



Globalne  
ocieplenie

# Biologia w Szkole

z Przyrodą

Nr 2 MARZEC/KWIECIEŃ 2011 328 (LXIV) indeks 352659 CENA 16,90 ZŁ (w tym 5% VAT)

CZASOPISMO DLA NAUCZYCIELI

## Epigenetyka a spermatogeneza

### APTAMERY – niezwykłe RNA

## Spotkanie na krańcu świata

82060301103002

ISSN 0137-8031

03

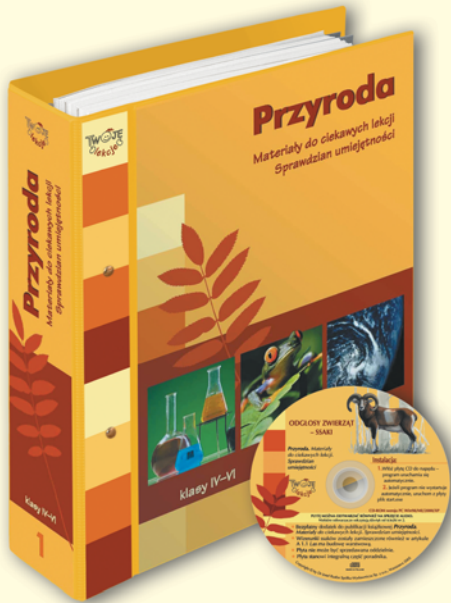


9 770137 803102

# Przyroda.

## Materiały do ciekawych lekcji.

### Sprawdzian umiejętności



Materiały zgodne z podstawą programową, będące doskonałym dopełnieniem każdego podręcznika. Skuteczna pomoc w przygotowaniu uczniów do sprawdzianu po klasie VI.

#### W publikacji:

- scenariusze zajęć
- karty pracy (z odpowiedziami)
- doświadczenia
- teksty pomocnicze dla ucznia
- sprawdziany (z odpowiedziami)
- trzy kolorowe foliogramy
- dwa duże plakaty do pracowni przyrodniczej
- CD z wizerunkami i odgłosami zwierząt



**Prezent!**  
2 duże plansze

**Pokaż uczniom, jak fascynujący jest świat!**



Czasopisma  
Pedagogiczne

**NUMER 2**

**MARZEC/KWIECIEŃ 2011**  
**328 (LXIV) indeks 352659**

**Nakład 4000 egz.**

**CENA zł 16,90 (w tym 5% VAT)**

#### Redakcja

Piotr Borsuk (redaktor naczelny)  
prazm@gazeta.pl

#### Adres redakcji

01-194 Warszawa, ul. Młynarska 8/12,  
tel. 22 244 84 74, faks 22 244 84 76  
biologia@raabe.com.pl

#### Wydawca

Dr Josef Raabe Spółka Wydawnicza Sp. z o.o.  
ul. Młynarska 8/12

01-194 Warszawa  
tel. 22 244 84 00, faks 22 244 84 20  
e-mail: raabe@raabe.com.pl  
www.raabe.