave action. The balls constitute food and shelters for very numerous oligochaetes and yellow-greenish larvae of chironomids (Diptera) of the genus *Tanytarsus*, whose males form characteristic swarms over Lake Mývatn after leaving their water environment. Adult insects, called non-biting midges, although similar to mosquitoes, do not feed when they are adults (flying) stage, although in some tourist guides incorrect information on abundant mosquitoes flying above Lake Mývatn is presented. Chironomid larvae living in the bottom, and adult dead chironomids after reproduction from the water surface constitute food for very abundant Barrow's goldeneyes. The top predator of this food chain is the gyrfalcon.

Jezioro Mývatn to jedyny w swoim rodzaju cud Natury, położony na obszarze, gdzie stykają się płyty kontynentalne: euroazjatycka z północnoamerykańską (Ryc. 1). Zjawisko oddalania się wspomnianych płyt od siebie (około 2 cm na rok) przebiega głównie na dnie oceanu, a jedynie na Islandii tę ewolucję skorupy ziemskiej widać na powierzchni. Mývatn to płytkie jezioro, z 50 wyspami (Ryc. 2), które powstało około 2300 lat temu po dużej erupcji wulkanu. Tyle nauka, a wierzenia? Według legendy jezioro to jest wynikiem całkiem prozaicznych uczuć (zazdrości) Diabła. Gdy w czasie procesu twórczego Boga zobaczył Słońce, ze złości, ze względu na jego urodę, chciał je zniszczyć. Pomyślał, że najprościej będzie na nie nasiusiać, aby je zgasić. Ale siusiając nie trafił i z tego, co spadło na ziemię, powstało jezioro [4].



Ryc. 1. Islandia z zaznaczonym Jeziorem Mývatn.

Mývatn wypełnia kryształowo przezroczysta woda, która pozwala docierać światłu aż do jego dna. Wśród producentów pierwotnych jest gałęzatka kulista *Aegagropila linnaei* L., która tworzy duże, kuliste kolonie „lake balls", turlające się po dnie zbiornika w wyniku falowania wody (Ryc. 3). Już ich średnica wzbudza zainteresowanie (około 12 cm); oszacowano, że jest tych kul w Jeziorze Mývatn około 20 mln [5]. Jeżeli dodać do tego specyficzne warunki środowiskowe, takie jak zaopatrywanie w biogeny ze źródeł geotermalnych oraz wysoka temperatura wody, która nie pozwala na jego zamarznięcie mimo, że leży blisko koła podbiegunowego, to otrzymujemy odpowiedź na pytanie, dlaczego tak dużo glonów rozwija się na dnie Mývatn. Produkcja pierwotna wynosi w jeziorze 3800 kcal m^{-2} rok^{-1}, z której 600 kcal m^{-2} rok^{-1} przypada na fitoplankton. Panujące warunki środowiskowe sprzyjają rozwojowi tych bardzo specyficznych glonów. Z *A. linnaei* licznie współwystępują dwie grupy organizmów; pierwsza z nich to skąposzczety (Oligochaeta), dla których gałęzatki są schronieniem, a które w zamian czyszczą je z osadów. Jest to zdaniem ekologów [3] przykład komensalizmu. Inna liczna grupa to muchówki z rodziny Chironomidae (Diptera), dla których takie środowisko to doskonałe miejsce dla rozwoju: dobrze natlenowana woda, pokarm i schronienie. Wśród 41 gatunków tych muchówek stwierdzonych w jeziorze dominują larwy *Tanytarsus gracilentus* (Holmgren) [6]. Na cykl rozwojowy jednego pokolenia składają się jaja, 4 stadia larwalne, stadium poczwarki oraz imago: dorosły samiec lub samica. Tylko larwy odżywiają się. Po kilku miesiącach larwy przeobrażają się w poczwarki, a te po kilku dniach, po metamorfozie w osobniki dorosłe, które opuszczają środowisko wodne. Co 4–5 lat zdarza się bardzo liczne pokolenie i wówczas następuje masowy wylot owadów z wody; pojawiają się rójki (dymy) samców kilka metrów nad poziomem wody, dając bardzo spektakularny obraz. Następnie samce odnajdują samice siedzące na krzakach, gałęziach czy skałach. Ochotki dorosłe nie odżywiają się, dlatego też nazwane są non-biting midges. Żyją tylko kilka dni – samce giną po rójce i kopulacji, zaś samice po kopulacji i złożeniu jaj do wody. I tu warto podkreślić, że w polskich opisach tego niezwykłego jeziora (jest coraz częściej odwiedzanym akwenem przez turystów z całego świata) spotyka się informację, że nad Mývatn fruwają liczne komary. Nic podobnego. Ochotki są bardzo podobne i blisko spokrewnione z innymi muchówkami (Ryc. 4), takimi jak komary (Culicidae) czy meszki (Simuliidae), i to one kłują czy gryzą, ponieważ warunkiem koniecznym dla złożenia jaj przez samice jest pobranie krwi kręgowca.



Ryc. 2. Wulkaniczne Jezioro Mývatn (Islandia) w sierpniu (fot. L.Kucharski).



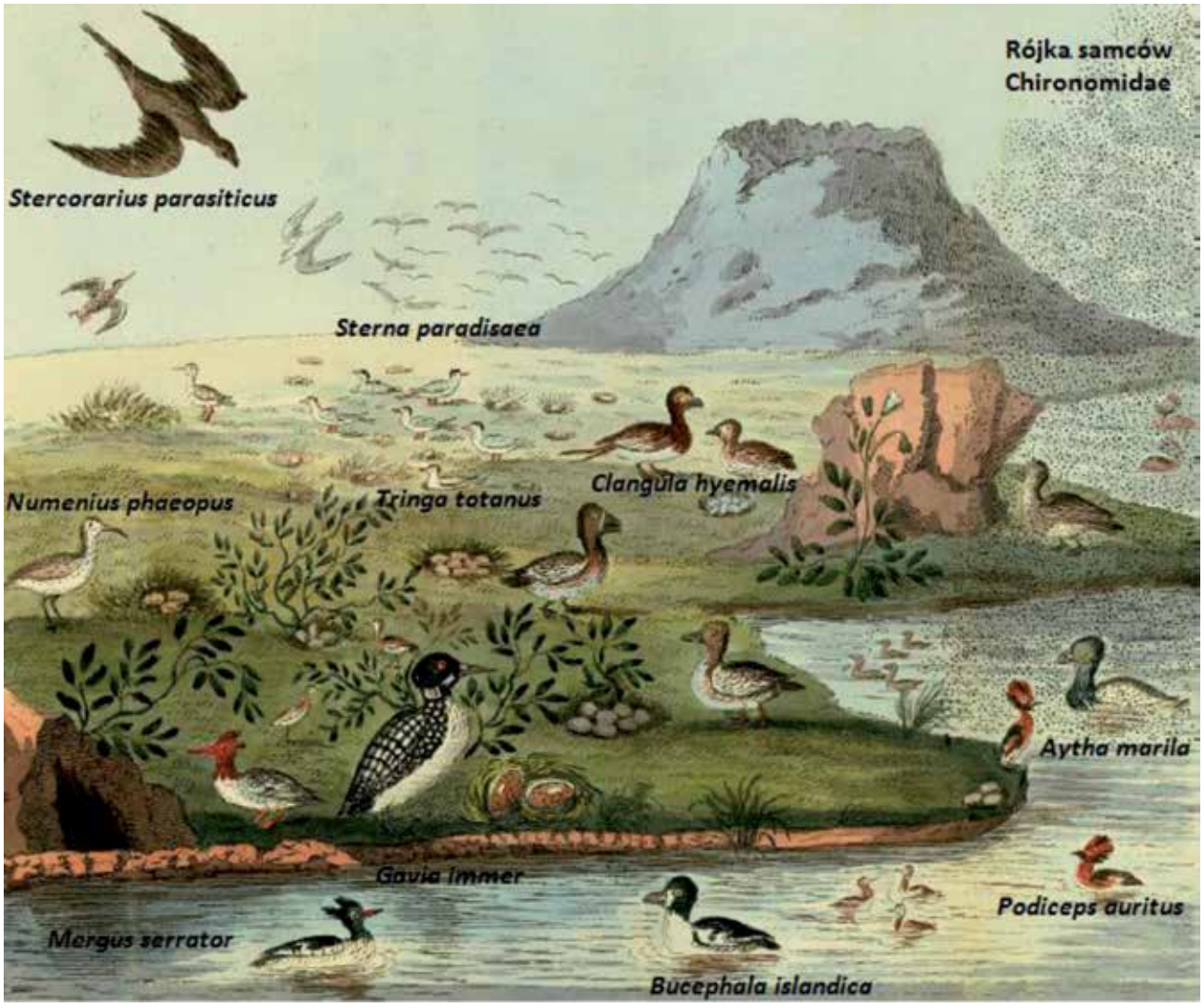
Ryc. 3. Kulista gałęzatka *Aegagropila linnaei* „lake balls" o średnicy 5 cm (fot. W. Grzybkowski).

A co dalej się dzieje z tak wysoką biomasą *Tanytarsus?* Zarówno larwy zasiedlające dno i martwe osobniki dorosłe już po reprodukcji, zalegające na powierzchni wody, stanowią bardzo ważne ogniwo w sieci troficznej, tak dla przybywających tu na rozród ptaków, jak i tych miejscowych, głównie dla kaczek sierpców (*Bucephala islandica* Gmelin), a jest ich 10–15 000 par. Szczytowym drapieżnikiem tego ekosystemu, o nasilonej presji na sierpce, zwłaszcza kiedy ich samice sprowadzają swoje młode wyklute w szczelinach skalnych nieraz odległych o jeden kilometr od lustra wody, są sokoły białozory (*Falco rusticolus* Brünnich). O wnikliwych obserwacjach XIX wiecznych przyrodników tego, co się dzieje w i/lub nad Jeziorem Mývatn świadczy rysunek wykonany w 1827 roku, zamieszczony przez Einarssona [4], a przedstawiający dominujące ogniwa sieci troficznej oraz rójki ochotek w tym niezwykłym, delikatnie zrównoważonym ekosystemie (Ryc. 5).



Ryc. 4. Samiec *Tanytarsus gracilentus*. http://www.alamy.com/

I w tym miejscu należy przybliżyć wiedzę o Chironomidae, najliczniejszych bezkręgowcach w ekosystemach słodkowodnych, osiągających niekiedy 90%



Ryc. 5. Rysunek wykonany przez ornitologa F.A.L. Thienemanna w 1827 roku, zamieszczony przez Á. Einarssona w Aquatic Ecology w 2004 roku; zmodyfikowany. Pokazuje on rójki ochotek (w prawym górnym rogu) oraz najliczniejsze ptaki: *Bucephala islandica* – sierpiec, *Gavia immer* – nur lodowiec, *Podiceps auritus* – perkoz rogaty, *Mergus serrator* – szlachar, *Aytha marila* – ogorzałka, *Clangula hyemalis* – lodówka, *Tringa totanus* – krwawodziób, *Numenius phaeopus* – kulik mniejszy, *Stercorarius parasiticus* – wydrzyk ostrosterny, *Sterna paradisaea* – rybitwa popielata.

zagęszczenia całej bentofauny, czyli organizmów zasiedlających dno tych wód, co przekłada się na bardzo wysoką produkcję wtórną [2, 10, 8]. Najczęściej ogromna obfitość ochotek w zeutrofizowanych ekosystemach możliwa jest w wyniku wysokiej koncentracji hemoglobiny w ciałach ich larw [9], umożliwiającej im bytowanie/rozwój nawet przy minimalnej zawartości tlenu w środowisku. Zakończenie cyklu rozwojowego bardzo licznego pokolenia może kończyć się masowymi wylotami samców tworzącymi rójki (dymy). Dotyczy to najczęściej osobników z rodzaju *Chironomus*, konsumentów rozwijających się w ekosystemach z dużą ilością bentonicznej cząsteczkowej materii organicznej (BPOM czyli detrytusu); zjawisko to obserwowano na różnych kontynentach. Najbardziej medialne (ze względu na uciążliwość owadów dla ludzkości) odbywają się w afrykańskim Jeziorze Wiktorii oraz w zeutrofizowanych jeziorach, zwłaszcza tych położonych w pobliżu lotnisk w Stanach Zjednoczonych czy Japonii, a także w wodach oblewających Wenecję [1]. W Polsce masowe rójki można czasem zaobserwować nad Zbiornikiem Włocławskim. Tak więc efekt masowego pojawienia się samców ochotek w powietrzu może nastąpić albo ze środowisk silnie zeutrofizowanych, o dnie bogatym w muł (larwy ochotek są wówczas intensywnie czerwone ze względna wysoką koncentrację hemoglobiny) albo, tak jak w przypadku Jeziora Mývatn, larw żółtozielonkawych, żyjących w zupełnie innym środowisku, o wysokiej zawartości tlenu i biogenów rozpuszczonych w wodzie [7]. Efekt wizualny w obu przypadkach jest podobny, chociaż inne gatunki i inne mechanizmy decydują o masowym rozwoju poszczególnych gatunków ochotek.

Rójki Chironomidae pokazano w filmie z serii „Ptaki świata". Jego twórcy przedstawili awifaunę i jej zasoby pokarmowe, wskazując jak cenne, i o jak kruchej równowadze jest Jezioro Ochotek. Zagrożeniem dla funkcjonowania tego ekosystemu była propozycja jego zagospodarowania, począwszy od „wyczyszczenia dna", przed wprowadzeniem do niego łososia norweskiego. Na szczęście to nie nastąpiło. Niestety nadal istnieją inne zagrożenia dla Mývatn [5, 6].

Bibliografia

1. Ali A. 1995. Nuisance, economic impact and possibilities for control. [W:] The Chironomidae. The biology and ecology of non-biting midges. Armitage P. D., Cranston P. S., Pinder. C. V. (red.). Chapman & Hall, London, 339–364.
2. Armitage P. D., Cranston P. S., Pinder. L. C. V. 1995. The Chironomidae. The biology and ecology of non-biting midges. Chapman & Hall, London 572 ss.
3. Boedeker C., Eggert A., Immers A. & Smets E. 2010. Global decline of and threats to *Aegagropila linnaei*, with special reference to the lake ball habit. BioScience 60: 187–198.
4. Einarsson A. 2004. Lake Myvatn and the River Laxá: An introduction. Aquatic Ecology 38, 111–114.
5. Einarsson A. 2014.The lake balls of Mývatn in memoriam. Mývatn Research Station 68 ss.
6. Einarsson A., Stefánsdóttir G, Jóhannesson H., Olafsson J.S., Gíslason G.M., Wakana I., Gudbergsoson G, Gardarsson A. 2014. The ecology of Lake Myvatn and the River Laxá: Variation in space and time. Aquatic Ecology 38, 317–348.
7. Gardarsson M., Einarsson Å., Gíslason G.M., Hrafnsdottir T., Ingvason H.R., Jonsson E., Olafsson J.S., 2004. Population fluctuations of chironomid and simuliid Diptera at Myvatn in 1977–1996. Aquatic Ecology 38: 209–217.
8. Grzybkowska M., 2006. Jak przetrwać w skrajnie trudnych warunkach? Adaptacje ochotek. Kosmos 55, 197–207.
9. Osmulski P., Leyko W., 1986, 1986. Structure, function and physiological role of *Chironomus* hemoglobin. Comparative Biochemistry and Physiology 85B, 701–722.
10. Tokeshi M., 1995. Production ecology. [W:] The Chironomidae. The biology and ecology of non-biting midges. Armitage P. D., Cranston P. S., Pinder. C. V. (red.). Chapman & Hall, London, 269–296.

Prof. dr hab. Maria Grzybkowska, Katedra Ekologii i Zoologii Kręgowców, maria.grzybkowska@biol.uni.lodz.pl
Dr hab. Leszek Kucharski, prof, UŁ, Zakład Ochrony Przyrody, leszek.kucharski@biol.uni.lodz.pl
Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Łódzki.

ATRAKCJE GEOTURYSTYCZNE PÓŁNOCNO-WSCHODNIEGO AZERBEJDŻANU

Joanna Kidawa, Tadeusz Molenda, Paweł Nejfeld (Sosnowiec, Żywiec)

Streszczenie

Azerbejdżan jest krajem o wielkiej różnorodności przyrodniczej i, co za tym idzie, dużym potencjale turystycznym. Dziedzictwo geologiczne kraju tworzą reliktowe krajobrazy, które nadal można zaliczyć do naturalnych lub quasi-naturalnych. Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie kilku obiektów geoturystycznych, które zostały zidentyfikowane w północno-wschodnim Azerbejdżanie. Są one głównie związane ze złożami ropy naftowej i gazu ziemnego.

Abstract

Azerbaijan is a country with a great diversity of nature and, consequently, high tourist potential. The geological heritage of the country is created by relict landscapes which can still be classified as natural or quasi-natural. The purpose of the article is to present several geoturistic objects which have been identified in north-eastern Azerbaijan. The are mainly related to oil deposits and natural gas.

Wstęp

Azerbejdżan nie jest częstym celem podróży turystów z Europy zachodniej i centralnej. Jedną z przyczyn jest najprawdopodobniej obowiązek posiadania wizy, której uzyskanie wiąże się ze skomplikowaną procedurą i wysokimi kosztami. Tymczasem geoturystyka mogłaby przynieść różne korzyści ekonomiczne, ponieważ jest to kraj wielkiej różnorodności przyrodniczej i, co za tym idzie, wielkiego potencjału turystycznego. Dziedzictwo geologiczne kraju tworzą



Ryc. 1. Obszar badań.

reliktowe krajobrazy, które nadal można zaliczyć do naturalnych lub quasi-naturalnych. Celem artykułu jest przedstawienie kilku obiektów geoturystycznych, które zostały zidentyfikowane przez autorów w północno-wschodnim Azerbejdżanie. Są one głównie związane ze złożami ropy naftowej i gazu ziemnego. Dla potrzeb pracy przyjęto rozumienie pojęcia „obiekt geoturystyczny" zgodnie z definicją podaną przez T. Słomkę i A. Kicińską – Świderską [8]. W ujęciu tych Autorów „obiekt geoturystyczny" to: „taki obiekt geologiczny, który jest lub może się stać, po odpowiednim wypromowaniu i uprzystępnieniu, przedmiotem zainteresowania turystycznego".

Charakterystyka fizyczno-geograficzna północno-wschodniego Azerbejdżanu

Obszar północno-wschodniego Azerbejdżanu położony jest w obrębie dwóch regionów fizyczno-geograficznych – Qobustanu i Apszeronu (półwyspu Apszerońskiego). Qobustan to obszar górsko-wyżynny. Stanowi on najbardziej na wschód wysuniętą część Wielkiego Kaukazu. Łańcuch górski opada tu licznymi grzędami w kierunku Morza Kaspijskiego. Od południowego zachodu Qobustan ograniczony jest bardzo wyraźnie Niziną Kurańską, a od wschodu linią brzegową Morza Kaspijskiego. Na obszarze Qobustanu występują znaczne różnice w wysokości pomiędzy najniżej a najwyżej położonymi obszarami przekraczające nawet 800 m. Półwysep Apszeroński

bardzo głęboko wcina się w wody Morza Kaspijskiego. Jego najdalej wysuniętą część stanowi wąski, piaszczysty półwysep (kosa) Szach – Dili, który powstał w wyniku współczesnych procesów akumulacji morskiej. Obszar półwyspu ma charakter nizinny, a różnice wysokości terenu nie przekraczają kilkudziesięciu metrów.



Ryc. 2. Grupa wulkanów błotnych (sopek). Fot. Tadeusz Molenda.

Badany obszar położony jest w strefie klimatu umiarkowanego – przejściowego, ze stosunkowo ciepłą zimą (średnia temperatura stycznia +1°C) i gorącym latem (średnia temperatura lipca +27°C, zaś tempratury maksymalne przekraczają +40°C). Charakterystyczną cechą tego obszaru są bardzo niskie sumy opadów atmosferycznych, które wynoszą od 150 do 300 mm rocznie. Następstwem słabych opadów jest rozwój stepów i półpustyń z nieciągłą pokrywą traw. Na półwyspie Apszerońskim występują również bardzo silne wiatry, wiejące z sektora północnego i północno-wschodniego.

Pod względem hydrograficznym badany obszar pozbawiony jest stałej sieci rzecznej. Rzeki mają charakter okresowy i prowadzą wodę jedynie w okresie topnienia pokrywy śnieżnej lub silniejszych opadów atmosferycznych. Największymi rzekami tego regionu są Sumgajczaj i Pirsagat. Źródłowe obszary tych rzek znajdują się w Wielkim Kaukazie na wysokości powyżej 2000 m. n.p.m. Rzeki te w biegu dolnym posiadają okresowy charakter. W Qobustanie sieć koryt okresowych ma dużą gęstość. Zapewne to przyczyniło się do nazwania tego obszaru „Kobustan", co w wolnym tłumaczeniu oznacza „krainę jarów". Charakterystycznym elementem sieci hydrograficznej półwyspu Apszerońskiego są liczne jeziora. Podobnie jak rzeki, większość z nich ma również okresowy charakter. Wypełnienie wodą następuje wiosną, a w późniejszym okresie na skutek dużego parowania dochodzi do zaniku jezior. Woda tych jezior jest słona lub słonawa. Z elementów hydrograficznych uwagę zwracają również sołonczaki czyli słone mokradła porośnięte specyficzną roślinnością halofilną (słonolubną). Jak już wcześniej wspomniano na badanym obszarze występują bardzo niskie opady. Stwarza to poważny problem, jeśli chodzi o zaopatrzenie w wodę, zarówno na potrzeby bytowo – gospodarcze, jak i nawodnień w rolnictwie. Aby zapobiegać negatywnym zjawiskom deficytu wody, wybudowano kanał Samursko – Apszeroński o długości 191 km, którego budowę zakończono w 1959 roku. Ujęcie wód zlokalizowano na dużej rzece Samur, odwadniającej wysokogórski Kaukaz. Niektóre części dorzecza tej rzeki położone są na wysokości powyżej 4000 m. n.p.m. Elementem tego sztucznego systemu hydrograficznego są również zbiorniki zaporowe, z których największy, Dżejranbaman zlokalizowany jest na północ od Baku. O tym jak cenna jest woda na badanym obszarze może świadczyć fakt, że cały zbiornik (o powierzchni kilkuset hektarów) jest ogrodzony i monitorowany.

Dominującym typem gleb na badanym obszarze są szaroziemy (płytkie gleby występujące na obszarach pustynnych i półpustynnych). Ze względu na wysokie parowanie znaczna ich część jest zasolona. W wyższych partiach gór Kobustanu występują typowe inicjalne i szkieletowe gleby górskie, zawierające znaczny (powyżej 60%) procent żwiru i kamieni.

Charakterystyka wybranych obiektów geoturystycznych

Niewątpliwie najbardziej interesujące obiekty geoturystyczne badanego obszaru związane są z występowaniem złóż ropy naftowej i gazu ziemnego. O występowaniu ropy na tym obszarze pisał już arabski geograf Al-Masudi w X wieku [4]. W ocenie autorów na szczególną uwagę zasługują obiekty wulkaniczne. Na obszarze tym znajdują się bowiem liczne **wulkany błotne** (Ryc. 2), z których wydobywają się trzy rodzaje substancji: gazowe (metan), ciekłe (ropa naftowa i woda) oraz stałe (ił, piasek oraz fragmenty pokruszonych skał; Ryc. 3). W zdecydowanej większości obiektów substancje te wyrzucane są równocześnie jako ich mieszanina. Wulkany błotne zwane są również pseudowulkanami [2]. Wulkany te są rzadkimi obiektami na Ziemi, a ich występowanie stwierdzono w nielicznych państwach, między innymi w Rumunii, Chinach, Japonii, Stanach Zjednoczonych oraz na półwyspie Krymskim [6]. Tylko niektóre z nich są powiązane ze zjawiskami wulkanicznymi, bowiem występowanie na pewnych głębokościach złóż ropy naftowej i gazu ziemnego jest związane z miejscami rozwiniętych zjawisk wulkanizmu błotnego [7]. W zdecydowanej większości przypadków występują one na obszarach gazonośnych i roponośnych. Wydobywanie się mieszanin na powierzchnię terenu spowodowane jest ciśnieniem, jakie panuje w skałach zbiornikowych (zwykle piaskowcach i wapieniach).



Ryc. 3. Wydobywająca się z wulkanu mieszanina wody, iłu, ropy i gazu ziemnego. Fot. Tadeusz Molenda.

Rodzaje i formy morfologiczne kobustańskich wulkanów błotnych są bardzo zróżnicowane. Wulkany duże posiadają stożki ścięte o wysokości względnej do 500 metrów i średnicy kraterów do pół kilometra. Przykładem tego typu obiektu może być wulkan Turagaj. Stożki tych wulkanów pocięte są licznymi rynnami erozyjnymi o zróżnicowanej głębokości, gdzie największa wynosi kilka metrów. Rynny te powstają w następstwie erozji wodnej. Część z rynien wykorzystywana jest do transportu mieszaniny wydobywającej się z krateru wulkanu. Wówczas w końcowej części rynny, u podnóża wulkanu, rozwijają się **stożki napływowe.** Mają one charakterystyczny kształt wachlarza. Drobnoziarnisty materiał, który podlega dalszemu transportowi, odprowadzany jest do najbliższego koryta rzeki okresowej. Dominującym typem są jednak **błotne sopki**, mające stożki i kratery dziesięciokrotnie mniejsze od poprzednich (Ryc. 4). Trzeci rodzaj – salzy, przybierają kształt nierozwiniętych półstożków o wyraźnym lejkowatym zagłębieniu, mającym średnice od kilkunastu centymetrów do 120 metrów [4].

W zależności od wielkości i aktywności wulkanu oraz typu wydobywających się mieszanin, obszar pokryty produktami erupcji może być bardzo duży. W przypadku wulkanu Achtarma–paszały pokryty tymi skałami teren zajmuje 40 km^2, Ajzachtarma – 31 km^2, podczas gdy Demirczi tylko 0,6 km^2. Grubość tych pokryw też jest różna i wynosi od 20 m w przypadku wulkanu Demirczi do 400 m w przypadku wulkanu Achtarma–paszały [4].

Aktywność poszczególnych wulkanów jest zróżnicowana. W przypadku błotnych sopek wyrzuty powtarzają się rytmicznie z częstotliwością od kilku do kilkunastu minut [3]. Wysokość wyrzutu jest niewielka i z reguły nie przekracza 1 m. Większe erupcje towarzyszą okresom wzmożonej aktywności sejsmicznej. W następstwie przesunięć w obrębie górotworu dochodzi do wzrostu ciśnienia zbiornikowego, a tym samym większych erupcji. W 2001 roku na jednym z wulkanów doszło do samozapłonu metanu, a płomień ognia sięgał 15 metrów wysokości.

Bardzo interesującymi formami są również **ropne źródła** (Ryc. 5). Są to miejsca, gdzie ze szczelin skalnych wypływa ropa naftowa. Wypływy takie bardzo często zlokalizowane są w partiach wierzchowinowych, gdyż siłą, która wyprowadza ropę na powierzchnię nie jest grawitacja, ale ciśnienie zbiornikowe. Ropa może również przedostawać się do wód gruntowych i wypływać w źródłach. Potoki spływającej ropy mogą niekiedy osiągać kilkaset metrów długości (Ryc. 5). Szlak spływu pokryty jest cięższymi bituminami (asfaltem), które powstały w wyniku odparowania lżejszych frakcji węglowodorów. Wypływy tego typu były pierwszymi miejscami, gdzie ludzie zaczęli pozyskiwać ropę naftową. Oprócz źródeł ropy naftowej występują tu również źródła mineralne. Część z nich to **źródła siarkowe**.

Obecność rozpuszczonego w wodzie siarkowodoru (H_2S) również należy wiązać ze złożami ropy naftowej i gazu ziemnego. Siarkowodór powstaje bowiem w następstwie biochemicznych procesów rozkładu materii organicznej i bardzo często występuje w wodach okalających złoża ropy naftowej i gazu [1, 5].

Jednak najbardziej spektakularną formą na tym obszarze są **ogniska płonącego gazu ziemnego** (Ryc. 6). Są to miejsca, gdzie dochodzi do samozapłonu metanu wydobywającego się szczelinami na powierzchnię ziemi. W przeszłości na obszarze Qobustanu i półwyspu Apszerońskiego istniało wiele tego typu miejsc. Dlatego też obszar ten był Mekką czcicieli ognia z Indii i Persji, którzy ściągali tutaj, aby oddawać cześć swoim bogom. W osadzie Surachany koło Baku zachowała się świątynia Ateszga, będąca



Ryc. 4. Wulkan błotny - Sopka. Fot. Tadeusz Molenda.



Ryc. 5. Źródło ropy naftowej (na pierwszym planie osady asfaltu). Fot. Tadeusz Molenda.



Ryc. 6. Yanar Dag – geostanowisko płonącego gazu ziemnego. Fot. Tadeusz Molenda.

miejscem kultu czcicieli ognia. Obecnie większość tych miejsc przestała istnieć. Jest to związane z eksploatacją ropy naftowej i gazu ziemnego, co doprowadziło do spadku ciśnienia zbiornikowego i ustania samowypływów. Obecnie jedyne miejsce, w którym nieprzerwanie pali się wydobywający na powierzchnię gaz, znajduje się na północ od Baku. Jest to obiekt Yanar Dag (Ryc. 6). Wydobywający się ze szczelin skalnych gaz płonie liniowo na długości około 10 m, a wysokość płomieni sięga 1,5 m. W strefie spalania doszło do wysokotemperaturowego przeobrażenia skał. W przypadku występujących tu piaskowców objawia się to zmianą ich barwy na czerwoną. Stwierdzono również na skałach naskorupienia siarki i salmiaków. Tworzywem do ich powstania jest siarkowodór (H_2S) oraz amoniak (NH_3). Część skał pokryta jest również sadzą. Podobne zjawiska obserwowane są na obszarach wulkanicznych w strefach fumaroli.

Ciekawym obiektem jest również kosa Szach – Dili. Jest to najbardziej wysunięta na południe część półwyspu Apszerońskiego. Obszar ten objęty jest ochroną prawną w formie Parku Narodowego. Pod względem morfologicznym jest to mierzeja, która powstała w następstwie współczesnych procesów akumulacji. Materiałem budującym mierzeję są różnoziarniste piaski. Materiał ten jest szczególnie podatny na procesy eoliczne, dlatego też cały obszar mierzei stanowi ciąg wydm. Wysokość poszczególnych wydm nie przekracza kilkunastu metrów, a większość z nich jest fragmentarycznie utrwalona przez roślinność. Bardzo interesującym zjawiskiem w analizowanych wydmach jest to, że oprócz materiału piaszczystego w ich budowie biorą również udział muszle mięczaków. Występują one zarówno w formie pokruszonych fragmentów, jak i całych muszli. W niektórych z wydm stwierdzono warstwy zbudowane wyłącznie z muszli. Jest to bardzo rzadkie zjawisko w skali świata. Osadzaniu transportowanych z wiatrem muszli sprzyja roślinność. Za kępami roślin tworzą się specyficzne „muszlowe” pagórki. W miejscach, gdzie wiatr wywiewa drobnoziarnisty materiał, pozostają gruboziarniste osady złożone z większych muszli. W następstwie złożonych procesów akumulacji, zarówno morskiej jak i wiatrowej (eolicznej), w strefie półwyspu Apszerońskiego doszło do utworzenia wewnętrznych jezior przybrzeżnych – lagun.



Ryc. 7. Krajobraz zdegradowany – następstwo eksploatacji ropy naftowej. Fot. Tadeusz Molenda.

Zróżnicowanie morfologiczno-hydrograficzne kosy Szach – Dili niewątpliwie wpływa na zwiększenie bioróżnorodności tego obszaru. Na bardzo ograniczonym powierzchniowo obszarze obserwujemy dużą mozaikę siedlisk. Rośliny mokradeł, takie jak trzcina *(Phragmites communis)* oraz tamaryszek *(Tamarix ramosissima),* sąsiadują bezpośrednio z sucholubnymi kserofitami. Do typowych roślin wydm, które tu występują, możemy zaliczyć wjunoka persidskiego *(Convolvulus persica)*, przęśl dwukłosową *(Ephedra distachya)* oraz babkę piaskową *(Plantago indica).* Pierwszy gatunek posiada charakterystyczne cechy przystosowawcze do życia w tych ekstremalnych warunkach. Cechują go grube skórzaste liście pokryte białym woskowatym nalotem i licznymi gęstymi włoskami.

Z występującej fauny należy wymienić fokę kaspijską *(Pusa caspica)*, która jest gatunkiem endemicznym. Kosa Szach – Dili to również siedlisko dla wielu gatunków ptaków wodno-błotnych. Do najbardziej interesujących zaliczyć możemy flaminga różowego *(Phoenicopterus roseus)* oraz pelikana kędzierzawego (*Pelecanus crispus)*.

Niewątpliwie do godnych uwagi obiektów geoturystycznych można zaliczyć słone jeziora. W strefie przybrzeżnej jeziora Masazir założono **saliny**. Są to stawy, na których w wyniku odparowania wody jeziornej uzyskuje się chlorek sodu [NaCl], czyli sól kuchenną. Proces krystalizacji chlorku sodu rozpoczyna się wówczas, gdy objętość początkowego roztworu (woda jeziorna) zmniejszy się do 9,5%. Wówczas z solanki o wysokim stężeniu zacznie wytrącać się chlorek sodu [NaCl]. Sól ta pozyskiwana jest na skalę przemysłową. Jezioro to posiada również duże walory krajobrazowe, gdyż barwa wody jest nietypowo czerwono-różowa i jest następstwem obecności halofilnych alg o czerwonym pigmencie. Zagospodarowanie słonych jezior na saliny znane jest również z basenu Morza Śródziemnego i Morza Czarnego oraz innych rejonów świata o suchym klimacie. O dużych walorach geoturystycznych takich obiektów mogą świadczyć muzea soli, założone w miejscach salin. Muzea takie znajdują się miedzy innymi w miejscowości Pomorie (Bułgaria). Można tam zapoznać się z technicznym aspektem budowy salin, a także procesem powstawania skał ewaporatowych.

Oprócz walorów związanych z obiektami przyrodniczymi na uwagę zasługują również obiekty kultury materialnej. Najbardziej interesujące są petroglify zlokalizowane w południowo-wschodniej części Qobustanu. Petroglify to wyryte w skale rysunki, na ogół prehistoryczne dzieła ludzi z ery neolitycznej. W Qobustanie, na różnych stanowiskach archeologicznych, stwierdzono ponad cztery tysiące naskalnych rysunków. Przedstawiają one sceny z życia ludów łowiecko-zbierackich, zamieszkujących w przeszłości te ziemie. Rysunki te znajdują się w miejscach, gdzie koczownicy zakładali okresowe obozowiska. Wybór tych miejsc nie był przypadkowy. Wykorzystywali oni wzgórza zbudowane z piaskowców, które wykazywały efekt **wietrzenia blokowego** (makrogeliwacja). Rozpad taki dostarcza dużych ostrokrawędzistych bloków oraz głazów. Labirynt, jaki powstaje pomiędzy poszczególnymi blokami, sprzyja założeniu obozowisk (zacienienie, ochrona przed wiatrem, deszczem), ułatwia również zakładanie pułapek oraz maskowanie podczas polowań na zwierzęta. Tak więc wybór piaskowcowych wzgórz cechujących się rozpadem blokowym nie był przypadkowy. Wzgórza same w sobie stanowią również obiekt geoturystyczny, bowiem umożliwiają zapoznanie się z problematyką wietrzenia fizycznego. Współcześnie bloki piaskowcowe modelowane są poprzez procesy eoliczne (korazję). W następstwie ścierania na piaskowcowych blokach tworzą się charakterystyczne nacięcia.

Niestety w wielu miejscach eksploatacja ropy naftowej spowodowała bardzo silną degradację środowiska i zniszczenie wielu interesujących geostanowisk (Ryc. 7).

Podsumowanie

Jak wynika z powyższej charakterystyki, na obszarze północno-wschodniego Azerbejdżanu znajdują się liczne obiekty o wysokich walorach geoturystycznych. Prezentowane w pracy obiekty nie są jednak powszechnie znane. Wynika to zapewne z braku odpowiedniego rozpoznania, wypromowania i udostępnienia. Jedyne nowoczesne muzeum multimedialne znajduje się przy stanowisku archeologicznym z petroglifami. W muzeum tym znajdują się zróżnicowane ekspozycje, poświęcone nie tylko archeologii, ale również przyrodzie Kobustanu. Na terenie Parku Apszerońskiego znajduje się ścieżka edukacyjna z tablicami informacyjnymi. Dostęp do geostanowiska płonącego metanu jest regulowany, a wejście na jego teren wiąże się z opłatą. Jednak nie znajduje się tam ani jedna tablica informacyjna opisująca ten obiekt. Również pozostałe geostanowiska, zidentyfikowane i scharakteryzowane w artykule, w żaden sposób nie są opisane i udostępnione. Świadczy to o zaniżeniu wartości niezaprzeczalnych walorów geoturystycznych tego obszaru.

Bibliografia:

1. Craig J.R., Vaughan D.J., Skinner B.J., 2003: Zasoby Ziemi, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 503 s.
2. Klimaszewski M., 1994: Geomorfologia, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
3. Książkiewicz M., 1968: Geologia dynamiczna, Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa.
4. Lankamer T., 1986: Słoneczne Zakaukazie, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, 135 s.
5. Macioszczyk A., Dobrzyński D., 2002: Hydrogeochemia strefy aktywnej wymiany wód podziemnych, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 448 s.
6. Migoń P., 2012: Geoturystyka, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 196 s.
7. Modrzejewski P., Szczypek T., 1976: Wulkany błotne i ich związek z występowaniem ropy naftowej i gazu ziemnego (na przykładzie wulkanów błotnych w Azerbejdżanie), Wszechświat, zeszyt 11, 275–279.
8. Słomka T., Kicińska–Świderska A., 2004: Geoturystyka – podstawowe pojęcia, Geoturystyka 1, 5–7.

mgr Joanna Kidawa, dr hab. Tadeusz Molenda - Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi. E-mail: tadeusz.molenda@us.edu.pl, joanna.kidawa@us.edu.pl
dr Paweł Nejfeld, Pracownia Ekspertyz Środowiskowych „Dendrus", Żywiec. E-mail: pawelnejfeld@interia.pl

W ZDROWYM CIELE ZDROWY MÓZG. RELACJE POMIĘDZY UKŁADEM ODPORNOŚCIOWYM, NERWOWYM I HORMONALNYM

Joanna Ewa Sowa, Krzysztof Tokarski (Kraków)

Streszczenie

Coraz więcej badań wskazuje na interakcje pomiędzy układem nerwowym, odpornościowym i hormonalnym. Szczególnie widoczne jest to podczas reakcji organizmu na stres, gdzie aktywuje się oś podwzgórzowo-przysadkowo-nadnerczowa (PPN) oraz układ współczulno-nadnerczowy. Mało tego, okazuje się, że nasz mózg nie jest wcale tak dobrze „chroniony" przed infekcjami, jak się wcześniej wydawało, a cząsteczki wydzielane przez komórki układu odpornościowego nie ograniczają się tylko do procesów związanych z chorobami, ale również pełnią ważne funkcje podczas rozwoju naszego układu nerwowego oraz w mózgu zdrowych dorosłych osobników.

Abstract

There are more and more data about interactions between nervous, immune and endocrine systems. It is especially apparent during the response of an organism to stressors, when hypothalamic-pituitary-adrenal axis (HPA) and sympathetic-adrenal medullary axis are activated. Moreover, it turns out that our brain is not that much "protected" from the infections as was thought earlier and molecules that are secreted from immune cells are not limited only to processes involved in diseases, but they are also crucial during neurodevelopment and in the healthy adult brain.

Ludzki mózg jest jednym z najbardziej skomplikowanych narządów wykształconych na drodze wielu milionów lat ewolucji. W skład mózgu człowieka wchodzi około 100 miliardów połączonych ze sobą komórek nerwowych. Każdy neuron, zarówno na swojej powierzchni, jak i wewnątrz posiada setki różnych białek (np. kanałów jonowych, receptorów), niezbędnych do otrzymywania i przetwarzania impulsów nerwowych. Obserwując pracę komórek mózgowych naukowcy ustalili, że w każdej sekundzie życia dociera do nas około 100 megabajtów informacji. Niewielka część z nich jest odbierana przez nas

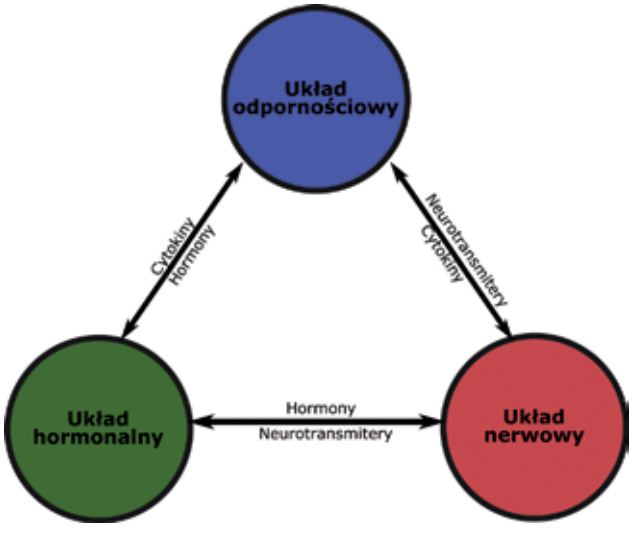
w sposób świadomy, natomiast większość docierających do nas bodźców w sposób podświadomy modyfikuje naszą percepcje oraz emocje, wpływając tym samym na podejmowane przez nas decyzje.

Czy w takim razie wybory, które dokonujemy w naszym życiu są kierowane naszą wolną świadoma wolą, czy też jest to raczej wynik tysięcy reakcji chemicznych przebiegających w każdej chwili w naszym mózgu i milionów wyładowań neuronalnych indukowanych informacjami, z których istnienia nie zdajemy sobie nawet sprawy? Francis Crick, laureat Nagrody Nobla, jeden z odkrywców struktury przestrzennej DNA, napisał w swojej książce „Zdumiewające hipotezy": *"Ty, Twoje wybory, ... i wolna wola, tak naprawdę nie są niczym więcej jak skutkiem pracy komórek nerwowych i związanych z nimi cząsteczek"*. Można się nie zgadzać z aż tak skrajnym biologicznym determinizmem naszej woli, ale niewątpliwie emocje mają ogromny udział w każdej podejmowanej przez nas decyzji i oddzielenie czysto biologicznych procesów od emocji w procesie podejmowaniu decyzji wydaje się być niemożliwe. Czy wobec lawinowej ilości informacji docierających do naszego mózgu i przetwarzanej bez udziału naszej świadomości, nasze zachowanie może być uzależnione od wyładowań pojedynczej komórki nerwowej lub aktywacji określonego połączenia synaptycznego?

Poszukiwaniem odpowiedzi na te pytania zajmuje się dyscyplina nauki nazwana psychoendoneuroimmunologią. Nazwa tej dyscypliny naukowej sugeruje zaangażowanie w pracach badawczych metod z różnych, a nawet pozornie odległych od siebie dziedzin wiedzy. Dzieląc tę skomplikowaną nazwę dyscypliny na części, możemy zobaczyć przedrostek psycho- (z psychologii), endo- (z endokrynologii – nauki o hormonach), neuro- (z neurobiologii) i immunologii (z nauki o systemie odpornościowym). Reasumując, psychoendoneuroimmunologia jest multidyscyplinarną nauką o interakcjach pomiędzy procesami psychologicznymi i fizjologicznymi mechanizmami przewodzenia bodźców w układzie nerwowym w aspekcie ich modulacji przez układy hormonalny i odpornościowy.

Układ nerwowy, odpornościowy i hormonalny – trzy niezależne systemy czy jeden złożony układ?

Rozpatrując integrację tych trzech układów, tj.: nerwowego, odpornościowego i hormonalnego, należy zwrócić uwagę na podobieństwa występujące pomiędzy nimi. Dotyczą one występowania wyspecjalizowanych i różnorodnych komórek oraz ich wzajemnych oddziaływań, a ponadto podobieństwa procesów występujących w tych układach. Zarówno w układzie nerwowym, jak i odpornościowym następuje rozpoznawanie bodźców oraz proces uczenia się i powstawania pamięci. Układ nerwowy wpływa na układ hormonalny, który uwalniając hormony moduluje działanie układu nerwowego oraz wpływa na mechanizmy odporności. Psychoneuroendoimmunologia pozwala nam odkrywać coraz więcej podobnych funkcjonalnych powiązań między tymi trzema układami [17]. Systemy te wytwarzają przekaźnikowe cząsteczki, zwane odpowiednio neuroprzekaźnikami, cytokinami oraz hormonami, które wraz ze specyficznymi dla nich receptorami są używane jako powszechny chemiczny język dla komunikacji między nimi (Ryc. 1). Sam fakt, że nasze narządy limfatyczne są unerwione, sugeruje mocną zależność między tymi układami. Dodatkowo leukocyty, czyli komórki układu odpornościowego, posiadają receptory dla neuroprzekaźników i hormonów. Co więcej, na błonach neuronów i komórek glejowych, komórek występujących w mózgu, znaleziono receptory dla cytokin, czyli białek zaangażowanych w modulacje odpowiedzi układu odpornościowego. W konsekwencji wszystkie te trzy układy pozostają w stanie dynamicznej interakcji, zarówno gdy jesteśmy zdrowi, jak i podczas choroby. To ciągle współdziałanie trzech układów nie ogranicza się tylko do „podstawowych" biologicznych i chemicznych procesów, ale wpływa na postrzeganie otaczającego nas świata poprzez modulację naszych doznań i emocji, a tym samym naszego zachowania [7]. Dobrze ilustruje to przykład reakcji organizmu na stres.



Ryc. 1. Schemat przedstawia zależności między układem odpornościowym, hormonalnym i nerwowym oraz ich cząsteczki przekaźnikowe. Rycina wykonana przez autorkę.

Odpowiedź układu nerwowego na zagrożenie

W terminologii medycznej stres jest zaburzeniem homeostazy, spowodowanym potencjalnie zagrażającym czynnikiem fizycznym lub psychologicznym. Mózg mobilizuje organizm do podjęcia odpowiedniego zachowania w odpowiedzi na sytuację stresogenną poprzez aktywację szlaków nerwowych, należących do współczulnego układu nerwowego oraz za pośrednictwem hormonów [10]. Reakcja na stres, rozumiana jako adaptacja do aktualnych wymagań stawianych organizmowi, jest procesem dynamicznym, koordynowanym przez struktury mózgowego ośrodkowego układu nerwowego (OUN) i obejmuje aktywację mechanizmów neuronalnych i neurohormonalnych.

Krótkotrwały stres

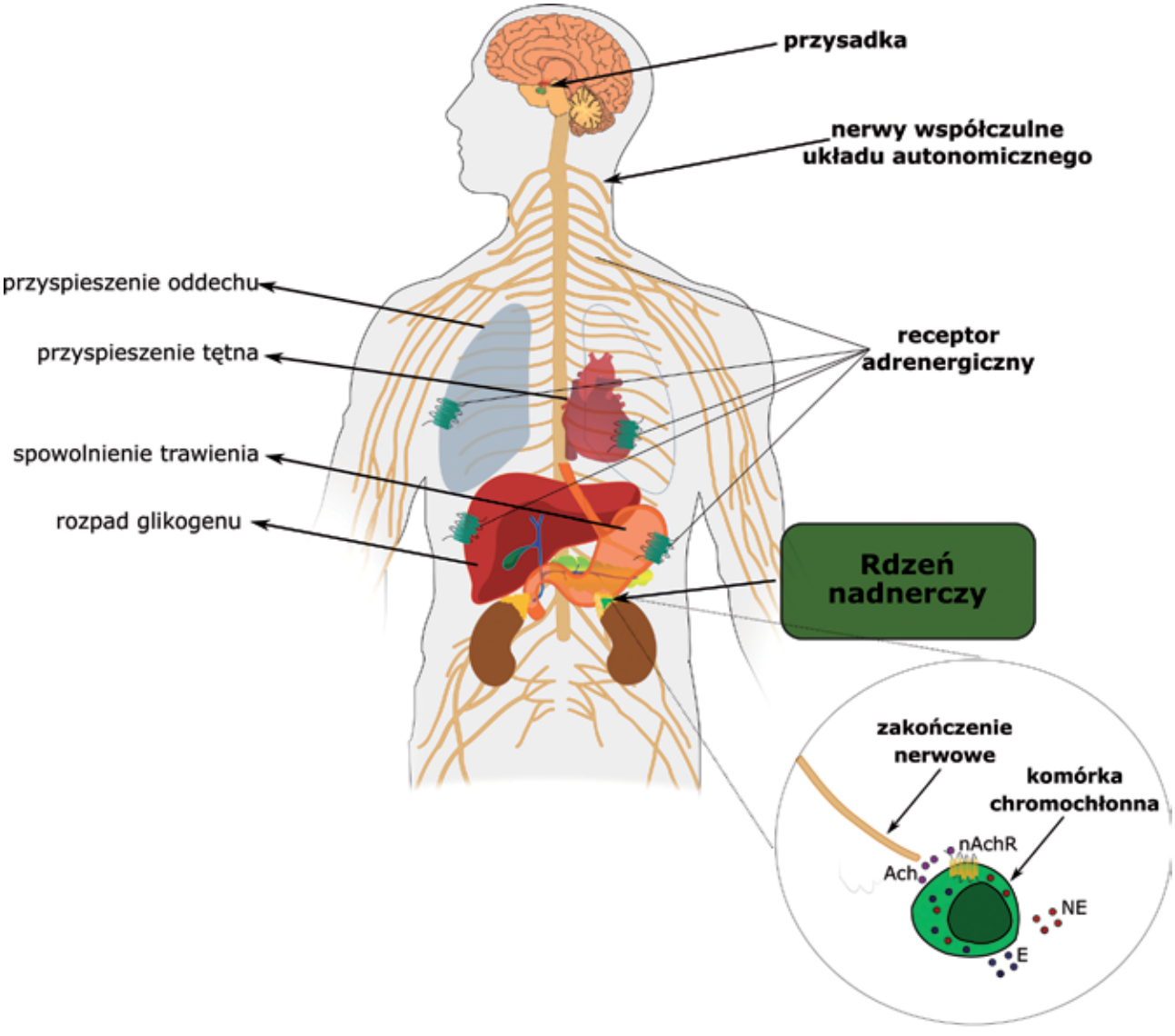
W proces odpowiedzi na stres zaangażowane są ośrodkowe neurony zawierające neuroprzekaźniki monoaminowe, takie jak noradrenalina, dopamina (są to aminy katecholowe) oraz serotonina, struktury mózgu zaangażowane w emocje (układ limbiczny), układ współczulno–nadnerczowy (ang. symphato–adrenal system, SAS), oś podwzgórzowo–przysadkowo–nadnerczowa (PPN), a także układ odpornościowy [13]. Jednakże do klasycznych i najlepiej przebadanych zaliczamy układ współczulny oraz oś PPN.

Czynniki, które stanowią bezpośrednie zagrożenie i wymagają natychmiastowego działania, np. pojawienie się drapieżnika, pobudzają układ współczulno–nadnerczowy [2]. Wywołuje to tzw. reakcję walki lub ucieczki (ang. *fight or flight*), polegającą na mobilizacji organizmu do szybkiego i sprawnego reagowania na potencjalnie niebezpieczną sytuację. Pobudzone współczulne neurony przedzwojowe na swoich zakończeniach w rdzeniu nadnerczy (ang. *adrenal medulla*) uwalniają acetylocholinę (ACh), która aktywuje receptory nikotynowe (ang. *nicotinic acetylcholine receptors*, nAChRs) znajdujące się na komórkach chromochłonnych (Ryc. 2). Z kolei komórki rdzenia nadnerczy syntetyzują i uwalniają do krwiobiegu aminy katecholowe – adrenalinę i noradrenalinę, które działając poprzez receptory adrenergiczne, wpływają na funkcje narządów wewnętrznych podobnie jak układ współczulny. W chwilę po tym, gdy dostaną się one do krwi, następuje przyśpieszenie tętna i oddechu, rozszerzają się oskrzela i źrenice; intensyfikuje rozkład zapasowych tłuszczów, a także wątrobowych zasobów glikogenu, poprawia ukrwienie mięśni szkieletowych, serca i mózgu. Spowolnieniu ulega trawienie i wchłanianie pokarmu w przewodzie pokarmowym. Organizm szykuje się do walki. Układ współczulno–nadnerczowy mobilizuje zasoby energetyczne, przygotowując w ten sposób organizm do podjęcia walki lub ucieczki [15]. Podsumowując, aktywacja autonomicznego układu nerwowego, (a konkretnie jego współczulnej części), w odpowiedzi na czynnik stresowy jest jednym z podstawowych mechanizmów przygotowania organizmu do podjęcia bardzo szybkiego działania o intensywnym, aczkolwiek krótkim czasie trwania (skutki wyrzutu amin katecholowych nie są długotrwałe, gdyż hormony te mają stosunkowo krótki okres półtrwania, wynoszący około dwóch minut). Jego aktywacja ma za zadanie przygotowanie organizmu do natychmiastowej walki lub ucieczki [4].

Układ współczulny unerwia też organy układu odpornościowego, takie jak węzły chłonne, śledzionę i grasicę. Zakończenia nerwowe układu współczulnego wydzielają neuroprzekaźnik noradrenalinę, która może bezpośrednio działać na te organy lub wpływać na funkcję komórek odpornościowych. Odkryto też, że większość limfocytów wyposażona jest w receptory β-adrenergiczne (wrażliwe m.in. na powiązane ze stresem adrenalinę i noradrenalinę), a nawet, że w narządach limfatycznych podczas trwającej infekcji wydzielana jest noradrenalina. W narządach limfatycznych stwierdzono także obecność zakończeń nerwowych cholinergicznych i peptydergicznych oraz występowanie na limfocytach odpowiednich receptorów umożliwiających odbieranie bodźców z neuronów [2]. Ogólnie przyjmuje się, że w momencie wystąpienia sytuacji stresowej nasilona stymulacja adrenergiczna powoduje hamowanie uwalniania czynników prozapalnych i odpowiedzi immunologicznej organizmu.

Podczas stresu aktywuje się również oś PPN. Osiąga ona swoje efekty przez wydzielanie hormonów z mózgu, które podróżują w krwi aż do rdzenia nadnerczy, prowadząc do produkcji glukokortykoidów, u ludzi głównie kortyzolu (Ryc. 3). Działanie stresora pobudza komórki nerwowe w jądrze przykomorowym podwzgórza do wydzielania kortykoliberyny (ang. *corticotropin-releasing hormone*, CRH). Gdy CRH przyłącza się do swoich receptorów w przednim płacie przysadki, pobudza tam znajdujące się komórki do wydzielania hormonu adrenokortykotropowego (ACTH) do krwioobiegu. ACTH z kolei działa na komórki kory nadnerczy, które wydzielają hormony glikokortykosteroidowe, potocznie nazywane hormonami stresu, u człowieka w największej ilości produkowany jest kortyzol, natomiast u gryzoni – kortykosteron. Podwyższony poziom wydzielania glikokortykoidów w sytuacji stresowej wywiera

pozytywny wpływ na organizm, ponieważ prowadzi do jego mobilizacji. Poprzez aktywację receptorów kortykosterydowych (głównie glukokortykoidowy; ści, a więc wpływają na odpowiedź układu odpornościowego i na procesy zapalne. Paradoksalnie hamowanie odpowiedzi immunologicznej przez aktywacje



Ryc. 2. Schemat przedstawiający działanie układu współczulno-nadnerczowego na stres. Wielkość receptora adrenergicznego została przedstawiona nie zachowując proporcji, w celu ilustracji, na jakich narządach się znajduje. Ach – acetylocholina, nAch – receptor nikotynowy, E – adrenalina, NE – noradrenalina. Rycina wykonana przez autorkę.

GR) powoduje m.in. wzrost poziomu glukozy we krwi, nasilenie glukoneogenezy (proces powstawania glukozy w wątrobie), a także nasilenie rozkładu kwasów tłuszczowych. Ogólnie podniesiony poziom hormonów glukokortykoidowych ma za zadanie przestawienie organizmu na wyższy poziom aktywności fizycznej, psychicznej i emocjonalnej, która sprzyja pokonaniu czynników stresogennych [14]. Glukokortykoidy oddziałują również na podwzgórze i przysadkę, powodując przez pętlę ujemnego sprzężenia zwrotnego zmniejszenie własnego uwalniania.

Zarówno noradrenalina wydzielana przez układ współczulny, jak i kortyzol, produkt aktywacji osi PPN, są znane ze swoich przeciwzapalnych właściwo- w stresie zarówno układu współczulnego, jak i osi PPN, jest korzystne dla przeżycia organizmu w sytuacjach wymagających walki lub ucieczki. Podniesiony poziom amin katecholowych oraz hormonów glukokortykoidowych zapobiega w przypadku zranienia pojawieniu się opuchlizny i bólu, czyli zjawisk utrudniających walkę lub ucieczkę przed drapieżnikiem. Dodatkowo krótkotrwały stres wzmaga również niektóre reakcje odpornościowe z udziałem makrofagów i neutrofili pochłaniających bakterie, a także z udziałem komórek NK (zabijających komórki zakażone wirusami i niektóre komórki nowotworowe). Wskazuje to, że krótkotrwały stres działa korzystnie. Sytuacja wygląda zupełnie inaczej, gdy napięcie, a wraz

z nim aktywacja części współczulnej autonomicznego układu nerwowego, ulega przedłużeniu. Pod jego wpływem rdzeń i kora nadnerczy zaczynają pracować na pełnych obrotach, a nadmierna produkcja katecholamin oraz glukokortykoidów przechodzi w stan długotrwały, przez co pojawiają się zaburzenia w działaniu układu immunologicznego połączone z bardzo silnym spadkiem odporności.

Długotrwały stres

Ci z nas, którzy doświadczają stresu codziennie, mają większe ryzyko problemów zdrowotnych. Chroniczny psychologiczny stres prowadzi do wielu negatywnych konsekwencji, wpływając tym samym na wszystkie nasze główne układy ciała. Lista schorzeń wywołanych przez stres jest długa. Największą grupę stanowią choroby serca i układu krążenia. Coraz więcej badań przemawia też za tym, że osoby zestresowane są bardziej narażone na niektóre nowotwory. Stres również często wyzwala lub zaostrza objawy chorób autoimmunologicznych, np. Hashimoto, Gravesa-Basedowa, reumatoidalne zapalenie stawów (RZS), cukrzyca typu 1 lub 2, zespół suchości śluzówek, a także wrzodziejące zapalenie jelita grubego. Wiele wskazuje na to, że stres może odgrywać rolę w powstawaniu zaburzeń psychicznych. Oprócz ogromnej ilości nerwic spowodowanych stresem przypuszcza się, że stres ma udział w patogenezie chorób psychicznych, takich jak depresja czy też schizofrenia [11].

Jak widać, paradoksalnie, z jednej strony stres jako reakcja organizmu na zagrożenie jest niewątpliwym zyskiem ewolucyjnym, z drugiej zaś ze stresem wiąże się ogromną liczbę schorzeń. Skąd bierze się ta sprzeczność?

U człowieka pierwotnego reakcją na stres była walka lub ucieczka, krótka, intensywna aktywność, po której następował czas odprężenia aż do następnego zagrożenia. Na przestrzeni tysięcy lat człowiek tworzył w postępie cywilizacyjnym społeczności żyjące w warunkach coraz bardziej odbiegających od pierwotnego stylu życia. Ostatnie dziesięciolecia przyniosły wręcz lawinową zmianę stylu życia i prawie całkowicie odizolowały nas od natury. Współczesne życie wymaga zupełnie innego dostosowania, jednakże przekształcenie otaczającego nas środowiska i naszego stylu życia nastąpiły zbyt szybko, by zadziałały odpowiednie mechanizmy ewolucyjne. Nasz organizm i jego neurohormonalne mechanizmy pozostały bez zmian i reagują na zagrożenia tak, jak przed tysiącami lat. I w tym tkwi problem. W obecnych czasach nie jesteśmy w stanie uniknąć lub zlikwidować wielu, jeżeli nie większości, czynników stresowych na nas oddziaływujących. Brak możliwości efektywnej walki lub ucieczki od niekorzystnych bodźców jest kolejnym czynnikiem mobilizującym organizm w jeszcze wyższym stopniu, by rozwiązać zagrożenie. Coraz silniejsza mobilizacja organizmu staje się bezużyteczna, a wręcz szkodliwa i wyniszczająca dla ludzkiego ciała i umysłu. Długotrwale podniesione poziomy hormonów związanych ze stresem powodują stale utrzymujące się wysokie ciśnienie krwi, nadmierne stężenie glukozy oraz zwiększony metabolizm i obniżoną odpowiedź immunologiczną. Ten stan fizjologiczny, o ile utrzymywany na przestrzeni sekund czy minut jest korzystny, w dłuższym czasie jest bardzo silną patologią, w konsekwencji prowadzącą do wystąpienia w organizmie procesów patofizjologicznych. Nerwowa stymulacja komórek podwzgórza przeważa nad ich hamowaniem przez stale aktywną oś PPN i zwiększone stężenie kortyzolu we krwi, co prowadzi do dysregulacji osi PPN, przełamania ujemnego sprzężenia zwrotnego i stężenie glukokortykoidów znacznie wzrasta we krwi.

Immunosupresja, będąca wynikiem działania kortyzolu, doprowadza do tego, że organizm nie jest w stanie skutecznie zwalczać patogenów. Paradoksalnie stałe, długotrwałe wydzielanie kortyzolu może spowodować, że na zasadzie kompensacji układ immunologiczny staje się na niego coraz mniej wrażliwy, co doprowadza do zaostrzenia istniejących w organizmie procesów zapalnych, między innymi poprzez zbyt wysoki poziom mediatorów reakcji zapalnej cytokin prozapalnych. Hormony stresu łączą się z receptorami komórek odpornościowych – m.in. limfocytów, monocytów, makrofagów i granulocytów – i modyfikują ich funkcjonowanie. Zmieniają krążenie komórek odpornościowych pomiędzy krwią, limfą i unaczynionymi tkankami, regulują podziały limfocytów T i ich różnicowanie w komórki typu Th1 i Th2, modyfikują poziom wydzielania cytokin przez limfocyty i makrofagi, produkcję przeciwciał przez limfocyty B, aktywność cytotoksyczną limfocytów T.

Nadmiar kortyzolu działa dwojako. Z jednej strony osłabia zdolność do obrony przed infekcjami, z drugiej zaś – paradoksalnie – sprzyja m.in. nasileniu objawów alergii. Żeby zrozumieć, dlaczego się tak dzieje, warto sobie uzmysłowić, że prawidłowe funkcjonowanie układu odpornościowego zależy od równowagi pomiędzy dwoma głównymi typami komórek „zarządzających" ogółem reakcji odpornościowych – limfocytami Th1 i Th2. Pierwsze z nich w zasadzie nadzorują obronę przeciwwirusową i przeciwbakteryjną, natomiast limfocyty Th2 przede wszystkim uczestniczą w obronie przed ro-

bakami pasożytniczymi i w odpowiedzi na alergeny. Wzmocnienie reakcji odpornościowej jednego typu powoduje osłabienie mechanizmów drugiego typu. Wywołane chronicznym stresem duże stężenie glukokortykoidów nasila odpowiedź typu Th2, co sprzyja alergii i chorobom autoimmunizacyjnym z dominującą odpowiedzią humoralną (syntezą przeciwciał), m.in. w miastenii, chorobie Gravesa–Basedowa, toczniu układowym rumieniowatym, a także w autoimmunizacyjnej niedokrwistości hemolitycznej. Równocześnie glukokortykoidy wyciszają reakcje z udziałem limfocytów typu Th1, zwiększając ryzyko infekcji. Badania na zwierzętach dowodzą również, że w stresie krótkotrwałym nieznacznie zwiększony poziom katecholamin i glukokortykoidów wzmaga siły obronne organizmu, natomiast gdy ich stężenia przekroczą pewną wartość krytyczną, zaczynają one hamować aktywność komórek obronnych. W stresie chronicznym występuje jedynie efekt hamujący [12]. I tu właśnie kryje się odpowiedź na zadane pytanie!

Warto dodać, że w warunkach fizjologicznych zaktywowane makrofagi i inne komórki układu odpornościowego, uczestniczące w obronie przed organizmami chorobotwórczymi, wydzielają prozapalne cytokiny (IL-1, IL-6, TNFα). Pełnią one funkcję przekaźników informacji nie tylko w układzie odpornościowym, lecz także pomiędzy układem odpornościowym i neuroendokrynnym. Receptory dla cytokin występują m.in. w ośrodkowym układzie nerwowym i pośredniczą w aktywowaniu osi podwzgórze–przysadka–nadnercza (Ryc. 3). Pobudzają neurony podwzgórza do wydzielania kortykoliberyny (CRH), co z kolei stymuluje komórki przysadki do wydzielania hormonu adrenokortykotropowego (ACTH). Ten z kolei mobilizuje korę nadnerczy do wydzielania glukokortykoidów. One zaś – jak już wiemy – działają hamująco na funkcje makrofagów, neutrofilów, eozynofilów, bazofilów i limfocytów. Aktywacja ośrodkowego układu nerwowego przez cytokiny powoduje również pobudzenie części współczulnej autonomicznego układu nerwowego i za jego pośrednictwem, przez receptory β-adrenergiczne, także ograniczenie aktywności komórek odpornościowych (Ryc. 2). Mamy więc tutaj bezpośrednią rolę cytokin w modulacji osi PPN i układu współczulnego. Mało tego, istnieje coraz więcej dowodów na to, że te małe białka mają ogromny wpływ na nasze samopoczucie oraz pełnią ważne funkcje w mózgu.

Cytokiny i układ odpornościowy

Cytokiny są to białka produkowane przede wszystkim przez komórki układu odpornościowego, takie jak monocyty, makrofagi, limfocyty, a w mózgu – przez mikroglej i astrocyty. Cytokiny są aktywowane podczas pojawienia się infekcji czy stanu zapalnego. Początkowo cytokiny były uważane za białkowe mediatory stanu zapalnego oraz krwiotworzenia, jednak obecnie wiadomo, że funkcje cytokin szeroko wykraczają poza udział w tych procesach. Cytokiny to duża grupa ponad 100 białek regulatorowych, które mogą być uważane za swego rodzaju hormony układu immunologicznego, regulujące wzrost, proliferację i aktywność komórek. Do szerokiego zakresu dotychczas poznanych działań biologicznych cytokin należy m.in.: wpływ na bilans energetyczny organizmu poprzez zmianę łaknienia oraz poziomu metabolizmu, modulacja aktywności autonomicznego układu nerwowego, wpływ na funkcje i strukturę układu krążenia, działanie obniżające nastrój, zwiększenie senności oraz regulacja wydzielania hormonów. Cytokiny prozapalne działają jak zielone światło dla komórek odpornościowych i są jednym z istotnych czynników wywołujących mobilizację układu odpornościowego. Jak już wspominano, w sytuacji fizjologicznej aktywacja systemu immunologicznego przez rozpoznany patogen inicjuje zarówno procesy prozapalne, jak również, poprzez pobudzenie układu PPN i tym samym uwolnienie kortyzolu, hamuje procesy zapalne po eliminacji patogenu. W przypadku zaburzenia zwrotnego hamowania procesów prozapalnych, na przykład na wskutek długotrwałego psychologicznego stresu, dochodzi do powstania przewlekłego stanu zapalnego i w konsekwencji pojawieniu się chorób o podłożu autoimmunologicznym lub nowotworowych, a nawet psychicznym, jak depresji i schizofreni. Ale w jaki sposób białka układu odpornościowego są w stanie wpływać na układ nerwowy i nasze procesy psychiczne?

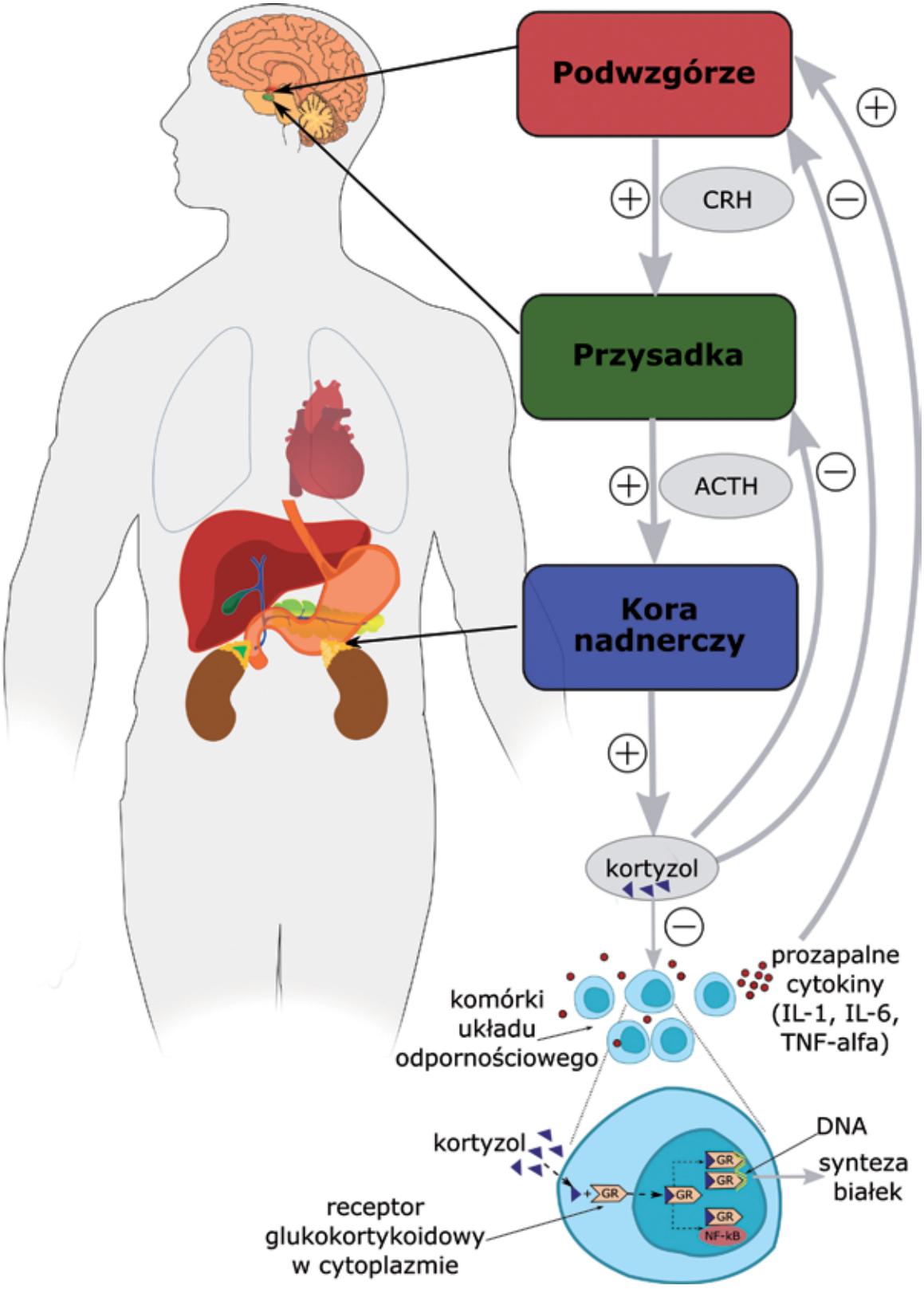
Jak układ odpornościowy opanowuje nasz mózg?

Przez długi czas uważano, że mózg jest uprzywilejowanym immunologicznie organem, a neurony są zbyt cenne, by ryzykować ich utratę w walce z bakteriami i wirusami, przed czym chroni je szczelna bariera krew-mózg, tworząca bardzo selektywną „bramę" pomiędzy tkanką nerwową a zawartością naczyń krwionośnych. Jednakże w ciągu ostatnich lat pogląd ten uległ dramatycznej zmianie i coraz więcej danych wskazuje jak nieszczelna jest ta bariera.

Największa nieszczelność bariery krew–mózg ma miejsce w komorach mózgu (są to duże wypełnione płynem jamy), pozwalając komórkom i cytokinom przechodzić do mózgu. Liczne badania pokazują, że komórki mózgu oraz cytokiny, które są przez nie

produkowane, są zdolne do przekraczania bariery krew–mózg, wpływając na funkcję zarówno neuronów, jak i komórek glejowych (komórek w mózgu odpowiedzialnych za odżywanie i pomoc komórkom nerwowym) [8], [9].

Co więcej, nie tak dawno, bo w 2015 roku, zespół Louveau [10] odkrył, że układ nerwowy posiada swoją sieć naczyń limfatycznych i wyścielają one zatoki opon mózgowo-rdzeniowych, które chronią mózg przed urazami mechanicznymi. Naczynia limfatycz



Ryc. 3. Schemat przedstawiający działanie osi podwzgórze-przysadka-nadnercza na stres. CRH - kortykoliberyna, ACTH - hormon adrenokortykotropowy. Rycina wykonana przez autorkę.

ne to podobne do żył i tętnic struktury, które przenoszą limfę i działają jak droga szybkiego ruchu dla wędrujących komórek układu odpornościowego. Badania te jako pierwsze pokazują bezpośrednią drogę z układu odpornościowego do mózgu, co umożliwia nowy kierunek badań przyczyn neurologicznych zaburzeń związanych z dysfunkcjami układu odpornościowego, jak choroba Alzheimera, depresja czy stwardnienie rozsiane.

Jak już wiemy, komórki układu odpornościowego przechodzą do mózgu oraz wpływają na ośrodkowy układ nerwowy, a także produkują odpowiedź, której każdy z nas doświadczył. Mamy przeziębienie i czujemy się paskudnie. I tutaj nie chodzi tylko o uporczywy katar, czy ból gardła i kaszel. Jesteśmy również zrzędliwi, nie odczuwamy apetytu i jesteśmy strasznie zmęczeni. Są to właśnie zmiany zachowania i nastroju wywołane przez nasz układ odpornościowy w odpowiedzi na inwazję bakterii w naszym ciele, przeziębienie lub każdy inny patogen, który postrzega nasze ciało jako dobre miejsce do swojego rozwoju. Zjawisko to nazwane zostało „zachowaniem chorobowym" (ang. *sickness behaviour*) i charakteryzuje się zestawem psychologicznych zmian, takich jak zmęczenie, lęk, niestabilność nastroju, utrata apetytu, uczucie zmęczenia, niezdolność do koncentracji, brak odczuwania przyjemności w czynnościach, które normalnie nam ją sprawiały, problemy ze snem oraz wzmożone odczuwanie bólu. Kiedy sygnał o tym, że patogeny znajdują się w naszym ciele dociera do komórek układu odpornościowego, zarówno one, jak i produkowane przez nie cytokiny, napływają do naszego mózgu, wpływając na nasze zachowanie, co wydaje się adaptacyjne z ewolucyjnego punktu widzenia, ponieważ indukują zachowanie prowadzące do pozostania w łóżku i oszczędzania energii na walkę z chorobą.

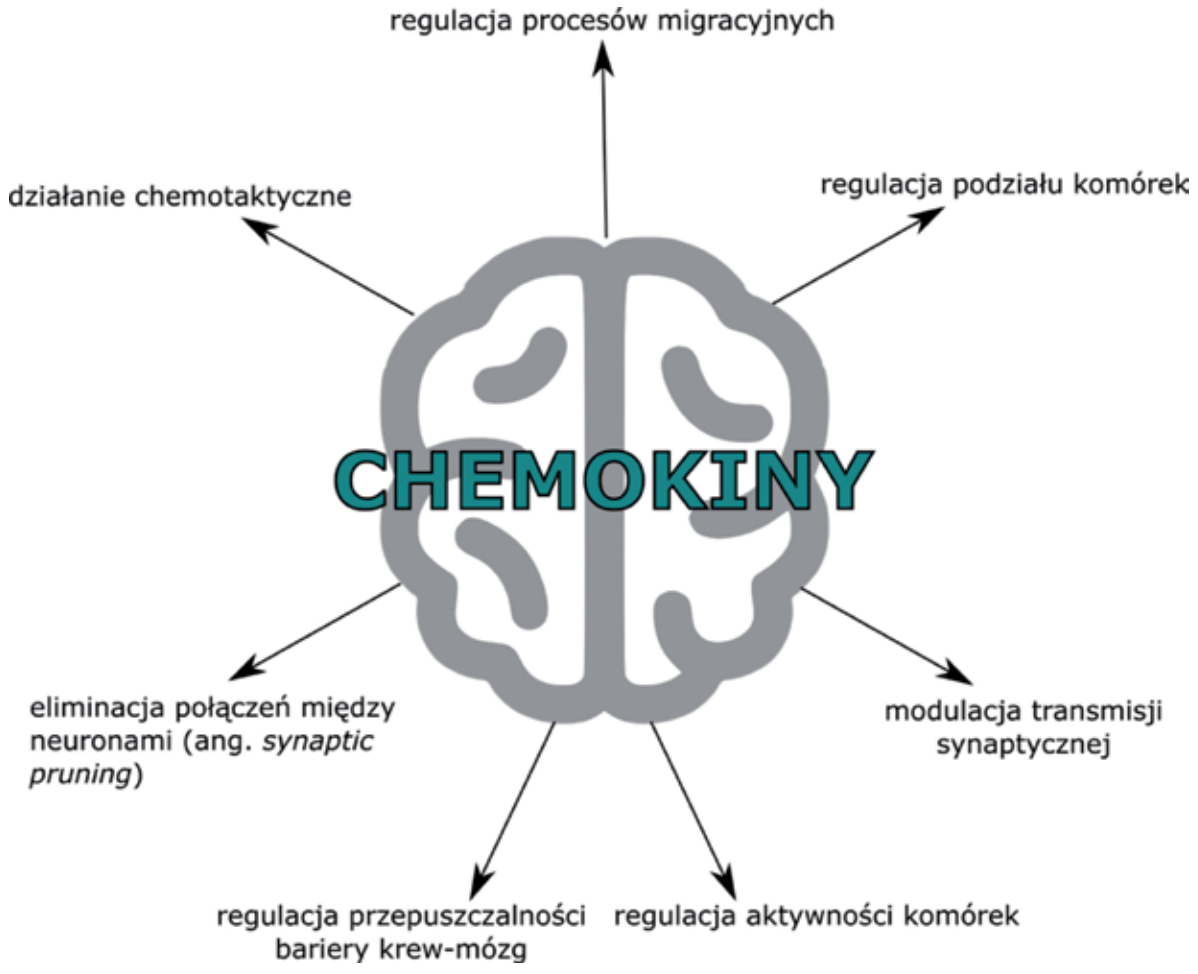
Cytokinowa teoria depresji

Sugeruje się także, że wzrost poziomu cytokin prozapalnych, będący wynikiem stresu, jest odpowiedzialny za powstanie depresji. Zastosowanie funkcjonalnego obrazowania pracy mózgu pozwoliło stwierdzić, że pacjenci otrzymujący cytokiny i chorzy na depresję wykazują identyczne zmiany w jego funkcjonowaniu. U pacjentów chorych na depresję stwierdzono podwyższony poziom cytokin prozapalnych we krwi, a poziom ten jest obniżany przez podanie leków przeciwdepresyjnych [6]. Stwierdzono także, że podanie cytokin prozapalnych zwierzętom doświadczalnym wywołuje u nich stany przypominające depresję.

Teoria cytokinowa zakłada, że takie objawy, jak złe fizyczne samopoczucie, spowodowane wystąpieniem obwodowego stanu zapalnego jest źródłem zaburzeń psychicznych. Teorię potwierdza fakt, że w początkowej fazie depresji dochodzi do spadku aktywności fizycznej, pogorszenia stanu ogólnego, a następnie do zaburzeń nastroju, które są ich konsekwencją. Szereg badań nad pacjentami z chorobami przewlekłymi wykazały udział mediatorów zapalnych w powstawaniu depresji. Między innymi u chorych na nowotwory, u których w terapii wykorzystuje się cytokiny IFNγ (jedne z głównych mediatorów stanu zapalnego) zaobserwowano objawy depresji, które ustępowały po zakończeniu terapii [8]. Być może zaprzestanie terapii, ale zapewne również poprawa stanu fizycznego, przyczyniły się do ustąpienia objawów depresji. Z kolei w badaniach na zwierzętach, którym podawano cytokiny prozapalne, takie jak IL-6 czy TNF-α, obserwowano takie objawy jak zmęczenie, niechęć do jedzenia, spadek ciężaru ciała. W innych badaniach podawano myszom lipopolisacharyd (LPS) - silną cząsteczkę prozapalną obecną w ścianach komórkowych wielu bakterii, a następnie obserwowano zaburzenia zachowania takie jak: zmniejszenie aktywności motorycznej, zaburzania apetytu, senność, zmniejszenie aktywności seksualnej – czyli wspomniane już „zachowanie chorobowe" [1]. Co ciekawe, po podaniu przeciwzapalnych leków objawy te ustępują. Za teorią cytokinową depresji przemawia także fakt, że leki antydepresyjne oddziałują na mechanizmy zapalenia i mogą je wygaszać. Istotnym faktem wartym podkreślenia jest wyższa skuteczność w zmniejszaniu objawów depresji dla leków przeciwdepresyjnych w skojarzeniu z niesteroidowymi lekami przeciwzapalnymi, w porównaniu do stosowania leków przeciwdepresyjnych w monoterapii. W jednym z badań zauważono, że stosowanie leku przeciwdepresyjnego, fluoksetyny, z kwasem acetylosalicylowym przynosi lepszy efekt terapeutyczny niż samej fluoksetyny. Istnieją również dowody na redukcję stresu oksydacyjnego przy stosowaniu fluoksetyny i kwasu acetylosalicylowego u chorych na depresję [16].

Cytokiny nie tylko w procesach zapalnych w mózgu

Cytokiny, a konkretnie jedna ich grupa wykazująca chemotaktyczne właściwości – chemokiny (chemotaktyczne cytokiny), były traktowane wcześniej jako substancje biorące udział w migracji komórek odpornościowych do miejsca stanu zapalnego, co stanowi wysoko zorganizowaną reakcję wrodzoną układu odpornościowego na stan zapalny. Chemokiny są zaangażowane w każdą patologię z komponentą



Ryc. 4. Schemat przedstawiający rolę chemokin w centralnym układzie nerwowym. Rycina wykonana przez autorkę.

zapalną w ośrodkowym układzie nerwowym, jak choroby neurodegeneracyjne (np. choroba Parkinsona i Alzheimera) czy neurozapalne (np. stwardnienie zanikowe boczne). W takich warunkach duża liczba chemokin i ich receptorów jest indukowana w aktywowanych komórkach mikrogleju oraz astrocytów w naszym mózgu, co sugeruje duży udział tych białek w mechanizmach obronnych mózgu [3]. Nie tak dawnym przełomem w tym obszarze badań było odkrycie, że niektóre chemokiny i ich receptory są stale wydzielane w mózgu dorosłych osobników, i to nie tylko przez komórki glejowe, ale również neurony, i mogą funkcjonować jako neuromodulatory/neuroprzekaźniki [5]. Obecnie wiele danych literaturowych sugeruje, że chemokiny to klasa neuromodulatorów, która reguluje takie zjawiska jak rozwój układu nerwowego, powstawanie nowych komórek nerwowych i glejowych w dorosłości, transmisję synaptyczną, plastyczność synaptyczną czy plastyczność funkcji neurohormonalnych [9] (Ryc. 4). Gdy dowiadujemy się coraz więcej o chemokinach, staje się jasne, że są one ważnymi graczami w wielu biologicznych funkcjach. To otwiera nową drogę w badaniach psychoneuroimmunologii i zwiększa poziom komplikacji typów komórek zaangażowanych w neurotransmisję, interakcji neuronów z komórkami glejowymi czy regulacji hormonalnej. System chemokin jest dobrze zachowany podczas ewolucji, sugeruje to, że są ważne dla koordynacji kilku biologicznych odpowiedzi, w tym odpowiedzi na stres.

Podsumowanie

Należy zaznaczyć, że opisane w tym artykule informacje są tylko małym fragmentem badań w ramach dziedziny, jaką jest psychoendoneuroimmunologia. Dotychczasowe wyniki są zarówno obiecujące, jak i złożone. Z pewnością należałoby wziąć pod uwagę jeszcze dodatkowe czynniki, jak podłoże genetyczne, aby uzyskać bardziej holistyczny obraz problemu. Naturalnie jest jeszcze wiele do zbadania i nie rozumiemy jeszcze całkowicie natury wszystkich połączeń psychologiczno-nerwowo-odpornościowych, a także ich efektów. Jednakże nie ma najmniejszej wątpliwości, że dziedzina ta przyczynia się do lepszego poznania mechanizmów chorób psychicznych.

Podziękowania:
Praca powstała w wyniku realizacji projektu badawczego o nr 2016/21/N/NZ4/03621 finansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki.

Bibliografia

1. Dantzer, R. (2001). Cytokine-induced sickness behavior: mechanisms and implications. Annals of the New York Academy of Sciences, 933, 222–234.
2. Fuchs, E., & Flügge, G. (2003). Chronic social stress: Effects on limbic brain structures. Physiology and Behavior, 79, 417–427.
3. Harrison, Jeffrey, Lukacs, N. (2007). The Chemokine Receptors. Humana Press.
4. Kyrou, I., & Tsigos, C. (2009). Stress hormones: physiological stress and regulation of metabolism. Current Opinion in Pharmacology, 9, 787–793.
5. Miller, Richard J., Rostene W., Apartis E., Banisadr G., Biber K., Milligan E., White F., Z. J. (2011). Chemokine Action in the Nervous System Richard. J Neurosci, 55, 6197–6214.
6. Miller, A. H., Maletic, V., & Raison, C. L. (2009). Inflammation and Its Discontents: The Role of Cytokines in the Pathophysiology of Major Depression. Biological Psychiatry, 65, 732–741.
7. Pariante, C. M. (2015). Psychoneuroimmunology or Immunopsychiatry?, Lancet Psychiatry 2, 197–199.
8. Raison, C. L., Capuron, L., & Miller, A. H. (2006). Cytokines sing the blues: Inflammation and the pathogenesis of depression. Trends in Immunology, 27, 24–31.
9. Rostène, W., Guyon, A., Kular, L., Godefroy, D., Barbieri, F., Bajetto, A., Florio, T. (2011). Chemokines and chemokine receptors: New actors in neuroendocrine regulations. Frontiers in Neuroendocrinology, 32, 10–24.
10. Sapolsky, R. M., Romero, L. M., & Munck, A. U. (2000). How Do Glucocorticoids Influence Stress Responses ? Preparative Actions *. Endocrine Reviews, 21, 55–89.
11. Schneiderman, N., Ironson, G., & Siegel, S. D. (2005). Stress and Health: Psychological, Behavioral, and Biological Determinants. Annual Review of Clinical Psychology, 1, 607–628.
12. Sternberg, E. M. (2007). Host Response To Pathogens, 6, 318–328.
13. Tafet, G. E., & Bernardini, R. (2003). Psychoneuroendocrinological links between chronic stress and depression. Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry, 27, 893–903.
14. Tsigos, C., & Chrousos, G. P. (2002). Hypothalamic-pituitary-adrenal axis, neuroendocrine factors and stress. Journal of Psychosomatic Research, 53, 865–871.
15. Ulrich-Lai, Y. M., & Herman, J. P. (2009). Neural regulation of endocrine and autonomic stress responses. Nature Reviews Neuroscience, 10, 397–409.
16. Wang, Y., Yang, F., Liu, Y. F., Gao, F., & Jiang, W. (2011). Acetylsalicylic acid as an augmentation agent in fluoxetine treatment resistant depressive rats. Neuroscience Letters, 499, 74–79.
17. Webster, J. I., Tonelli, L., & Sternberg, E. M. (2002). Neuroendocrine regulation of immunity. Annual Review of Immunology, 20, 125–163.

mgr Joanna Ewa Sowa. Doktorantka w Zakładzie Fizjologii Instytutu Farmakologii PAN w Krakowie. E-mail: joannasowa91@gmail.com
dr hab. Krzysztof Tokarski, kierownik Zakładu Fizjologii Instytutu Farmakologii PAN w Krakowie.

PEŁZACZ LEŚNY BUDUJE GNIAZDO

Pełzacz leśny (*Certhia familiaris*) to ładnie upierzony niewielki ptak (ok. 12 cm długości) z rodziny pełzaczy, którego możemy zobaczyć przez cały rok. Zasiedla głównie lasy, ale też parki, w których występują drzewa iglaste. Jest objęty ścisłą ochroną. Posiada maskujące upierzenie, z wierzchu brązowe, nakrapiane jaśniejszymi plamkami i razem z kuprem białe od spodu. Skrzydła mają paskowanie beżowe, czarne i białe. Nad okiem występuje długa biała pręga, sięgająca aż do podstawy dzioba (Ryc. 1). Pełzacz żywi się owadami, ich larwami, jajami, pająkami, a w okresie jesienno-zimowym nasionami. W poszukiwaniu pokarmu ptak przemieszcza się po pniu drzewa okrążając go i wspinając się od dołu w górę drzewa. Potrafi oddłubywać korę drzewa swoim długim i lekko zakrzywionym ku dołowi dziobem. Podpiera się przy tym ogonem z długimi



Ryc. 1. Pełzacz zbiera materiał na gniazdo. Fot. M. Olszowska.



Ryc. 2. Łatwo nie jest... Fot. M. Olszowska.



Ryc. 3. Udało się... Fot. M. Olszowska.

i sztywnymi sterówkami. Zaczepianie się na pniu umożliwiają mu silne palce o długich pazurach.

Ptak buduje gniazda na drzewach w szparach popękanej kory, w dziuplach, ale także w szczelinach budynków czy w stertach kamieni. W ciągu roku wyprowadza najczęściej 1–2 lęgi w okresie kwietnia i maja. Samiec śpiewa na drzewie w trakcie szukania pokarmu. Śpiew składa się z delikatnego szczebiotu złożonego z bardzo wysokich dźwięków, a następnie wysokiego długiego trelu.

Obserwowałam pełzacza w czasie budowy gniazda we wnętrzu uszkodzonej parkowej latarni, do której przez istniejącą szczelinę znosił drobne patyczki. Gdy stałam blisko, rezygnował i odlatywał na drzewo, trzymając patyk w dziobie. Gdy się oddalałam, przylatywał i nurkował do środka latarni (Ryc. 2). Jeśli patyczek był za duży, ptak tak sprytnie manewrował ciałem, tak się ustawiał, wykorzystując pazury i sterówki, aby zmieścić się z patyczkiem w szczelinie (Ryc. 3). Pracowitość i czujność tego ptaka wzbudziła mój podziw. Przebywając w parku lub w lesie, zwróćmy na niego uwagę nie tylko wiosną.

mgr Maria Olszowska
e-mail marjolsz@ interia.pl
emerytowana nauczycielka
biologii z Mrągowa

CIEKAWSZE GATUNKI OWADÓW Z OKOLIC DĘBICY NA PODKARPACIU

Dzięki uprzejmości Redakcji *Wszechświata* miałem przyjemność zaprezentować po kilka ciekawszych gatunków roślin i grzybów. Przyszedł czas na owady, grupę bardzo liczną i ciekawą. Okolice Dębicy to duża populacja motyli krosopani hera – *Euplagia quadripunctaria* Poda, 1761, chrząszczy – zgniotka cynobrowego – *Cucujus cinnaberinus* Scopoli, 1763, biegacza urozmaiconego – *Carabus variolosus* Fabicius, 1787 i wreszcie pachnicy – *Osmoderma barnabita* Motschulsky, 1845, czy też motyli czerwończyka nieprka – *Lycaena dispar* (Haworth, 1802), czyli gatunków owadów z Załącznika II Dyrektywy Siedliskowej UE. W związku z tym, iż wymienione gatunki doczekały się w większości osobnych publikacji, tym razem zostaną pominięte. Pochylę się natomiast nad kilkoma gatunkami owadów, w większości pospolicie spotykanych, natomiast wyróżniających się ciekawymi cechami osobniczymi, miejscem występowania itp.

Krępak nabrzoziak – *Biston betularia* (Linnaeus, 1758) to motyl, przedstawiciel rodziny miernikowcowatych – *Geometridae.* W Polsce znany z całego obszaru kraju. Często spotykany w lasach liściastych i mieszanych oraz różnego rodzaju zaroślach i parkach, gdzie jego gąsienice żerują. Motyle pojawiają się w połowie maja i latają do pierwszych dni sierpnia. Pierwotnym ubarwieniem motyla były jasne barwy, które ułatwiały owadowi kamuflaż pomiędzy jasnymi porostami rosnącymi na pniach drzew. W związku z rewolucją przemysłową w XIX i XX wieku zaobserwowano w Anglii zmianę ubarwienia motyli i przewagę osobników ciemno ubarwionych. (Ryc. 1) Spowodowane to zostało obumieraniem porostów w wyniku zanieczyszczenia powietrza, a same owady zmusiło do dostosowania się ubarwieniem do ciemniejszej kory. Fenomen ten nazwano przemy-



Ryc. 1. Krępak nabrzoziak – *Biston betularia* (Linnaeus, 1758) – forma ciemna. Fot. A. Trzeciak.



Ryc. 2. Krępak nabrzoziak – *Biston betularia* (Linnaeus, 1758) – forma jasna. Fot. A. Trzeciak.

słowym melanizmem. Obecnie, z powodu poprawy stanu środowiska naturalnego następuje proces odwrotny i znowu dominować zaczynają osobniki jasno ubarwione. (Ryc. 2).

Szczotecznica szarawka – *Calliteara pudibunda* Hampson, 1893, kolejny gatunek motyla nocnego z rodziny brudnicowatych – *Lymantridae.* Gąsienice żerują późnym latem i jesienią na liściach buka zwyczajnego – *Fagus sylvatica.,* nie niszczą przy tym pączków, przez co żer jest mało szkodliwy dla drzewostanów. W dębickich buczynach gatunek bardzo pospolity, aczkolwiek szaro ubarwione motyle, które osiągają do 60 mm (rozpiętość skrzydeł) są mało widoczne i rzadko spotykane. Prawdziwą ucztą dla przyrodnika są pięknie prezentujące się gąsienice, wędrujące w korony drzew i schodzące późną jesienią. (Ryc. 3).



Ryc. 3. Szczotecznica szarawka – *Calliteara pudibunda* Hampson, 1893. Fot. A. Trzeciak.

Omarlica czterokropkowa – *Dendroxena quadrimaculata* (Scopoli, 1772), chrząszcz z rodziny omarlicowatych – *Silphidae*, w Polsce spotykany sporadycznie i rzadko. Prócz charakterystycznego ubarwienia i wzoru na pokrywach, odgrywa bardzo pożyteczną rolę w przyrodzie, gdyż prowadząc drapieżny tryb życia odżywia się gąsienicami „szkodników" owadzich z rzędu motyli *Lepidoptera.* (Ryc. 4). Stąd też sporadyczne stwierdzenia tego gatunku, odżywiającego się gąsienicami żerującymi na liściach w koronach drzew. Mamy go okazję spotkać przez przypadek, po ścięciu drzewa lub upadku samego osobnika na ziemię. W okolicach Dębicy spotykany dość często, przeważnie w drzewostanach ze znacznym udziałem dębu.

Ciołek matowy – *Dorcus parallelipipedus* (Linnaeus, 1758), okazały chrząszcz w rodziny jelonkowatych – *Lucanidae.* (Ryc. 5). W Polsce owad pospolicie występujący na terenach nizinnych, na pogórzach rzadki. Związany z martwym drewnem pniaków, leżaniny gatunków drzew liściastych oraz z martwicami na żywych drzewach. W okolicach Dębicy na ogół rzadki, co kilka lat spotykany częściej.



Ryc. 4. Omarlica czterokropkowa – *Dendroxena quadrimaculata* (Scopoli, 1772). Fot. A. Trzeciak.



Ryc. 5. Ciołek matowy – *Dorcus parallelipipedus* (Linnaeus, 1758). Fot. A. Trzeciak.

Rochatyniec nosorożec – *Oryctes nasicornis* (Linnnaeus, 1758), kolejny przedstawiciel chrząszczy z rodziny władczynowatych – *Dynastidae,* owad dorastający do 40 mm długości ciała. (Ryc. 6). W przypadku tego gatunku wyraźnie zaznacza się dymorfizm płciowy, samce mają na głowie „róg", którego pozbawione są samice. Gatunek związany z dłużej przelegującym materiałem roślinnym w postaci pryzm trocin, kory czy też kompostu. Rozwój larw trwa do 4 lat, po czym na przełomie czerwca i lipca pojawiają się postaci doskonałe. W okolicach

Dębicy spotykany tradycyjnie przy tartakach czy też różnego rodzaju szkółkach.



Ryc. 6. Rochatyniec nosorożec – *Oryctes nasicornis* (Linnnaeus, 1758) - pędrak oraz samica. Fot. A. Trzeciak.

Ziolarka baldaszkowa – *Phytoecia (Musaria) affinis* (Harrier, 1784) to natomiast przedstawiciel rodziny kózkowatych – *Cerambycidae.* (Ryc. 7). W



Ryc. 7. Ziolarka baldaszkowa – *Phytoecia (Musaria) affinis* (Harrier, 1784). Fot. A. Trzeciak.

Polsce znany z nielicznych stanowisk rozproszonych w różnych częściach kraju, przy czym na terenach górzystych poławiany częściej. Gatunek ten jest związany z roślinami należącymi do baldaszkowatych (*Umbelliferae*). Jako rośliny żywicielskie larw podawano w piśmiennictwie świerząbki — *Chaerophyllum* L. Postacie dojrzałe ukazują się w maju–czerwcu i przeżywają do lipca–sierpnia. Samice składają jaja w tkanki łodyg bylin, gdzie młode larwy drążą początkowo chodnik w dół łodygi, następnie przez szyję korzeniową do korzenia. W okolicach Dębicy lokalnie pospolity, natomiast w pozostałych miejscach bardzo rzadki. Występuje przede wszystkim w miejscach zacienionych i wilgotnych, przy potokach leśnych czy też na podmokłych łąkach.

Kusokrywka większa – *Necydalis major* Linnaeus, 1758, również przedstawiciel rodziny kózkowatych, zawdzięczający nazwę rodzajową, mocno skróconym chitynowym pokrywom, które odsłaniają błoniaste skrzydła. (Ryc. 8). Osiąga długość ciała do 32 mm



Ryc. 8. Kusokrywka większa – *Necydalis major* Linnaeus, 1758. Fot. A. Trzeciak.

i związany jest z różnymi gatunkami drzew liściastych. Larwy rozwijają się w martwym drewnie konarów, pniaków czy też martwic. W skali kraju gatunek rzadki i sporadycznie obserwowany ze względu na skryty tryb życia jaki prowadzi. Znacznie częściej spotyka się żerujące w drewnie larwy. W okolicach Dębicy stosunkowo często spotykany gatunek, obserwowany przeze mnie regularnie od kilkunastu lat.



Ryc. 9. Smukwa okazała – *Scolia hirta* Schrank, 1781. Fot. A. Trzeciak

Smukwa okazała – *Scolia hirta* Schrank, 1781, przedstawiciel błonkoskrzydłych – *Hymenoptera.* Stosunkowo duża i charakterystycznie ubarwiona osa, w Polsce wszędzie rzadko spotykana. (Ryc. 9). W ostatnich latach przybywa jednak nowych stwierdzeń i stanowisk tego gatunku na terenie kraju. Jest to pasożyt larw chrząszczy z rodziny *Scarabeidae.* Samica wyszukuje w sypkiej ziemi swoją ofiarę, następnie paraliżując ją składa w jej ciele jajko. Wylęgnięta larwa odżywia się ciałem sparaliżowanej ofiary. W okolicy Dębicy po raz pierwszy spotkałem ten gatunek w roku 2017, był to jeden osobnik, w mocno nasłonecznionym stanowisku.

Andrzej Trzeciak
atrzeciak2@wp.pl

RZADKO SPOTYKANA FORMA BARWNA GRZEBIUSZKI ZIEMNEJ *PELOBATES FUSCUS* (LAURENTI, 1768)

Ubarwienie gra istotną rolę w wielu aspektach życia zwierząt [2, 4]. Może ono zwiększać bądź zmniejszać szansę na przeżycie [3, 4] w przypadku zwierząt zmiennocieplnych oddziaływać na aspekty związane z termoregulacją ciała [11]. Płazy Amphibia, które są zwierzętami zmiennocieplnymi, charakteryzują się ogromną paletą barw, nawet w przypadku osobników tego samego gatunku [8]. Wykorzystując cechy plamistości jesteśmy w stanie rozpoznać konkretnego osobnika [10].

Wśród płazów zdarzają się także niekonwencjonalnie (w porównaniu do typowego ubarwienia gatunku)



Ryc. 1. Okazy grzebiuszki ziemnej (*Pelobates fuscus*) o rzadko spotykanej czerwonej barwie, uchwycone na ul. Lutyckiej w Poznaniu. Dwa górne zdjęcia przedstawiają osobnika opisanego w notatce (Fot. A. Sommer, 09.04.2018), dwa dolne zdjęcia – okaz zaobserwowany 10.04.2016 (Fot. M. Kaczmarski).

zabarwione osobniki. Za przykład można podać opisane w Polsce przypadki rzadkiego ubarwienia kumaka nizinnego (*Bombina bombina*), rzekotki drzewnej (*Hyla arborea*), ropuchy zielonej (*Bufotes viridis*), ropuchy szarej (*Bufo bufo*) oraz czerwono nakrapianej grzebiuszki ziemnej (*Pelobates fuscus*) [8, 9], którą można zaliczyć do najbardziej efektownych odmian barwnych spośród wyżej wymienionych.

Grzebiuszka ziemna jest jednym z 18 gatunków polskich płazów, dorastającym najczęściej do ok. 60 mm długości ciała [6]. Podczas dnia zagrzebana w ziemi, aktywna jest zwłaszcza w nocy. Jedynym okresem, w którym zaznacza się jej dzienna aktywność, jest pora godowa, której początek w przeciętnych warunkach meteorologicznych przypada na marzec. Zamieszkuje tereny nizinne o średniowilgotnych glebach, często w ogrodach warzywnych lub polach uprawnych. Żywi się m.in. muchówkami (Diptera), chrząszczami (Coleoptera), gąsienicami motyli (Lepidoptera *larva*), dżdżownicami (Lumbricidae), ślimakami (Gastropoda). Sen zimowy spędza na lądzie, zagrzebując się na 1–2 m pod ziemię. Zasięg geograficzny występowania tego płaza obejmuje środkową, południową oraz wschodnią Europę [8] jednak jak u wszystkich płazów, jej liczebność maleje [1, 7]. W literaturze podaje się, że typowym ubarwieniem, spotykanym u większości osobników tego gatunku jest jasnopopielate, żółtawo-popielate lub jasne oliwkowo-zielone tło grzbietu. Nasilenie wspomnianych barw może być zmienne i zależeć od wielu czynników. Rzadko spotykane są również formy flawistyczne, charakteryzujące się pomarańczowym ubarwieniem ciała. Takie płazy posiadają jednak czerwone źrenice oczu [8].

W Poznaniu, na ul. Lutyckiej (DK92) prowadzona jest od 2009 roku (zaś od 2012 r. finansowana przez poznański ZDM) czynna ochrona płazów przemieszczających się w Poznaniu wzdłuż rzeki Bogdanki, na obszarze pomiędzy Użytkami Ekologicznymi Bogdanka I i II [5]. W tym roku realizowana jest na podstawie zezwolenia RDOŚ nr WPN-II.6401.93.2017.AG. Polega ona na przenoszeniu osobników po-

szczególnych gatunków (od wiosny do jesieni) zgodnie z kierunkiem migracji (ogrodzenia tymczasowe z pułapkami (n=49) usytuowane są po obu stronach jezdni). Podczas prac prowadzony jest spis danych morfometrycznych oraz populacyjnych.

Po południowej stronie ul. Lutyckiej 09.04.2018 r. w ciągu dnia w pułapce łownej zaobserwowaliśmy samicę grzebiuszki ziemnej (długości 58 mm), której znaczną część grzbietu pokrywał kolor czerwony (Ryc. 1). Kolorystyka zanotowanego przez nas płaza była zbliżona do osobnika zaobserwowanego przez Kolendę i wsp. 2017 [9], jednak ubarwienie u poznańskiej samicy wydaje się być jeszcze bardziej intensywne – grzbiet, wraz z wszystkimi kończynami oraz głową i bokami ciała nakrapiane były jasną czerwienią, silnie kontrastującą z oliwkowym tłem. Na grzbiecie występowały także typowe dla gatunku plamy, zarówno w liczbie jak i kształcie – jednak w kolorze bordowym. Jedynym miejscem na grzbiecie, gdzie nie występowały czerwone plamki, był szeroki brązowy pas na głowie, ciągnący się od czubka pyska do przestrzeni między oczami. Brzuszna strona ciała ubarwiona na biało, jak u pospolicie spotykanych odmian barwnych.

Nie jest to pierwszy przypadek spostrzeżenia takiej barwy grzebiuszki na ul. Lutyckiej. Dotychczas (od 2009 do chwili obecnej) odnotowano 438 rekordów tego gatunku, z czego co najmniej 10 z większą ilością czerwonej barwy na skórze (okazy takie nie były opisywane w początkowych latach akcji). Nie ma pewności czy przenoszone osobniki są różne, gdyż odnotowywano już jednostki wędrujące z północy na południe i odwrotnie podczas całej aktywności lądowej.

Niekonwencjonalna odmiana barwna, jaką przedstawia samica ze zdjęcia jest (z powodu dużego kontrastu z otoczeniem) prawdopodobnie bardziej narażona na atak ze strony drapieżników, więc dobór naturalny nie będzie jej 'popierał'. Być może jednak dobór płciowy podniesie także głos w tej sprawie broniąc przepięknie ubarwionych 'huczków'.

Podziękowania

Dla Klubu Przyrodników Koło Poznańskie (KPKP) za udostępnienie danych, Mikołaja Kaczmarskiego za cenne rady przy pisaniu notatki, oraz dostęp do fotografii.

Piotr Kazimirski, Klub Przyrodników Koło Poznańskie, e-mail: kazimirski.piotr@gmail.com,
Angelika Sommer,
e-mail: angelikasommer5@gmail.com

Bibliografia

1. Andrén C., Nilson G. (1981). Reproductive success and risk of predation in normal and melanistic colour morphs of the adder, Vipera berus. Biological Journal of the Linnean Society 15: 235-246.
2. Bechtel H. B. (1995). Reptile and amphibian variants: colors, patterns, and scales. Malabar, FL, Krieger Publishing.
3. Blaustein A. R., Wake D. B.,W. P. Sousa W. P. (1994). Amphibian declines: judging stability, persistence, and susceptibility of populations to local and global extinctions. Conservation Biology 8:60–71.
4. Budzik K. A. (2012). Zróżnicowanie i rola ubarwienia płazów. Wszechświat, 113, (07–09).
5. Dyderski M. K., Gdula A. K., Wrońska-Pilarek D. (2014). Roślinność nowo utworzonych użytków ekologicznych Bogdanka I i Bogdanka II w Poznaniu. Acta Scientiarum Polonorum. Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria, 13(2).
6. Głowaciński Z., Rafiński J. (Eds.). (2003). Atlas płazów i gadów Polski: status, rozmieszczenie, ochrona.
7. Houlahan, J. E., Findlay C. S., Schmidt B. R., Meyer A. H., Kuzmin S. L. (2000). Quantitative evidence for global amphibian population declines. Nature 404:752–755
8. Juszczyk W. (1987). Płazy i gady krajowe. Tom II Płazy. PWN, Warszawa. 189–209.
9. Kolenda K., Najbar B., Najbar A., Kaczmarek P., Kaczmarski M., Skawiński T. (2017). Rare colour aberrations and anomalies of amphibians and reptiles recorded in Poland. Herpetology Notes, 10, 103–109.
10. Sutherland W. J. (Ed.). (2006). Ecological census techniques: a handbook. Cambridge University Press.
11. Trullas S. C., van Wyk J. H., Spotila J. R. (2007). Thermal melanism in ectotherms. Journal of Thermal Biology, 32, 235–245.

Wszechświat 1886. Tom V, str.804-806

PIASKI LOTNE JAKO CZYNNIK GIEOLOGICZNY

skreślił
Dr J. Siemiradzki.

Każdemu jest znaną, chociażby w głównych zarysach, rola lotnych piasków w diunach, posuwających się nieustannie w kształcie wydm jałowych od morskich wybrzeży w głąb lądów — ciekawych odsyłamy po szczegóły do zajmującej pracy p. Kozłówskiego umieszczonej w IV tomie Pamiętnika Fizyjograficznego. Niewielu natomiast czytelnikom naszym zapewne jest wiadomo, że oprócz powolnego posuwania się naprzód piaski lotne zwłaszcza na pustyniach bezwodnych bardzo ważnym sa, jeszcze czynnikiem mechanicznym, rzeźbiąc i szlifując skały niegorzej od lodników i najbystrzejszych potoków górskich. Fakt jednak sam przez się jest prostym bardzo i bywa naśladowany w przemyśle sztucznie przy użyciu strumienia piasku poruszanego miechem do matowania szkła.

Proces ten powtarza się w naturze w najdrobniejszych szczegółach na wyspie Sylt, na morzu północnem, gdzie szyby mieszkań rybaków uderzane bezustanku przez tumany unoszonego wichrem piasku, bardzo szybko tracą, swoje przezroczystość.

Że wiatr nawet najsłabszy unosić może drobny piasek ze sobą, rzecz to nazbyt znana, przytoczymy tutaj tylko parę cyfr, dających pewne wyobrażenie o mechanicznej sile wiatru i energii unoszonych przezeń cząsteczek piaszczystych, z czego łatwo wnioskować o wysokości mechanicznej pracy, jaką- te ziarnka piasku są. w stanie wykonać:

Przy gwałtownych huraganach szybkość wiatru dochodzi do 45 m na sekundę, a sila jego do 400 kg na metr kwadratowy.

Z taką siłą unoszony piasek przedstawia bądźcobądź poważny czynnik mechaniczny, nieprzechodzący bez śladu nawet na powierzchni najtwardszej skały, o którą go wiatr rzuci. Powtarza się tedy

	Szybkość w metrach na sekundę	Ciśnienie w kilogramach na 1 metr □
Wiatr słaby . . .	0,30 — 0,40 *m*	0,15— 1,85 *kg*
„ umiarkowany	4 — 7 *m*	1,85— 5,96 *kg*
„ świeży . . .	7 — 11 *m*	5,96—15,27 *kg*
„ silny. . . .	11 — 17 *m*	15,27—34,35 *kg*
„ gwałtowny .	17 — 28 *m*	34,35—95,4 *kg*

w naturze proces szlifowania skał na sucho powolniejszy wprawdzie, choć równie skuteczny jak szlifowanie ze współudziałem wody, a ślady przez tumany piasku na skale pozostawione mają niekiedy podobieństwo do śladów lodowca, częściej wszakże posiadają kształty bardzo charakterystyczne, sobie tylko właściwe.

W klimatach wilgotnych zjawisko to jakkolwiek ma również miejsce, zostaje wszakże zatartem przez znacznie szybszą i silniejszą działalność wody i wilgotnego powietrza, objawiająca się przez t. zw. wietrzenie i rozmycie skał, podczas gdy na bezwodnych pustyniach ślady przez piasek pozostawione pozostają bez zmiany. Dlatego też zjawisk podobnych na wielką skalę w Saharze lub w pustyni Kalifornijskiej szukać należy.

Ślady czynności piasku są dwojakieogo rodzaju: 1) na równinach i 2) w parowach i wąwozach głębokich.

Pierwsza kategoryja zjawisk polega na szlifowaniu powierzchni, niekiedy łudząco podobnem do śladów lodnika lub wody rzecznej. Skały wapienne na Saharze są tak gładko wyszlifowane, że przedstawiają nieraz wielką, trudność do przebycia dla wielbłądów; rozrzucone po stepie kamyki działaniem piaskowych zadymek zostają zaokrąglone, a skały sterczące wśród pustyni pokrywają się niezliczoną, ilością równoległych do panującego kierunku wiatru brózd i wyżłobień. W pustyniach Kalifornijskich nawet skały granitu i kwarcu są gładko przez piasek wyszlifowane i pokryte tysiącznemi szramami w najrozmaitszych kierunkach.



W pobliżu ujścia rzeki Dziewiczej do Colorado leży rozległa płaszczyzna złożona z twardego zlepieńca, usianego wygładzonemi przez lotne piaski kamykami; kamyki jednolite, jak kwarcyt i chalcedon są gładko zaokrąglone, przeciwnie odłamy skał krystalicznych, bazaltu i trachitu mają powierzchnię nierówną, z której sterczą, twarde kryształki; wapienie wreszcie są pokryte siecią

żyłek, tworzących najpiękniejsze wzory. W Saharze również znalazł Rolland bryły wapienia, na których powierzchni piasek przez wiatry unoszony wyrzeźbil najpiękniejsza koronkowe wzory. Rysunek ich dozwalał rospoznać kierunek panujących wiatrów.

Do drugiej kategoryi zjawisk przez nas opisywanych należy niszcząca działalność piasków lotnych na pojedyncze skały. zwłaszcza, jeżeli, skały te znajdują się w głębi parowu czy wąwozu, przez który wicher z podwójną przeciska się siłą. Jeden z przykładów czynności podobnej przedstawia rysunek na poprz.. str. Objaśnia się on wsposób następujący: Wielki odłam twardej skały spada na dno parowu, wyżłobionego w miękim łupku np. Wicher, spotykając nadspodziewanie przeszkodę, z podwójną siłą uderza na podnóże skały, z natury rzeczy silniej niszcząc mięką łupkową jej podstawę, aniżeli twardy szczyt. Z biegiem czasu skała przybiera kształt przewróconej gruszki, wyobrażonej na rysunku, dalej jeszcze cienka podstawa całkowicie zostaje przez wiatr zniszczoną, a odłam skały stacza się niżej, poczem proces powyższy znów się powtarza.

Spotykając na drodze wysoką, skałę nawet jednolitą, zadymka piaszczysta z większą siłą uderza o jej podstawę, aniżeli o szczyt, wskutek czego znowuż skała taka przybiera kształt przewróconej gruszki. Podobny naturalny obelisk granitowy, wysoki na 10 metrów, znalazł Schweinfurth w Afryce środkowej, a powstanie swoje obelisk ów, zarówno jak i mnóstwo mniejszych kamieni podobnego kształtu w okolicy rozrzuconych, zawdzięczał jedynie czynności zadymek piaskowych.

Wszechświat 1886, tom.V, str.273-277

O GEJZERACH
przez J.Siemiradzkiego

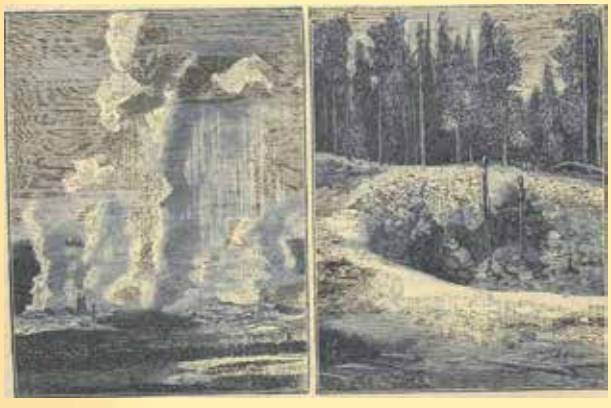


Fig.1. Gejzer olbrzym w Yellowstone-Park w Stanach Zjednoczonych.
Fig.2. Gejzer błotny w Yellowstone –Park w Stanach Zjednoczonych.

Gieologija nie zna, ściśle biorąc, podziału wulkanów na czynne i wygasłe, uznając jedynie pewne kolejno po sobie następujące mniej lub więcej spokojne fazy czynności wulkanicznej, które trwać mogą niekiedy po kilka i kilkanaście wieków. W pewnych epokach wulkan nie zdradza niczem swego gwałtownego charakteru, tak, że lud okoliczny uspokojony zdradliwą ciszą, krateru, zapomina o dawnych jego wstrząśnieniach, a okres spokoju tak długim być niekiedy może, że sama natura wulkaniczna góry, w wątpliwość bywa podawaną. Tak np. olbrzymi Gelung-Gung na Jawie, uważanym był zawsze przez krajowców za niewinną, górę, zanim straszliwy wybuch w r. 1822 nie przekonał ich o smutnej rzeczywistości. Nikt też dzisiaj w Ekwadorze wierzyć nie chce twierdzeniu geologów, że Chimborazo jest wulkanem'—ponieważ czynność jego jedynie obecnością gorących źródeł się objawia, a zapewne niejeden spokojny mieszkaniec Owernii lub prowincyj nadreńskich niezmierniebу się zadziwił wiadomością, że najpiękniejsze jego winnice rosną na kraterach wulkanów, które jeszcze kiedyś zbudzić się mogą z uśpienia.

Do takich stadyjów spokojnych wulkanicznej czynności, należy większość źródeł gorących, oraz wszelkie wydzielania się gazu siarkowodornego i gorącej pary wodnej, znane pod nazwą solfatar, suffionów i gejzerów.

Skoro tylko lawa z kraterów płynąć przestaje, uspokojony wulkan przechodzi w owe stadyjum solfataryczne, w którem para wodna i siarkowodór, wydzielające się przedtem wraz z lawą z krateru same już tylko na powierzchnię ziemi się wydobywają. Przy pewnych warunkach, nad któremi bliżej w tem miejscu zastanowić się chcemy, woda gorących źródeł wulkanicznych, przesiąknięta zwykle siarkowodorem, wydobywa się na ziemię pod postacią bijącej z wielką siłą przerywanej fontanny zwanej gejzerem.

Niegdyś gejzery uważane były za wyłączną właściwość Islandyi tam też je najlepiej poznano. W późniejszym czasie odkryto gejzery o wiele od islandzkich większe i piękniejsze w Stanach Zjednoczonych, na Nowej Zelandyi i wyspach Azorskich.

Wielki gejzer Islandzki, typ tego rodzaju zjawisk, jest płaskim stożkiem białej jak śnieg krzemionki, wysokości od 8 do 10 metrów, o średnicy 70 metrów wynoszącej, położony o 47 kilom, ku PnZ od Hekli, pośród równiny, otoczonej ze wszystkich stron lodowcami. Na szczycie jego widzimy zbiornik o 18—20 metrach średnicy, głęboki na 2.30 m.,

na dnie którego dostrzegamy komin gejzeru, trzy metry szeroki, o ścianach matematycznie pionowych i zupełnie gładkich.

Woda wypełniająca zbiornik jest zwykle spokojną, a temperatura jej powierzchni wynosi 76—89°. Na głębokości jednak 22 1/2 metrów termometr wskazuje 127° przed wybuchem i 122° po wybuchu.

Od czasu do czasu, zwykle w odstępach od 24—30 godzin, bardzo jednak nieprawidłowych, następuje gwałtowny wybuch, poprzedzony kilku mniejszemi, a oznajmiony hukiem podziemnym i wstrząśnieniem gruntu. Woda wypełnia zbiornik aż po brzegi; duże pęcherze powietrza zrazu co dwie godziny, później coraz to częściej, wychodzą na powierzchnię. Nareszcie potężny słup wody, 3 metry w średnicy mający, otoczony obłokiem pary wystrzela w górę do wysokości 30 a nawet 50 metrów. Po upływie kilku minut— wszystko się kończy; poziom wody obniża się o 2'/2 metry i zaledwie po 6—7 godzinach podnosi się do dawnej wysokości. Siła rzutu tego snopa wody wrącej obliczoną została na 700 koni parowych.

Wrąca woda gejzeru nie jest jednakże czystą — drobny deszcz gorącej fontanny osadza na wszystkich przedmiotach otaczających— skałach, drzewach i t. p. warstwę białej delikatnej mączki krzemiennej, znanej pod nazwą gejzerytu, a mączka ta nagromadzona u podstawy bijącej fontany tworzy z biegiem czasu pokład coraz grubszy, przez co komin coraz wyższym się staje, aż wreszcie dosięga wysokości takiej, że woda na dnie jego wrzeć już nie może a wtedy ustaje właściwa czynność gejzeru, natomiast tworzy się t. zw. cysterna gorącej wody, t. j. prześliczne źródła do 12 metrów głębokie, z których powierzchni unosi się lekka para —a przez lazur niczem niezmącony ich kryształowej wody widnieje na dnie otwór gejzeru dziś już nieczynnego.

Proces osadzania krzemionki przez wody gejzeru nie jest jednak tak chemicznie prostym - woda gejzeru bowiem, przechodząc przedtem przez skałę zwietrzałą, przesycona przytem siarkowodorem, kwasem solnym, rozpuszcza dzięki swej wysokiej temperaturze krzemiany alkaliczne, przetwarzając je w części na chlorki i siarczany przyczem pozostające związki krzemionki zbyt są kwaśne, ażeby trwałemi być mogły—wskutek czego część tej ostatniej pozostaje wolną i osiada w postaci gejzerytu, podczas gdy pozostałe części mineralne spływają wraz z wodą, w której są rozpuszczone.

Z gejzerami w związku ścisłym pozostają gorące źródła błotne, czyli gejzery błotne, na dnie których gotuje się wiecznie szlam czarniawy lub czarny, pryskający niekiedy na wysokość 5 — 6 metrów. Jeden z nich przedstawia załączony rysunek.

Gejzery islandzkie należą wszystkie do kategoryi źródeł osadzających krzemionkę— znaczna jednakże liczba gejzerów w krajach obfitujących w skały wapienne, jak w słynnym „parku narodowym" — Yellowstone w górach Skalistych, przedstawia proces chemiczny znacznie prostszy —osadzając przez proste parowanie węglan wapnia w nich rospuszczony tak samo jak karls-badzki Sprudel i inne gorące źródła wapienne.

Wspomniany przed chwilą „park narodowy" Yellowstone w Stanie Wyoming w latach ostatnich zasłynął wśród turystów, którzy zwiedzają go tłumnie. Istotnie też trudno sobie wyobrazić okazalszy przykład dziwactw przyrody: na przestrzeni 3575 mil kwadratowych (ang.) mamy tu i olbrzymie jezioro błotne, wzniesione na 2000 metrów ponad poziom morza i głębokie canony jedynej w swoim rodzaju rzeki Colorado, i okrągłe piramidy ziemne, słupy wapienne, tarasy i bogactwo niezmierne szczątków najdziwaczniejszych zwierząt kopalnych przedewszystkiem zaś „great attraction" stanowią liczne nadzwyczaj malownicze i wspaniałe gejzery, należące do najrozmaitszych typów tego rodzaju zjawisk.

Szmaragdowe wody rzeki Yellowstone płyną pośród skał mieniących się wszystkiemi barwami od śnieżnej białości do żółtych, czerwonych, zielonych, fijołkowych, czarnych, będących w znacznej części utworem gejzerów. Mamy tu kolejno po sobie następujące warstwy martwic wapiennych (travertino) osadzonych przez stygnące wody gejzerów wapiennych i białe jak śnieg osady gejzerytu, a wszystko przenikają żyły i plamy kolorowe, zawdzięczające swój początek bądź trawiącej czynności solfatar, bądź przesiąknięciu tlenkami żelaza i innych metali, rozpuszczanych przez źródła gorące.

Na brzegach rzeki napotykamy liczne gejzery błotne w których kraterach, szerokich na 10 — 12 metrów gotuje się gęste błoto, a z wrącej powierzchni unosi się słup czarnej pary, pryskającej na ściany krateru kroplami jasno-szarego błota, przybierającego po wyschnięciu kształty lekkich, ząbkowanych stalagmitów. Naokoło krateru osiada z pary drobny pyłek krzemienny, pokrywający grunt i drzewa okoliczne. Roślinność zamiera w pobliżu tych źródeł — zdawałoby się niekiedy, że ziemię gruba warstwa śniegu pokrywa. Obok lodowatych strumieni górskich, widnieją lazuro-

we i szmaragdowe zdroje ukropu. Pstrąg złowiony w pierwszym—może być ku wielkiej uciesze turysty, natychmiast w drugim ugotowany. Gorące wody spływają do wielkiego słonego jeziora, pozostawiając po sobie ślady żelaza i siarki; olbrzymie masy nacieków wapiennych i krzemionkowych tworzą malownicze, barwne kaskady i fontanny.

Powyżej jeziora Shoshone leży właściwe terytoryjum gejzerów—czyli Upper geyser Bassin, lub Mammock hot springs. Największym z nich jest gejzer Old Faithful. Słup wody wylatując zeń na wysokość 50 metr. w postaci snopa, jest otulony obłokiem pary, wyrzucanej na 200 metrów w górę — co przedstawia widowisko nadzwyczaj okazałe. Gejzer leży na rozległej polanie pośród lasów szpilkowych. Wody sąsiedniej rzeki Fire hole river są, ciepłe, ryby w niej żyć nie mogą z powodu zabójczych dla nich wyziewów siarkowych. W ciągu dnia można zobaczyć kilka wybuchów. Old Faith-ful jest zawsze punktualny—Wybucha co 63 minuty. Sąsiad jego Great Geyser tylko raz na dobę, wyrzucając w ciągu 10 minut snop wody na 60 metrów wysoki. O parę-set metrów dalej przedstawia sią oczom naszym Splendid Geyser—istotnie okazały— snop wody jego rozpryska się na miryjady drobnych kropelek, na których często promienie słońca wytwarzają pojedynczą lub podwójną tęczę, zwłaszcza o zachodzie słońca widok jest przecudny. Wybuchy trwają 10—15 minut, poczem wszystko wraca do dawnego porządku—wody spływają spokojnie do strumienia, krater gejzeru jest pusty, słychać czas jakiś jeszcze szmer podziemny, potem wszystko ucicha... Po 4—5 godzinach powtórzenie widowiska.

Olbrzym (fig. 1) wybucha ledwie co 4 dni, wysokość snopa wody wyrzuconej niewiększa od Splendid, zato wybuch trwa przeszło l'/2 godziny — obłok pary wyrzuconej na 300 metrów wysoko słońce częstokroć zasłania— krater jego prześlicznie rzeźbiony nurza się w wodzie.

Jeżeli gejzery Yellowstonu są najpiękniejszemi, bez zaprzeczenia pierwsze miejsce pod względem rozmiarów należy się gejzerom Nowej Zelandyi. Pomiędzy wulkanem Tongariro i dymiącą wyspą Whakari w zatoce Obfitości, gejzery, gorące źródła i źródła błotne wytryskają w tysiącu miejscach. W jednym tylko punkcie doliny Waikato liczba ich dochodzi do 76.

Jezioro Rotomahana otrzymuje mnóstwo dopływów gorącej wody, z których największym jest wodospad Tetarata, spadający z wysokości 25 metrów po śnieżnej białości tarasach kamiennych, zbudowanych przez wody kaskady. Zbiornik, z którego wytryska woda i para jest rodzajem krateru, mającego 75 metrów obwodu. Niekiedy cała masa tego zbiornika podnosi się w kształcie jednej olbrzymiej kolumny i basen opróżnia się do 10 metrów głębokości. Temperatura przy brzegu wynosi 84° wśrodkuzaśdosięgaprawdopodobnietemperatury wrzenia. Gejzery wyspy San Miguel w archipelagu Azorskim zajmują ostatnie miejsce zarówno co do swej siły jak i piękności. W dolinie Val de Furnas,' która była przed trzema wiekami siedliskiem gwałtowego wybuchu, na przestrzeni około 1 hektara grunt cały jest pokryty mnóstwem otworów, z których wytryska woda gorąca i gazy siarkowe, od czasu do czasu wybuchając, jak właściwe gejzery, powyżej opisane.

Pozostaje nam jeszcze wyjaśnić naukowo przyczynę wybuchów gejzerowych. Zasługa odkrycia praw wybuchami temi rządzących należy się Bunsenowi.

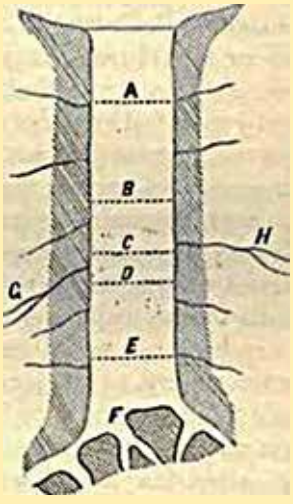


Fig.3. Schematyczny przekrój gejzera

Załączona tabliczka wskazuje rosklad temperatury w rozmaitej głębokości gej zeru (fig. 3).

Punkty obserwacyi	Głębokość	Temperatura obserwowana	Temperatura odpowiadająca wrzeniu wody w tym punkcie
A	3 m 30	85°,5	107°
B	8 m 10	110°	116°
C	11 m —	....	120°,8
D	13 m —	121°,8	123°,8
E	18 m —	124°	130°
F	22 m 50	126°	136°

Podług tej tablicy wszędzie temperatura słupa wody w kominie gejzeru jest niższą od tej, jaka

odpowiada temperaturze wrzenia w każdym punkcie, ta ostatnia bowiem, jak wiadomo, zwiększa się w miarę ciśnienia, podktórem woda pozostaje. Wstanie spokoju zatem niema na całej wysokości komina ani jednego punktu, gdzieby się woda mogła zamienić w parę. Zauważmy jednak, że kiedy u podstawy różnice pomiędzy istotną temperatura wody a temperatura wrzenia jest =10°, u góry zaś jest jeszcze większą, w środku kolumny, w punkcie D, na 13 m od powierzchni, różnica ta wynosi zaledwie 2°.

Przypuśćmy teraz, że gorąca para, dostająca się do F przez szpary podziemne i wydostająca się na powierzchnię w postaci wielkich pęcherzy, dosięgnie siły prężności, wystarczającej do podniesienia poziomu wody o dwa metry, co też istotnie na powierzchni przed każdym wybuchem ma miejsce: wówczas warstwa D ogrzana do 121°8 znajdzie się w jednej chwili w punkcie C, gdzie temperatura wrzenia wynosi tylko 120°8. Warstwa ta zatem środkowa przemienia się w jednej chwili w parę i wyrzuca wyżej położone masy wody w powietrze. Łatwem wówczas będzie zrozumienie przerw w czynności gejzerów, potrzeba bowiem, ażeby za każdym razem woda dostająca się do komina, na miejsce snopa wyrzuconego, została odpowiednio nagrzaną, oraz ażeby prężność pary w punkcie F stała się wystarczającą do podniesienia poziomu wody o dwa metry. Teoryja powyższa nie jest hypotezą, Bun-sen bowiem sprawdził, że spomiędzy trzech kamieni, zanurzonych w C, D i F, tylko pierwszy zostaje wyrzuconym w powietrze, co dowodzi jasno, że siedliskiem wybuchu jest punkt C.

Zjawisko więc gejzerów objaśnia się w sposób bardzo prosty: wody deszczowe lub pochodzące ze stopienia śniegów, dostają się przez kanały podziemne do punktów, gdzie temperatura jest podniesioną wskutek sąsiedztwa zbiorników lawy. Ze zbiorników tych wydzielają się nieustannie gorące gazy i pary wodne, które wodę źródlaną ogrzewają. Jeżeli kanały podziemne nie przedstawiają żadnych właściwości szczególnych, pęcherze gazów gorących wydostają się spokojnie na powierzchnię, dając początek gorącym źródłom i cysternom. Jeżeli jednak, wskutek kierunku szpar i rospadlin skalnych, gorące gazy łatwiej dostają się do pewnych punktów środkowych kolumny, jak G i H (fig. 3), wywołują one w tych punktach lokalne podwyższenie temperatury, pociągające za sobą peryjodyczne wybuchy pary. Długość okresów spokoju i siła wybuchów zależeć będą od położenia punktów G i H, od rozmiarów komina i obfitości gazowych wydzielin u podstawy. Chcąc doświadczalnie stwierdzić słuszność teoryi powyższej, Tyndall ogrzewał wysokie naczynie z wodą jednocześnie z dołu i zapomocą dodatkowej obrączki ogrzewającej środek naczynia—rezultat odpowiedział w zupełności oczekiwaniom—sztuczny gejzer wybuchał regularnie co pięć minut.

Wszechświat 1886, tom V, str.657-662

SPRĘŻYKI CZYLI ELATERYDY ŚWIECĄCE

według pracy p. R. Dubois
streścił
A. Ślósarski.

Własnością wydawania światła fosforycznego czyli fosforyzowania, obdarzona jest znaczna liczba istot żyjących, szczególniej zaś własność ta jest rospowszechniona w państwie zwierzęcem. Drobniutkie noktiluki (Noctiluca miliaris), nadające falom morskim świetne blaski, syfonofory (Siphonophorae) i pirozomy (Pyrosomae), które zostawiają za sobą na morzu smugi ogniste, wreszcie nasze Świetliki (Lampiris) zwane „świętojańskiemi robaczkami", które jako punkty świecące, pojawiają, się w ciepłe nocy letnie, są dobrze znanemi przykładami tego wspaniałego zjawiska.

Ze wszystkich jednak zwierząt, zdolność fosforyzowania posiada w najwyższym stopniu owad amerykański Pyrophorus noetilucus L. zwany Świecielem nocnym czyli „Cucujo". Dr Rafael Dubois, korzystając ze szczęśliwie sprzyjających okoliczności 1), które pozwalały mu rosporządzać znaczną, liczbą żywych owadów Pyrophorus noetilucus, przeprowadził cały szereg obserwacyj nad niemi, poznał dokładnie budowę anatomiczną i rozwój pozarodkowy wspomnianych owadów, oraz zbadał z całą ścisłością i nadzwyczaj szczegółowo naturę światła, rostaczanego przez „Cucujo".

Pyrophorus noctilucus L, świecielnocny, był nazywany „Cucujo" lub „Cocujo" przez mieszkańców wysp Antylskich w chwili za-boru hiszpańskiego i nazwę tę zostawiono mu do dziś dnia, Jestto owad należący do rzędu tęgopokrywych (Coleoptera), do rodziny sprężykowatych (Elateridae), której przedstawiciele mają ciało podlugowate, płaskie, rożki 11-to stawowe, osadzone blisko przedniego brzegu oczu, grzebyczkowate lub nitkowate. Wszystkie sprężyki posiadają przednią część tułowia czyli przedkarcze długie, dość luźnie połączone z częścią środkową, nadto,

tylny brzeg przedniej części tułowia przedłuża się u nich w wyrostek ostry, który wchodzi w zagłębienie położone na środkowej części. Budowa powyższa pozwala owadom, przewróconym grzbietem na dół, podrzucać się do góry, obracać nagle i spadać na nogi.

Pyrophorua noctilucua posiada ciało ciemnobrunatne, długie 22 — 23 mm, pokryte gęstemi, delikatnemi włoskami ciemnopłowemi, głowę mocno pochyloną, na czole wklęsłą. Szerokość głowy wyrównywa prawie połowie szerokości przedkarcza czyli przedniej części tułowia. Przedkarcze zwężone ku przodowi, z boków nieco wcięte, z wierzchu wypukłe, opatrzone gęstemi punktami i dwoma zagłębieniami, mniej lub więcej wyraźnemi. Po bokach przedkarcza, w bliskości tylnych jego kątów, znajdują, się dwie plamy żółte, owalne lub eliptyczne, rzadziej okrągłe, z których rostacza się światło, są to przyrządy fosforyzujące, zwane „pęcherzykami fosforyzującemi". Owad ten zamieszkuje głównie środkową Amerykę, wydaje nadzwyczaj silne światło fosforyczne podobnie jak jego gąsienica, a" nawet jajka. Jajka *są świecące nawet wtedy jeszcze, gdy są zamknięte w jajowodzie samiczki, wydają one światło niebieskawe, które zachowują się przez cały ciąg rozwoju. Badane w ciemności jajka wyrzucają światło bardzo wyraźne, które trwa nieprzerwanie aż do chwili wyklucia się gąsienicy, własność ta musi być zapewne skutkiem ruchów, jakie zarodek gąsienicy wykonywa wewnątrz jajka, skoro już dojdzie do pewnego stopnia rozwoju. Zapłodnienie zdaje się nie być koniecznym warunkiem do wydawania światła przez jajko, chociaż jajka niezapłodnione zachowują własność świecenia przez znacznie krótszy przeciąg czasu niż zapłodnione. Podobnie jak tkanki organów świecących u zwierząt dojrzałych, jajko świecące posiada oddziaływanie kwaśne, badane w świetle polaryzowanym szczególnie opalizuje.

Różni uczeni: Azara, Erichaon, Gosse, Reinkardt, Fry, Murray, Olivier, Pickmann, Burmeister, Weinebergh i t. p. opisali i obserwowali gąsienice świecące, które uważali jużto za gąsienice elateridów czyli sprężyków, już też lampiridów czyli świetlików. Określenia tych gąsienic były zawsze o tyle niedokładne, że znaczna ilość owadów nie świecących w wieku dojrzałym, posiada gąsienice świecące, przytem gąsienica Cucujo, wychowana z jajka przez dra Dubois, różni się bardzo znacznie, pod względem kształtów, od gąsienic opisywanych przez wspomnianych autorów.

Po wyjściu z jajka, gąsienica Pyrophorua nocticulus dochodzi do 3 mm długości, ciało jej białoszarawe składa się z 12-tu pierścieni, nieliczące głowy. Gąsienica (fig, 1) ta posiada głowę piaską, stosunkowo dużą, koloru ciemnożółtego, pyszczek uzbrojony dość silnie żuwaczkami i szczękami, oczy pojedyńcze, trójkątne, położone po bokach głowy. Rożki trójstawowe, wyrastające przy podstawie żuwaczek. Całe ciało ma pokryte włoskami. Ostatni 12-ty pierścień ciała gąsienicy jest bardzo charakterystyczny, znacznie dłuższy od poprzednich, kształtu stożkowatego, ku tylnemu końcowi pokryty brodawkami, z których wyrastają szczecinki. Na końcu tylnym, będącym zakończeniem ciała gąsienicy, ostatni pierścień jest rozdwojony i zakończony czterema wyrostkami pazurkowatemi, z których dwa wewnętrzne, mniejsze, proste, skierowane ku tyłowi, dwa zewnętrzne zaś większe i skierowane na boki.

Po pierwszem zrzuceniu skóry czyli wylenieniu się, gąsienica dochodzi do 5 mm, a następnie, powolnie dorasta od 15—20 mm długości. Gąsienica Cucujo jest roślinożerna, żyje w szczątkach wilgotnych drzewa spróchniałego, posiada zdolność fosforyzowania. Jak powiedziano wyżej, gąsienica fosforyzuje, będąc w jajku zawartą, otóż; świecenie nie ustaje po wylęgnięciu się gąsienicy; a nadto, u gąsienicy pierwszego wieku, można świecenie wywołać zapomocą pobudzeń mechanicznych. Dla lepszego uwydatnienia świecenia można jeszcze gąsienicę pobudzać elektrycznością, albo też ogrzewać stopniowo i ostrożnie od 25° do 38° C.

Światło wydawane przez gąsienice pierwszego wieku ma barwę błękitnawą., która przypomina raczej barwę światła lampirydów czyli świetlików, aniżeli piękne, zielonawe światło Cucujo. Rozchodzi się ono z okolicy położonej pomiędzy tylnym brzegiem głowy, a przednim brzegiem pierwszego pierścienia tułowia gąsienicy. W tem miejscu znajdują się dwa organy specyjalne, jakby zlepione jeden z drugim na linii środkowej ciała, które dotykają się mniej lub więcej pierścienia głowowego i przedniego pierścienia tułowia czyli przedkarcza. Po drugiem lenieniu czyli zrzuceniu skóry, gąsienice, które doszły do 12 lub 15 mm długości, zaczynają dostawać na powierzchni brzusznej, poczynając od pierwszego pierścienia, aż do przedostatniego włącznie, punktów błyszczących, których kontury zrazu są niewyraźnie odznaczone, gdy jednak gąsienica dorośnie do 18 mm długości, miejsca, z których światło się roschodzi są dokładniej zakreślone

i tworzą najzupełniej regularne szeregi.

Pierwotne ognisko światła gąsienicy, położone przy zejściu się głowy i przedkarcza, pozostaje w tem samem miejscu, pomimo zmiany swego kształtu. Tułów, (a właściwie trzy pierścienie tułowia) nie wydaje żadnego światła, ale osiem pierwszych pierścieni odwłoka, posiadają każdy po trzy punkty świecące, dwa boczne, mocniej świecące i jeden środkowy słabiej. Punkty te świecące, ułożone są w trzy szeregi podłużne, przebiegające od tylnego brzegu pierwszego pierścienia odwłoki, aż do brzegu przedniego dziewiątego pierścień. Dziewiąty i zarazem ostatni pierścień odwłoka posiada jeden tylko punkt większy i mocniej świecący, niż punkty poprzednich pierścieni, zawsze jednak słabiej błyszczący od przestrzeni głowo-tułowiowej. Punkty boczne każdego pierścienia odwłoka odpowiadają małym brodawkom pokrycia ciała, położonym na zewnętrznych brzegach każdego pierścienia, z tyłu otworów oddechowych, z któremi nie mają żadnego bespośredniego związku.

Wszelkie podrażnienie lub pobudzenie gąsienicy, wywołują natężenie światła, które zrazu pozostaje tylko w miejscu pobudzonem, następnie rozlewa się szerzej i zwiększa się z ruchami zwierzęcia, głównie przy chodzeniu, pokonywaniu napotykanych przeszkód lub obronie w walce.

Gąsienice prowadzą niekiedy walki między sobą, przy których snopy iskier padają ze wszystkich stron, walki te szczególniej są ciekawe podczas ciemnej nocy. Dr Dubois opisał szczegółowo skielet zewnętrzny Pyrophorus noctilucus, przyrządy trawienia, krążenia krwi i oddychania, układ nerwowy i organy rozrodcze, wszystkie te jednak organy mało się różnią od podobnych organów innych owadów tęgo pokrywych, dlatego też ograniczymy się tutaj na streszczeniu budowy przyrządów świecących, które dr Dubois w dalszym ciągu w swem dziele bardzo wyczerpująco opisuje.

Owad dorosły posiada trzy organy czyli przyrządy świecące, dwa położone na przedkarczu czyli w przedniej części tułowia, trzeci zaś w odwłoku. Ten ostatni zajmuje okolicę środkową (mostkową) pierwszego pierścienia brzusznego czyli odwłokowego. Gdy nie świeci przyrząd ten posiada kolor białawo-żółtawy a na całej swej powierzchni otoczony jest jakby ramką z substancyi czysto białej. Jakkolwiek przyrząd świecący był badany przez różnych uczonych, budowę jednak tego przyrządu, zbadał dokładniej dopiero dr Dubois. Substancyja tworząca organ świecący składa się z cylindrów komorkowatych, niekiedy rozgałęzionych, które się rosszerzają na podobieństwo baldachu. Zakończenia ich zostają w związku z warstwą głęboką pokrycia ciała, które jest w tem miejscu delikatne i przezroczyste i tworzy okrycie przyrządu świecącego.

Cylindry te są utworzone z komórek wielościennych o wielkich jądrach; głębiej przechodzą nieznacznie w warstwę biało-kredową, utworzoną z komórek, jakgdyby będących w drodze roskładu, opatrzonych ziarnami szczególnemi, przezroczystemi i silnie łamiącemi światło. Komórki te pozwalają zaliczyć organ świecący do rzędu gruczołów wydzielających. Rurki oddechowe, tworzą, gęstą siatkę na powierzchni tego organu, lecz nie wnikają do jego wnętrza. Niepodobna było dopatrzyć, czy nerwy zagłębiają, się do wnętrza tego organu.

Organy świecące położone na przedkarczu, posiadają, zupełnie też samą. budowę, co i tarcza (organ) brzuszna. Leżą one po obudwu stronach przedkarcza na powierzchni górnej, w bliskości kątów tylnych i przedstawiają się w postaci dwu plam żółtych, zaokrąglonych i mniej lub więcej wydatnych.

Dr. R. Dubois wykonał cały szereg doświadczeń fizyjologicznych nad światłem fosforycznem Pyrophorus, wykazując rozmaite własności i naturę tego światła, oraz wpływ, jaki wywierają na nie czynniki mechaniczne, fizyczne i chemiczne.

Światło Pyrophorus noctilucus daje widmo całkowite, dosyć obszerne, poczynające się przy barwie czerwonej i dochodzące do pierwszych promieni niebieskich; przybliżone jego granice są między liniją B z jednej strony, a liniją F z drugiej. Skład tego widma zmienia się wreszcie ze zmianą, natężenia światła, wydawanego przez zwierzę. Gdy blask światła się zmniejsza, widmo się skraca nieco od strony barwy niebieskiej, a daleko znaczniej od strony przeciwnej.

Światło Cucujo jest bardziej zielone, aniżeli światło Lampiris noctiluca, świetlika, które jest raczej niebieskawem; ma daleko silniejsze natężenie od światła Lueiola italica, które, jakkolwiek dość żywe, jest jednak blade i nieco złotawe. Natężenie tego światła jest dosyć znaczne: oko normalne może w ciemnym pokoju czytać przy jednym Cucujo w odległości 33 cm. Światło to mimo swej zielonawej barwy, przenika do ostatecznych granic pola widzenia, nie ma w sobie wcale promieni polaryzacyjnych.

Natomiast posiada dostateczną, ilość promieni chemicznych, przy pomocy których można otrzy-

mać odbicie fotograficzne przedmiotów oświetlanych tem światłem. Pomimo tego, światło to jest bez wpływu na roślinność, nie pozwala ono rozwijać się ciałkom zieleni czyli chlorofilu.

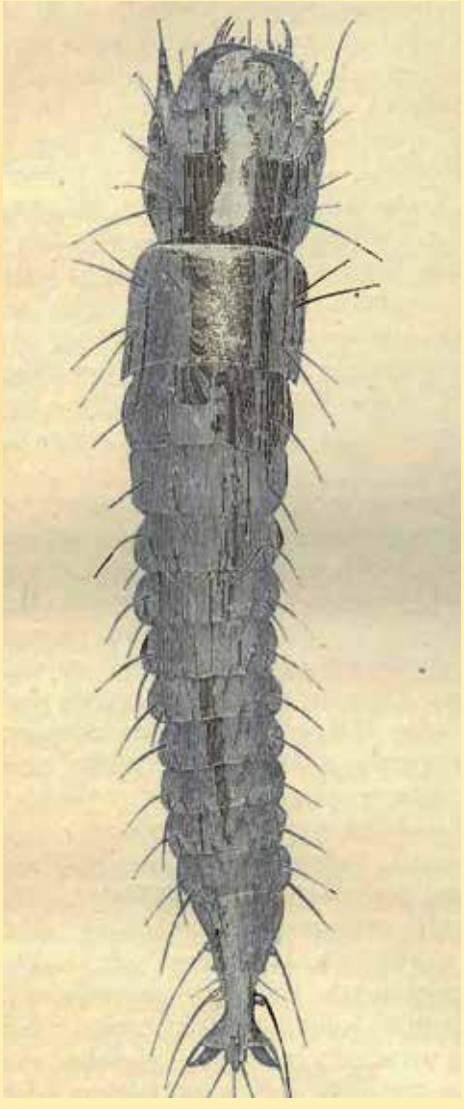


Fig. 1. Bardzo młoda gąsienica Pyrophorus noctilucus, znacznie powiększona

Światło wydawane przez przyrządy fosforyzujące przedkarcza, sześciu Pyrophorus noctilucus nie wprawia w ruch radyjometru, jakby w niem brakowało promieni cieplikowych. Doświadczenia robione ze stosem Melloniego, połączonym z galwanometrem, wykazały działanie cieplikowe, wywołując słabe odchylenie igły magnesowej. Badania innego rodzaju wykazały, że w tych organach świecących nie powstają, żadne szczególne objawy działania elektrycznego. Cała energija owada przeistacza się w światło.

We wszystkich fazach rozwoju przy uderzeniach lub wszelkich mechanicznych ruchach, natężenie i wydzielanie światła potęguje się; gaśnie ono skutkiem wyczerpania lub zmęczenia, gdy pobudzenia mechaniczne są zbyt częste lub zbyt silne. Godne uwagi, że organy świecące, oddzielone od zwierzęcia, jeszcze przez jakiś czas świecą; pewne pobudzenia rozdmuchują to świecenie, nawet gdy już przed chwilą było zagasło.

Długo musielibyśmy się rospisywać chcąc zapoznać czytelników z rezultatami doświadczeń,



Fig. 2. Pyrophorus noctilucus

jakie dr Dubois przedsiębrał w celu wykrycia wpływu jaki wywiera na świece nie Pyrophorusów zimno, gorąco, elektryczność, światło słoneczne, ciśnienie barometryczne. Samo wyliczenie tych doświadczeń, daje nam już pojęcie, jakie dokładne i wszechstronne studyja przeprowadził p Dubois. Niemniej sumiennie badał działania czynników chemicznych, substancyj jadowitych i trujących i t. p.

Woda działa w sposób godny uwagi: owad pozbawiony wody, traci możność świecenia fosforycznego, którą odzyskuje skoro zostanie zanurzony w wodzie. Wysuszanie jajek w zwyczajnej temperaturze można posuwać do ostatecznych granic, a mimo to, nie stracą one możności fosforyzowania; zanurzone w wodzie, nawet po ośmiu dniach świecą znowu. Jeszcze osobliwszym jest fakt, że jeżeli po zupełnem wysuszeniu organów świecących, utłuc je na proszek, a następnie zwilżyć wodą, proszek zaczyna świecić na nowo.

Nawet woda przegotowana, pozbawiona powietrza, powraca własność fosforyzowania organom świecącym wysuszonym.

W atmosferze czystego tlenu zjawisko świecenia fosforycznego jest takie samo, jak w powietrzu. Toż samo zjawisko zachodzi przy ciśnieniu niższem od jednej atmosfery.

Z obawy, aby streszczenie pracy dr R. Dubois nie było przydługiem, poprzestaniemy na tych doświadczeniach, przechodząc do wykazania stosunku, jaki zachodzi pomiędzy rozmaitemi czynnościami owadu i wydawaniem światła. Pyrophorus noctilucus jest owadem zmrokowym, a nawet nocnym, za nadejściem nocy do-dopiero zaczyna się poruszać i świecić. Ciekawe są te ruchy

wieczorne, które odbywają nawet owady zamknięte od dni kilku w ciemnym pokoju, którego temperatura jest stała. Jaki zmysł uwiadamia te owady o zmianie pory dnia, zachodzącej na zewnątrz pokoju?

Badanie przestrzeni oświecanej przez Cucujo wykazuje, że przyrządy świecące zastosowane są do warunków, w jakich owad znajduje się. Blaszki świecące przedkarcza oświecają prawie jednakowo i na dość daleką przestrzeń w trzech kierunkach, z boku, z przodu i ponad owadem, służą one owadowi, gdy idzie w ciemności.

Gdy owad lata, odwłok wznosi zawsze ku górze, a skoro tylko pokrywy skrzydłowe się otwierają, odkrywa (odsłania) owad piękną swę latarnię brzuszną, która roznieca się samym ruchem owada. Dopóki owad lata, rozlewa pod sobą mocne światło, które oświeca daleko znaczniejszą przestrzeń, niż światło przyrządu fosforyzującego, położonego na przedkarczu.

Nie ulega wątpliwości, że owad w ciemności kieruje się światłem, które sam w około siebie rostacza. Jeżeli jeden z przyrządów świecących przedkarcza, zasłonić cieniutką powłóczką wosku czarnego tak, że światło jest tylko jednostronnem, to Cucujo, zamiast iść w. prostym kierunku, zwraca się w stronę oświeconą; wyraźnie unika on ciemności i skutkiem tego idąc zakreśla ciągle linije krzywe. Jeżeli zasłonić woskiem czarnym obadwa przyrządy świecące przedkarcza, chód owadu staje się niepewny, kieruje się on, to na prawo, to na lewo, badając otoczenie za pomocą rożków i często bardzo zatrzymuje się.

W końcu swej pracy p. Dubois wyjaśnia przyczynę świecenia fosforycznego zapomocą procesów chemicznych. Pod tym względem istnieją znakomite prace prof. dra Radziszewskiego, o których czytelnicy Wszechświata wiedzą z artykułu „Fosforescencyja na zasadzie badań prof. Radziszewskiego", Wszechświat t. II, 1883.

1) Dr R. Dubois otrzymywał bardzo liczne okazy Pyrophorus z Antylów, za pośrednictwem p. Guede, sekretarza Towarz. Ogrodniczego w Gwadelupie. W spróchniałem drzewie, w którem przesyłane były owady w pudełkach drewnianych, znajdowało się wiele jajek, z których wylęgały się w oczach p. D. gąsienice i posłużyły do dokładnego zbadania rozwoju pozarodkowego Pyrophorus

Teksty wybrała i przygotowała Maria Smialowska, pomoc techniczna Malwina Kosek.

MARSJAŃSKIE KRAJOBRAZY PUSTYNI ATAKAMA

Leszek Kucharski (Łódź)

Desierto de Atacama, czyli pustynia Atakama, to obszar położony na terenie północnego Chile (Ryc. 1). Rozciąga się ona na długości około 1000 km, od granicy z Peru do 30° szerokości geograficznej południowej. Leży na terenie dwóch chilijskich prowincji – Norte Chico i Norte Grande. Atakamę od Pacyfiku izoluje Kordyliera Nadbrzeżna (Cordillera de la Costa), wznoszącą się do 1500 m n.p.m. Na nad nagrzany ląd tworzą mgłę. Jest ona zatrzymywana nad pustynią przez Andy. Stąd określenie Atakamy jako mglistej pustyni. Efekt suszy potęguje położenie tego obszaru w tzw. cieniu opadowym, czyli na obszarze położonym po zawietrznej pasma Cordillera de la Costa. Warunki klimatyczne panujące na Atakamie powodują, że uważana jest ona za jedną z najsuchszych pustyń świata. Interesującym jest fakt,



Ryc. 1. Położenie pustyni Atakama w Chile i Ameryce Południowej, zaznaczone czerwoną kropką.

zachodzie góry schodzą do Oceanu Spokojnego wysokimi klifami (do 500 m). Na wschodzie Atakamę ogranicza zachodnie pasmo Andów. Częścią pustyni są Góry Domeyki (Cordillera Domeyko), pasmo położone na zachód od Salar de Atacama, które stanowi granicę pustyni Atakama w depresji Centralnej i Puna de Atakama. Zostało ono tak nazwane na cześć Polaka, inż. Ignacego Domeyki (1802–1889), profesora i rektora Uniwersytetu Chilijskiego. Jego szczyty wznoszą się do wysokości 4 278 m n.p.m.

Pustynia Atakama leży w strefie klimatu zwrotnikowego. Jednakże decydujący wpływ na panujące na niej warunki atmosferyczne wywiera prąd Peruwiański (zwany prądem Humboldta). Płynie on od Antarktydy w kierunku równika, kształtując klimat zachodniego wybrzeża Ameryki Południowej. Jego wody ochładzają wilgotne masy powietrza, które docierając

że w górach osiągających wysokość ponad 6800 m nie ma lodowców [7]. Koryta niektórych rzek tego obszaru były suche przez około 120 000 lat. Roczna suma opadów nie przekracza tu 100 mm. Są tu takie obszary, na których spada w ciągu roku nie więcej niż 3 mm deszczu (np. Arica i Iquique). Średnia temperatura w lecie wynosi 20–26°C, a w zimie od 14°C na północy do 10°C na południu.

Do tych ekstremalnych warunków przystosowały się rosnące tu rośliny. Wśród nich jest m.in. *Bomarea ovallei* – chilijski endemit (Ryc. 2). Potrafi ona uzyskiwać potrzebną jej do życia wodę z unoszącej się nad pustynią mgły. Flora Atakamy liczy ok. 550 gatunków reprezentujących 225 rodzajów i 80 rodzin. Interesującym jest fakt, że endemizm wśród rosnących tu roślin sięga około 60% [8]. Raz na 5–7 lat, kiedy prąd El Niño przynosi deszcz, pustynia

zakwita. Zjawisko to obserwowane jest w zachodniej części Atakamy. Rośliny, które tu czekają na ten moment w postaci nasion, gdy tylko otrzymają wodę deszczową zakwitają. Kiedy z suchego podłoża wynurzą się różnobarwne kwiaty, całkowicie zmienia się wygląd suchego płaskowyżu (Ryc. 3). Wśród około 200 gatunków roślin, które się wówczas ujawniają, jest *Cistanthe longiscapa*, która jest również chilijskim endemitem. Atacama zmienia się wówczas z mglistej w kwiecistą pustynię.



Ryc. 2. *Bomarea ovallei* rosnąca w zachodniej części Atakamy (fot. Fabiola Alfaro, 11.2011).



Ryc. 3. Kwitnąca pustynia; *Cistanthe longiscapa* w lewym górnym rogu (fot. Fabiola Alfaro, 11.2011).

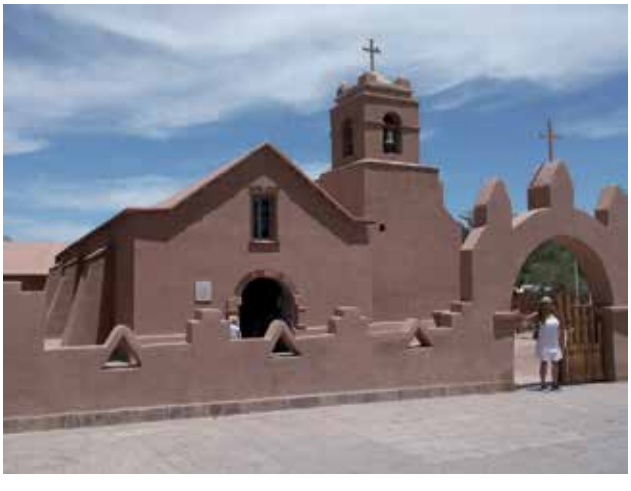
Specyficzne warunki klimatyczne, podłoże oraz krajobraz powodują, że pustynia Atakama stanowi poligon dla różnych programów badawczych NASA. Między innymi testowane są tu przyrządy, które są wykorzystane w trakcie misji na Marsa. NASA przeprowadziła serię testów pojazdów kosmicznych, takich jak Nomad i Zoe, zanim zostaną one wysłane w kosmos [6]. Krajobrazy pustyni bywają wykorzystywana w trakcie filmowania scen, których akcja toczy się na Marsie. Przykładem może być brytyjski film *Space Odyssey: Voyage to the Planets*. Tu także były nagrywane sceny do jednego z odcinków przygód Jamesa Bonda – *Quantum of Solace*.

Te niegościnne obszary od wielu tysięcy lat były penetrowane przez ludzi. Już 7000–1500 lat p.n.e., a obrzeżach pustyni żyli nomadzi reprezentujący kulturę Chinchorro. Wyróżniały ich rytuały pogrzebowe, obejmujące między innymi mumifikację zwłok. Polegała ona na zdjęciu i zabalsamowaniu skóry, którą po usunięciu tkanek miękkich wypełniano szkieletem oraz suchymi roślinami i gliną. Na głowę mumii zakładano perukę z ludzkich lub zwierzęcych włosów, zaś na twarzy umieszczano glinianą maskę. Mumie te mają nawet 7400 lat i są starsze o około 2000 lat od mumii egipskich [1, 3].

Około 100 km na wschód od Calamy, jednego z najsuchszych miast na świecie, roczny opad zaledwie 5 mm, leży niewielkie miasteczko San Pedro de Atacama (2408 m n.p.m.) (Ryc. 4). Jeszcze na początku XX wieku było ono ważnym punktem na trasie pędzenia bydła z Argentyny do Chile. Obecnie jest to miejscowość turystyczna, oferującą zakwaterowanie turystom zwiedzającym pustynię Atakama. Przy



Ryc. 4. Uliczka Toconao w San Pedro de Atacama (fot. L. Kucharski).



Ryc. 5. Iglesia de San Pedro w San Pedro de Atacama (fot. L. Kucharski).



Ryc. 6. Schody wykonane z kaktusowego drewna (fot. Leszek Kucharski, 02 2016).

głównym placu miasta stoi dom z 1540 roku, który należał do Pedra de Valdivii, który był pierwszym królewskim gubernatorem Chile. Po przeciwnej stronie placu stoi XVII-wieczny Iglesia de San Pedro (kościół św. Piotra) (Ryc. 5). Został on zbudowany z cegły suszonej na słońcu, a konstrukcję dachową i niektóre elementy wyposażenia wykonano z drewna kaktusów (Ryc. 6). Około 3 km na północny zachód od San Pedro de Atacama, na wzniesieniu nad rzeka San Pedro (Ryc. 7), znajdują się ruiny XII-wiecznej warowni Pukara de Quitor.

W odległości 55 km na południe od San Pedro de Atacama leży Salar de Atacama. Jest to duże solnisko o powierzchni około 3000 km^2, położone na wysokości około 2400 m n.p.m. Znajdują się tu złoża soli kamiennej i potasowo-magnezowej oraz boraksu [9]. Na jego obszarze leżą niewielkie jeziora. W jego skład wchodzi także płytki zalew – Laguna Chaxa, będąca znanym miejscem występowania flamingów andyjskich *Phoenicoparrus andinus* (Ryc. 8) [2]. Salar wchodzi w skład dużego rezerwatu Los Flamencos, który zajmuje powierzchnię około 740 km^2 i obejmuje 7 obszarów [5]. W skład rezerwatu wchodzą dwa wysokogórskie jeziora Laguna Miscanti i Laguna Miñiques. Leżą one na wysokości ponad 4100 m n.p.m., w pobliżu kompleksu wul-



Ryc. 7. Dolina rzeki San Pedro, widok ze wzgórza, na którym znajduje się warownia Pukara de Quitor (fot. Leszek Kucharski, 02.2016).

kanicznego Miñiques (Ryc. 9). Zbudowany jest on ze skał bazaltowo-andezytowych i składa się



Ryc. 8. Flaming andyjski *Phoenicoparrus andinus* – Laguna Chaxa (fot. Agnieszka Kucharska, 09.2016).

wielbłądowatych, żyjące w wysokich partiach Andów (do 5000 m n.p.m.) od Ekwadoru po Argentynę (Ryc. 10).

Zadziwiającym obiektem na Atakamie są gejzery El Tatio. Leżą one ponad 90 km na północ od San Pedro. Górę Tatio, przy której znajdują się gejzery, Indianie nazwali Abuelo Grande (Wielki Dziadek). El Tatio, leżące na wysokości 4300 m n.p.m., są najwyżej położonymi gejzerami na świecie [9]. Najlepiej prezentują się one przed wschodem słońca, gdy temperatura powietrza jest ujemna, wówczas gejzery uaktywniają się (Ryc. 11).

Pustynia Atakama zaskakuje i zachwyca niezwykłymi krajobrazami. Niedaleko San Pedro, w Górach Słonych Cordillera de la Sal, leży Księżycowa Dolina Valle de la Luna. Jej obszar charakteryzuje się imponującą gamą kolorów i faktur. Występują tu skały o różnych kształtach, przypominających rzeźby stworzone przez człowieka, suche jeziora pokryte



Ryc. 9. Nieziemski krajobraz w rejonie Laguna Miñiques. Na pierwszym planie widoczne kępy kostrzewy (fot. Leszek Kucharski, 02.2016).

z trzech kraterów. Pustynne otoczenie jezior porastają nieliczne rośliny, z których najbardziej widoczne są kępy kostrzewy *Festuca orthophylla*. W sąsiedztwie jezior można często spotkać kolejnego mieszkańca Atakamy, którym jest wikunia andyjska (wigoń) *Vicugna vicugna*. Jest to zwierzę z rodziny

lśniącymi w słońcu kryształami soli, jaskinie, wydmy i inne zadziwiające twory (Ryc. 12–13). W pobliżu znajduje się Dolina Śmierci Valle de Marte. Jej nazwa nie ma nic wspólnego ze śmiercią. W 1955 roku jezuita Gustavo Le Paige (1903–1980), zasłużony badacz Atakamy, podobno miał powiedzieć o dolinie „eso



Ryc. 10. Wikunia andyjska *Vicugna vicugna* (fot. Agnieszka Kucharska, 09.2016).



Ryc. 11. Geizery El Tatio (fot. Agnieszka Kucharska, 09.2016).

parece el Valle del Muerte" (wygląda jak dolina Marsa). W języku hiszpańskim Mars (Marte) i śmierć (muerte) brzmią podobnie. Słuchacze myśleli, że chodzi mu o muerte (śmierć). Później podjęto próby wyjaśnienia błędu, ale nazwa Death Valley już przylgnęła do tego miejsca. Około 90 km od San Pedro de Atacama znajduje się kolejna dolina, która zachwyca kolorami i niesamowitymi kształtami skał. Jest to leżąca w pobliżu doliny Rio Grande Dolina Tęczowa (Rainbow Valley), czyli Valle de Arcoiris (Ryc. 12).

Atakama ma także inne oblicze. Na jej obszarze znajduje się około 170 opuszczonych tzw. „azotowych"



Ryc. 13. Kolorowe skały w Dolinie Tęczowej Valle de Arcoiris (fot. Leszek Kucharski, 02.2016).



Ryc. 12. Krajobraz Księżycowej Doliny Valle de la Luna (fot. Leszek Kucharski, 02.2016).

miast (miasta duchów), które powstały tu przy dawnych kopalniach saletry chilijskiej (azotanu sodu). Kopalnie zostały zamknięte po rozpoczęciu produkcji syntetycznych azotanów. Z mapy Chile zniknęły takie miasta jak: Santa Laura, Pedro de Valdivia, Puelma, Maria Elena, Chacabuco. To ostatnie miasto w okresie dyktatury Augusto Pinocheta zostało zamienione w obóz koncentracyjny.

Obecnie pustynia Atakama przyciąga tłumy turystów i naukowców pragnących poznać ten region Chile. Ekolodzy obawiają się, że mieszkańcy tej ziemi nie są wystarczająco wyedukowani, aby zrozumieć zagrożenia, na które jest narażony ten wrażliwy ekosystem. Na dawne szkody wyrządzone przez górnictwo nakładają się nowe niebezpieczeństwa powodowane przez: powstającą sieć dróg, nadmierny wypas zwierząt, komercyjne zbieranie rzadkich roślin [4].

Leszek Kucharski,
Zakład Ochrony Przyrody, Wydział Biologii
i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Łódzki,
e-mail: leszek.kucharski@biol.uni.lodz.pl

Bibliografia

1. Allison M. 1995. Chile's Ancient Mummies. Natural History 94, 10: 74–81.
2. Alonso H., Risacher F. 1996 Geoquímica del Salar de Atacama, parte 1: origen de los componentes y balance salino. Revista Geológica de Chile 23, 2: 113–122.
3. Arriaza B. T., Hapke R. A, Standen V. G. 1998. Making the Dead Beautiful: Mummies as Art. Archaelogy https://archive.archaeology.org/online/features/chinchorro/
4. Dillon M.O., Hoffmann Jr A.E. 1997. Lomas Formations of the Atacama Desert Northern Chile. [W:] Davis S.D., Heywood V.H., Herrera-MacBryde O., Villa-Lobos J., and Hamilton A.C. (eds) Centres of Plant Diversity: A guide and Strategy for their Conservation. WWF, IUCN, Oxford.
5. II región, Reserva Nacional Los Flamencos, www.profesorenlinea.cl
6. Navarro-González R. 2006. Marte en el desierto de Atacama. Ciencia 1: 5–9.
7. Paryski W. H. 1956. Obserwacje, materiały i opracowania II polskiej wyprawy w Andy 1936/37 r. Taternik 32, 3–4: 118–133.
8. Rundel P. W. 1981. The matorral zone of central Chile. [W:] di Castri F., Goodall D.W., and R. L. Specht R.L. (eds) Ecosystems of the World, Vol. 11. Elsevier, Amsterdam: 175–201.
9. Urbańczyk K. 2011. „Salary Ameryki Południowej" – sprawozdanie z wyprawy naukowej PSGS. Geologia 37, 2: 323–334.

MALOWNICZE MAZURSKIE WZGÓRZA

Maria Olszowska (Mrągowo)

Mazurska rzeźba terenu jest świadectwem działalności lądolodu skandynawskiego, który około 12 tysięcy lat temu nasunął się na teren dzisiejszych Mazur. Ustępujący lodowiec pozostawił po sobie sfałdowany obszar z licznymi jeziorami, bagnami, torfowiskami i ciągami morenowych wzgórz. W terenowych odsłonięciach wzniesień widać liczne głazy, żwir i glinę morenową, których kurierem był lodowiec. Wzgórza mają zróżnicowaną wysokość. Najwyższe z nich to Wieżyca (329 m n.p.m), Góra Dylewska (312 m n.p.m) i Góra Szeska (309 m n.p.m). Bezleśne początkowo moreny porastały krzewinki charakterystyczne dla tundry. Dopiero po kilku tysiącach lat zarośnięte zostały roślinnością typową dla klimatu umiarkowanego.



Ryc. 1. Wzgórze w kolorach przedwiośnia.Fot. M. Olszowska.



Ryc. 2. Mniszkowe wzgórza. Fot. M. Olszowska.



Ryc. 3. Wzgórza z rzepakiem i kwitnącymi czeremchami. Fot. M. Olszowska.



Ryc. 4. Trójbarwne wzgórza z przewagą maków.Fot. M. Olszowska.



Ryc. 5. Kolorowy nieużytek. Fot. M. Olszowska.



Ryc. 6. Zbożowe wzgórza. Fot. M. Olszowska.

Współcześnie wzgórza morenowe pokrywają partie naturalnych lasów mieszanych, łąki oraz nieużytki. Wzniesienia wykorzystane są pod uprawy rolnicze oraz rozmaite obiekty turystyczne. Moreny prezentują się pięknie przez cały rok, zmieniając swoje barwy.

Najmniej malownicze jest krótkotrwałe szarobure przedwiośnie. Jednak, gdy zaświeci słońce, wzgórza przybiorą ciepłe barwy pod baldachimem błękitnego nieba (Ryc. 1). Przedwiośnie jest obietnicą zmiany, zapowiedzią końca zimy i początku jakże wyczekiwanej, kolorowej wiosny.

W maju kwitnący masowo mniszek lekarski (*Taraxacum officinale)* zawłaszcza wzgórza, zaścielając je żółtym kobiercem. Roślina ta należy do rodziny astrowatych. Produkuje sok mleczny i z tego powodu mniszek zwany jest niepoprawnie mleczem (Ryc. 2). Malowniczo wyglądają wzgórza z kwitnącym



Ryc. 7. Wzgórze zarośnięte nawłocią. Fot. M. Olszowska.

mazurskim złotem, czyli rzepakiem (*Brassica napus*) należącym do rodziny kapustowatych (Ryc. 3). A gdy



Ryc. 8. Wzgórza w barwach jesieni z burzowymi chmurami. Fot. M. Olszowska.

delikatnych kwiatostanów. Z pomiędzy traw wychyla się cykoria podróżnik **(***Cichorium intybus*) z rodziny astrowatych, kwitnąca na niebiesko, a niekiedy na biało lub różowo. Kolorytu morenom dodaje swoimi niebiesko-fioletowymi kwiatkami wyka ptasia (*Vicia cracca*), czepiająca się traw długimi wąsami. Podobnie jak nostrzyk, należy do rodziny bobowatych. Wszystkie te rośliny są ozdobą mazurskiego wiosennego krajobrazu (Ryc. 4 i 5).

W pełni lata świat pięknie pachnie, choć zieleń jest już nieco poszarzała. Lato pozłaca mazurskie pagórki dojrzewającymi zbożami (Ryc. 6). Powoli znikają masowo kwitnące wiosenne gatunki. One będą nadal rosły, ale już w pojedynkę. Po żniwach krajobraz ponownie „zakwitnie" na żółto (Ryc. 7). Tym razem od nawłoci pospolitej (*Solidago virgaurea*) (zwanej także polską mimozą, choć z prawdziwą mimozą (czułkiem wstydliwym) nie ma nic wspólnego) a nieco



Ryc. 9. Wzgórza zimą. Fot. M. Olszowska.

w czerwcu zakwitną maki polne (*Papaver rhoeas*) z rodziny makowatych, wzgórza przybiorą kolor czerwony. Maki to rośliny delikatne, o ognistoczerwonych kwiatach, które już z daleka przykuwają uwagę (Ryc. 4). Makowe łany są przeplecione błękitem chabrów bławatków (*Centaurea cyanus***)** oraz białych rumianów polnych (*Anthemis arvensis*). Te piękne dziko rosnące rośliny z rodziny astrowatych najpierw tworzą trójbarwne kobierce, ale później dołączają do nich inne. Z rodziny bobowatych nostrzyk biały (*Melilotus albus*) czaruje bielą swoich

później od nawłoci olbrzymiej (*Solidago gigantea*) z rodziny astrowatych. Oba gatunki są roślinami inwazyjnymi, ale też miododajnymi i leczniczymi. Nawłocie to zwiastuny nadchodzącej jesieni. Prawdopodobnie nich mówi wiersz Juliana Tuwima śpiewany przez Czesława Niemena: „Mimozami jesień się zaczyna"...

Jesień jest bajecznie kolorowa, nostalgiczna, zmierzająca ku zimie... Różnobarwność tej pory roku widoczna jest głównie w liściach drzew. We wrześniu rozpoczyna się wspaniały kolorowy spektakl.

Zieleń powoli znika, ustępując miejsca barwom żółtym, brązowym, rudym i czerwonym. Wzgórza przybierają takie właśnie kolory (Ryc. 8).

Zima to czas wyciszenia i chłodnego spokoju w przyrodzie. Krótkie dni rozświetlają pokryte śniegiem morenowe wzgórza. Mróz srebrzystą szadzią otula drzewa (Ryc. 9). Na Mazury zimą ściągają narciarze. To dla nich na wzgórzach działają narciarskie wyciągi. Bojerowcy żeglują po pokrytych lodem jeziorach, zaś inni biegają na nartach. Ostatnie zimy są coraz bardziej łagodne, co martwi sympatyków zimowych sportów.

Mazurskie wzgórza są jak wielki barwny ogród, w którym kojąca cisza przerywana jest tylko śpiewem ptaków, wiosennymi odgłosami godujących płazów i cykaniem świerszczy. Morenowe pagórki to piękno mazurskiej ziemi, bez nich pejzaż wiele by stracił. A przecież „piękno na to jest, by zachwycało" (*Cyprian Kamil Norwid*).

mgr Maria Olszowska
e-mail: marjolsz@ interia.pl

IGNACY DOMEYKO 1802-1889

Maria Śmiałowska, Malwina Kosek (Kraków)

Ignacy Domeyko herbu Dangiel – wielki polski uczony, geograf, geolog, inżynier górnictwa, meteorolog, badacz, sławny, szanowany i ceniony w Ameryce Południowej Polak, zaś w szczególności zasłynął w Chile, gdzie rozwinął nowoczesne górnictwo. Urodził się 31 lipca 1802 r. w Niedźwiadce Wielkiej w województwie nowogródzkim, w zamożnej rodzinie ziemiańskiej. Jego ojciec Hipolit był prezesem Sądu ziemskiego, matka Karolina z Ancutów była ciotką Maryli Wereszczakówny, wielkiej miłości polskiego wieszcza Adama Mickiewicza.

Ojciec Ignacego zmarł wcześnie i opiekę nad rodziną przejął senior rodu, stryj Ignacy, mieszkający z Zuburtowszczyźnie koło Lidy. Właśnie stryj obudził w nim, jeszcze w latach dzieciństwa, zainteresowanie mineralogią, górnictwem i geologią, a w szkole powiatowej prowadzonej przez pijarów rozwijał zainteresowania przyrodnicze.

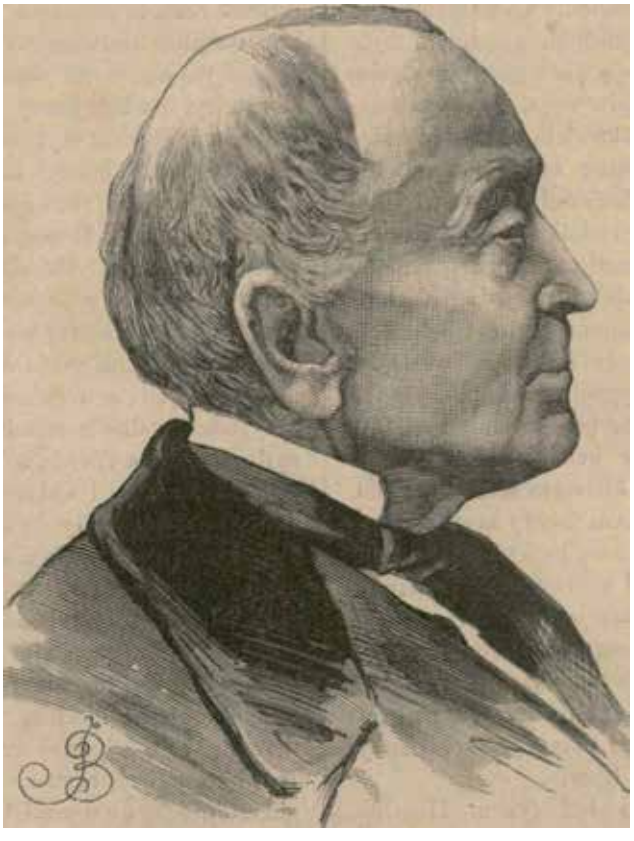
W latach 1816–1822 Domeyko studiował na Uniwersytecie wileńskim, na wydziale fizyczno-matematycznym, gdzie słuchał wykładów chemii (u sławnego polskiego uczonego Jędrzeja Śniadeckiego). Uczęszczał także na wykłady fizyki, matematyki, astronomii, historii naturalnej, mineralogii, architektury, a także filozofii, literatury polskiej i historii. Na egzamin magisterski wybrał matematykę, a stopień magistra filozofii uzyskał za bardzo matematyczną rozprawę pod tytułem: „Jak dotąd tłumaczono zasady rachunku różniczkowego i jak w dzisiejszym stanie matematyki należy je tłumaczyć".

Wychowany w rodzinie o tradycjach patriotycznych i przywiązanej do kultury ojczystej. Dość wcześnie też udzielał się w tajnej działalności politycznej. W 1819 roku został przyjęty do Towarzystwa Filomatów, a następnie Filaretów. Był znacznie młodszy od innych członków, ale dzięki cechom charakteru, wysokiemu poziomowi wiedzy i zamiłowaniom naukowym został kierownikiem działu przyrodniczego. Miewał dla kolegów odczyty z geografii fizycznej. Przyjaźnił się z Mickiewiczem i Odyńcem, z którymi utrzymywał serdeczne listowne kontakty aż do ich śmierci. W roku 1824 władze carskie rozwiązały stowarzyszenia akademickie, nastąpił pogrom Towarzystwa Filomatów i Domeyko, więziony wraz z Mickiewiczem, jedynie dzięki usiłowaniom stryjów uniknął wygnania



Ryc. 1. Dwór Domeyki w Niedźwiadce Wielkiej. Źródło: Wikipedia, Форум. Глобус Беларусі.

i otrzymał stosunkowo łagodny wyrok – odsunięcie od służby cesarskiej, dozór policyjny i internowanie na wsi w Zapolu, gdzie gospodarował na roli przez 6 lat. Przez ten czas zmniejszył pańszczyźniane powinności dla chłopów i zorganizował wiejską szkołę. Gdy dowiedział się o wybuchu powstania listopadowego, zakupił strzelbę i palasz, ale dołączyć do powstania udało mu się dopiero w 1831 roku. Wstąpił do korpusu generała Dezyderego Chłapowskiego, który to korpus po krótkiej i nieudanej kampanii litewskiej został rozbity, zaś jego żołnierze przez Żmudź przedostali się do Prus. Emigracyjny szlak Domeyki ciągnął się od Kłajpedy i Gierdawy przez Frombork,



Ryc. 2. Ignacy Domeyko, *Wszechświat* 1889, tom 8, nr 7, 97–102.

Malborg oraz Frankfurt nad Odrą do Drezna.

Na emigracji nie zapomniał o swoich zainteresowaniach naukowych. We Freiburgu zwiedzał kopalnie srebra oraz Akademię Górniczą ze słynnymi zbiorami minerałów. Wraz z Mickiewiczem wyjechał z Drezna do francuskiego Strasburga, a następnie do Chalons-Sur-Marne. Stamtąd Domeyko przedostał się nielegalnie do Paryża. Uczęszczał na kursy w Sorbonie i zapisał się do Szkoły Górniczej, którą ukończył w 1837 roku. Rozpoczął pracę w Alzacji poszukując złóż rud żelaza. Podczas wędrówek wakacyjnych po Francji nie zapomniał o Polsce i opracował syntezę fizjograficzną Polski, której jednak nie zdążył wydać, gdyż wyjechał nagle do Chile na zaproszenie profesora Armanda Dufrenoy, mineraloga w Ecole des Mines. Zaproponowano mu stanowisko wykładowcy chemii i mineralogii w Coquimbo w północnym Chile, oferując zwrot kosztów podróży i wysoką pensję. Domeyko wyraził zgodę.

I tak zaczęła się wielka przygoda Ignacego Domeyki z Chile. Podróż trwała 4 miesiące – przez Londyn, Buenos Aires, Stepy Argentyny, przełęcz Uspallata w Kordylierach aż do doliny Aconcagua do Conquimbo, gdzie dotarł 3 czerwca 1838 roku. Miasto Coquimbo leżące na 30º szerokości południowej stało się na 8 lat terenem jego pracy. Było to trudne zadanie. Kraj był pierwotny, rozpoczynający dopiero życie samodzielne i oświecone. Młoda republika o nieuznanej jeszcze międzynarodowo niepodległości, rozciągnięta z południa na północ wzdłuż Kordylierów, o spornych granicach, niepokojona przez wojny, rewolucje, powstania Indian oraz trzęsienia ziemi, nie posiadała jeszcze należycie zorganizowanego szkolnictwa ani instytucji naukowych. Przyszły rozwój kraju miał się opierać na górnictwie. Domeyko miał stworzyć podstawy naukowe do eksploatacji bogactw naturalnych. Właściwa praca rozpoczęła się dopiero pod koniec roku, gdy przypłynął statek z aparaturą laboratoryjną.

Domeyko rozpoczął wykłady w języku hiszpańskim z matematyki, fizyki, chemii, mineralogii i metalurgii oraz opracowywał program szkoły. Jednocześnie wykonywał analizy chemiczne zebranych i nadsyłanych materiałów. Zyskał uznanie władz i mianowanie na sędziego górniczego, którego opinie były uznawane za ostateczne. Pisał do Mickiewicza: „Niejedna północ zastaje mnie przy tyglu lub retorcie, smażącego dziwne, ciekawe kruszce. W dzień jestem z moimi uczniami, peroruję po hiszpańsku o rzeczach, o których tu nikt przede mną nie wiedział". Okres wakacji szkolnych spędzał na podróżach na północ i południe kraju. Dostarczyły one materiału do opracowań naukowych wysyłanych do czasopism europejskich i do podręczników mineralogii. Przemierzył konno i pieszo niemal całe Chile. Zwrócił uwagę mieszkańców na możliwe znaczenie gospodarcze złóż saletry na pustyni Atacama, odkrył liczne złoża minerałów – srebra, złota, miedzi, a także węgla kamiennego. Przyczynił się ogromnie do rozwoju przemysłu i nauki w Chile. W 1846 roku opracował pierwszą mapę geologiczną tego kraju w skali 1:250 000. Zgromadził kolekcję około 4 tysięcy minerałów. Organizował też szkolnictwo wzorowane na systemie w okręgu wileńskim i powołany został do Rady wychowanie publicznego. Zdobył wysoki autorytet moralny u nieufnej zrazu ludności, tak iż dano mu stanowisko generalnego górmistrza

i rozjemcy w górniczych sporach granicznych. Przygotował też swoich następców, których wysyłał na studia do Paryża.

W 1844 r. przybył w swoich wędrówkach do Araukanii, nieskolonizowanego jeszcze regionu zamieszkałego przez Indian. Występował w ich obronie, doceniając ich duchowe wartości i wiarę w Istotę Najwyższą. Opublikował, w roku 1845, monografię etnograficzną o Indianach Araukanii. W roku 1848 został uznany honorowym obywatelem Chile.



Ryc. 3. Medal wybity na cześć Domeyki przez Rząd Chilijski. *Wszechświat* 1939, tom 45, nr 4, 99–103.

Tęsknił za Polską, ale wciąż nie mógł wrócić z powodu wypadków w kraju, pożaru laboratorium, chęci obejrzenia wybuchu wulkanu Antuco (wyprawę na wulkan omal nie przypłacił życiem), a także ze względów osobistych – małżeństwa z Enriquette de Sotomayor, które mimo dużej różnicy wieku (48 i 15 lat) okazało się bardzo udane. Doczekali się 4 dzieci: córka Domeyki, Anna zamieszkała na Litwie, gdzie wyszła za mąż za dalekiego kuzyna (zmarła w 1917 r. w Warszawie), syn Henryk zmarł w roku 1856 r, syn Herman (zm. w 1931 r. w Chile) został wyświęcony na księdza, a najmłodszy syn Kazimierz zmarł w Chile w 1922 r. Ukochana żona Ignacego zmarła w 1870 r.

Domeyko, wykształciwszy sobie następców w Coquimbo, wyjechał po 8 latach planując powrót, jednak zatrzymano go w Santiago by zajął się sprawą reformy Uniwersytetu. Opracował projekt reformy, który jednak spotykał się z oporem uniwersytetu. Po śmierci rektora Bello, rektorem został obrany Domeyko (1867) i został na tym stanowisku aż do wyjazdu z Chile w 1883 roku.

Ignacy Domeyko zajmował się nie tylko pracą dydaktyczną i badawczą, ale opracował też liczne cenne podręczniki, między innymi traktat o probiernictwie, podręcznik mineralogii, w którym opisał nowe minerały, między innymi arketyt, amiolit, domeykit (nazwa pochodzi od nazwiska Domeyki, a nadana została przez niemieckiego mineraloga Wilhelma Rittera von Haidingera). Opisał też dokłanie własności znanych wcześniej minerałów. Badał też meteoryty zebrane na pustyni Atacama. Opracował też zjawiska trzęsień ziemi w Chile oraz obserwacje meterologiczne. Z Chile wysyłał też zbiory minerałów do Polski.

Polska Akademia Umiejętności obrała Domeykę na swojego członka w 1873 r., a w 1887 r. został doktorem honoris causa Uniwersytetu Jagiellońskiego. W 1884 roku sędziwy już uczony po przejściu na zasłużoną emeryturę przyjechał do kraju – przez Kraków, Warszawę na Litwę. W Polsce przebywał około 4 lat, podczas których podróżował, spisywał wspomnienia, uczestniczył w wielu uroczystościach. Jesienią 1888 roku wrócił z synami do Chile, aby towarzyszyć im podczas obejmowania stanowisk w Santiago – Herman jako ksiądz, a Kazimierz w branży górniczej. Miał zamiar szybko wrócić na Litwę, jednakże rozchorował się ciężko i wkrótce zmarł. Stało się to 23 stycznia 1889 w Santiago. Śmierć Ignacego Domeyki okryła Chile żałobą.

Paradoksalnie Ignacy Domeyko jest bardziej znany za granicą niż w Polsce. Nazwiskiem jego nazwano jedną z planetoid, pasmo górskie w Chile – Góry Domeyki – Cordillera de Domeyko oraz miejscowość Domeyko na terenie Chile. Nazwisko Domeyki upamiętniono w nazwach wielu zwierząt paleontologicznych na podstawie okazów z Chile

(amonit, łodzik, ramienionogi, pterozaur, jurajska ryba, Domeykosaurus z kredy, gatunek pająka Lycinus Domeyko Goloboff (1995). Obecnie już ponad 140 nazw związanych jest z Domeyką, w tym nazwy geograficzne i nazwy ulic. 1903 r. staraniem rządu Chile wydano dzieła naukowe Domeyki w 5 tomach. W Polsce wydano *Moje podróże (pamiętniki wygnańca)* w latach 1962–1963. W 2002 roku Polska Akademia Umiejętności uczciła 200 rocznicę urodzin Domeyki organizując uroczystą sesję naukową i wystawę przedstawiającą opracowane przez Domeykę mapy oraz dokumenty związane z uczonym, pochodzące ze zbiorów Biblioteki naukowej PAU i PAN w Krakowie. Rok 2002 ogłoszony został także przez UNESCO rokiem Domeyki. W 2007 roku Narodowy Bank Polski wprowadził do obiegu monety przedstawiające Domeykę o nominałach 10 zł i 2 zł. W 2011 r. założono w Toruniu fundację *Proyecto Domeyko Polska*, która wspiera i promuje współpracę miedzy Polską a Chile i innymi krajami hiszpańskojęzycznymi.

Ignacy Domeyko był nie tylko wielkim uczonym i badaczem, ale także człowiekiem pogodnym, uczciwym, wiernym względem swoich i lojalnym wobec obcych, z którymi współpracował i wśród których przebywał. Dożył późnych lat w stanie niezwykłej żywotności. Sławił wartość późnego wieku i uczczony został przez Odyńca wierszem „Oda do starości". Przeżył wielu swoich towarzyszy młodości i pozostawał dla swoich współczesnych przedstawicielem sławnego Towarzystwa Filomatów.



Ryc. 4. Grobowiec Ignacego Domeyki na Cmentarzu Generalnym w Santiago. Fot. Ricardo Hevia Kaluf.

Bibliografia

1. Wszechświat 1889, 8, 98–101
2. Wszechświat 1939, 4, 100–103
3. https://pl.wikipedia.org/wiki/Ignacy_Domeyko
4. https://histmag.org/ignacy-domeyko-obronca-araukanow-12466/5
5. https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/Domeyko-Ignacy;3893671.html

Prof. dr hab. Maria Śmiałowska. Instytut Farmakologii PAN w Krakowie. E-mail: wszechswiat.smialo@onet.pl
Malwina Kosek. Instytut Farmakologii PAN w Krakowie. E-mail: kosek@if-pan.krakow.pl

FESTIWAL NAUKI I SZTUKI 2018 W KRAKOWIE

Jednym z ważniejszych wydarzeń promujących wiedzę i najnowsze osiągnięcia nauki, które na stałe wpisało się w kalendarz imprez kulturalnych w Krakowie jest Festiwal Nauki i Sztuki. W tym roku został on zorganizowany po raz osiemnasty i odbył się w dniach 17–19 maja. Festiwal przebiegał pod hasłem „Moc rozumu", a głównym jego organizatorem była Krakowska Akademia im. Andrzeja Frycza Modrzewskiego. Patronem wydarzenia jest prof. Antoni Kępiński (1918–1972), wybitny polski psychiatra, którego setna rocznica urodzin przypada w listopadzie 2018 roku. Pracownicy Instytutu Farmakologii przygotowali specjalny program, który obejmował wykłady, warsztaty, prezentacje i pokazy.

W wydarzeniu tym aktywnie uczestniczył Instytut Farmakologii PAN. Koordynatorką Festiwalu Nauki w IF PAN była **dr hab. Agnieszka Wąsik**. Pracownicy i doktoranci IF PAN przygotowali wykłady i prezentacje, które w przystępnej formie przybliżyły publiczności najnowsze odkrycia i najciekawsze badania z zakresu neurobiologii i farmakologii. Naukowcy zaprosili zainteresowanych także do laboratoriów instytutu, gdzie odbywały się pokazy, prezentacje i warsztaty. Uczestnicy zajęć obserwowali preparaty pod mikroskopem, poznawali niektóre techniki badawcze stosowane w neuropsychofarmakologii, a także mieli okazję posługiwać się sprzętem laboratoryjnym. W tym roku w instytucie zaprezentowano 14 tematów, a liczba odwiedzających wynosiła 90 osób.

Wszystkim autorom wykładów i prezentacji oraz uczestnikom Festiwalu odwiedzającym IF PAN serdecznie dziękujemy i zapraszamy do udziału w przyszłorocznej edycji Krakowskiego Festiwalu Nauki.



FESTIWAL NAUKI I SZTUKI W KRAKOWIE 17-18.05. 2018

Program przygotowany przez INSTYTUT FARMAKOLOGII PAN

CZWARTEK

WYKŁADY

10:00-10:30 Dr Katarzyna Kamińska
Dwie twarze marihuany

10:35-11:05 Mgr Anna Radlicka
Kiedy giną neurony z dopaminą, czyli o chorobie Parkinsona

11:10-11:40 Dr Marta Kot
Kiedy czosnek i kapusta mogą zaszkodzić?

11:45-12:15 Dr Katarzyna Kuter
Czym się zajmuje cichy współnik neuronów? Opowiadanie o astrocytach

POKAZY (prezentacje)

12:30-14:00 Zakład Biochemii Mózgu (dr Justyna Kuśmierczyk i mgr Katarzyna Chorążka)
Crossfit mózgu

Zakład Farmakologii Uzależnień (mgr Dawid Gruliński i mgr Kinga Mudlaff)
Jak wybarwić mózg – techniki immunohistochemiczne

Zakład Neuroendokrynologii Doświadczalnej (mgr Agnieszka Wnuk)
Krem z filtrem przeciwsłonecznym - przyjaciel czy wróg?

PIĄTEK

WYKŁADY

10:00-10:30 Dr hab. Małgorzata Kajta
Mózg i środowisko – toksyczny związek?

10:35-11:05 Dr hab. Barbara Ziółkowska
Jak możemy zobaczyć działanie leków na mózg? Obrazowanie zmian aktywności genów

11:10-11:40 Dr Jakub Chwastek
Jak zmieścić kolano w szalce?

POKAZY (prezentacje)

12:00-14:00 Zakład Neurobiologii (dr Helena Domin i mgr Paulina Cieślik)
Obserwacje mikroskopowe

Zakład Farmakologii Uzależnień (mgr Justyna Brodowicz)
Metoda Western Blot w neuropsychofarmakologii

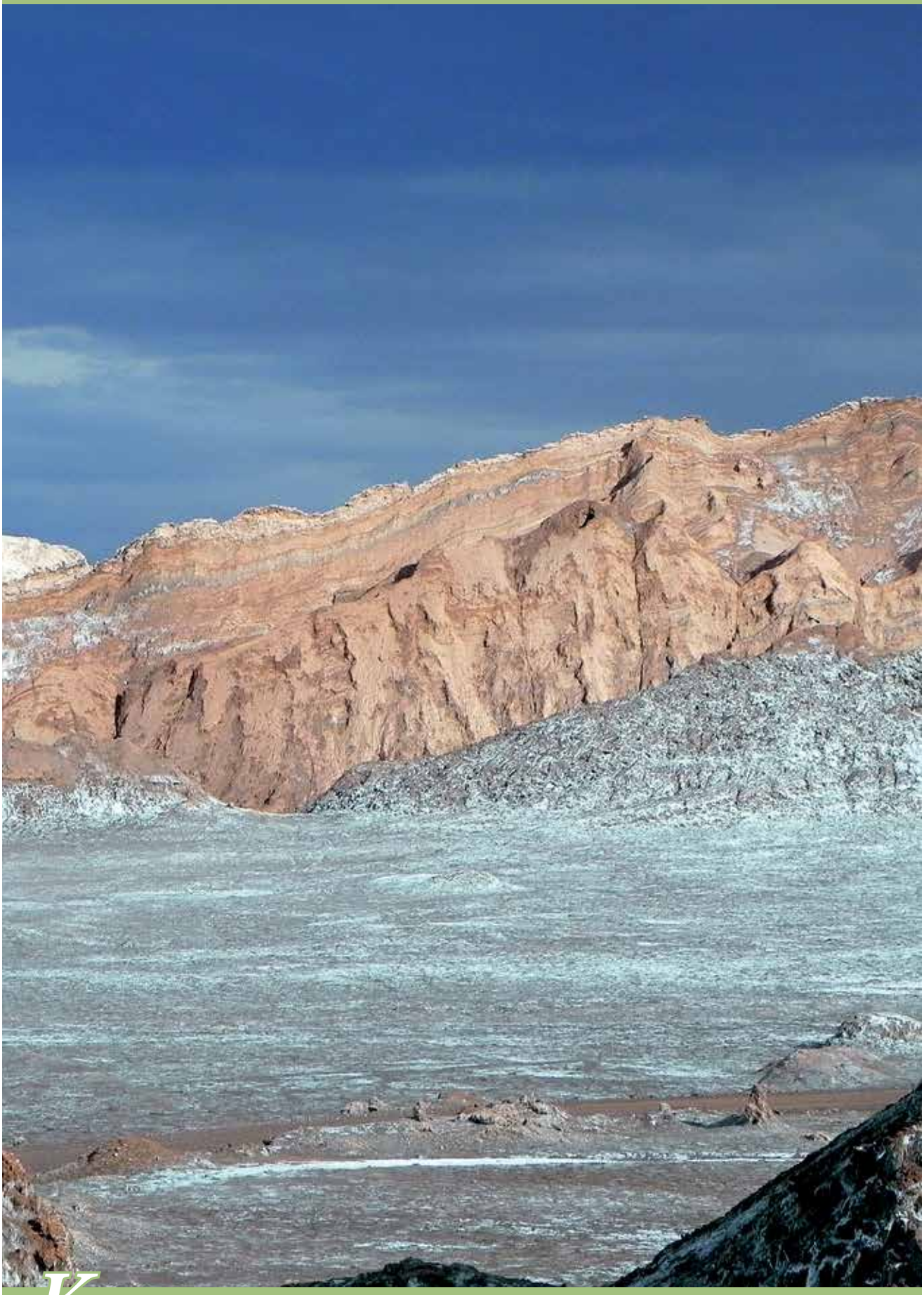
Zakład Fizjologii (mgr Marcin Siwiec i mgr Joanna Sowa)
Rejestracje elektrofizjologiczne techniką patch-clamp

Zakład Neuroendokrynologii Doświadczalnej (dr Joanna Rzemieniec)
Czy spożywanie brokułów może ochronić nas przed udarem mózgu?



Kolorowe wzgórza na obrzeżach Tęczowej Doliny, Pustynia Atakama, Chile (fot.L.Kucharski).

Cena 12,00 zł (VAT 5%) Indeks 381586



Księżycowa Dolina, Pustynia Atakama, Chile (fot. L.Kucharski).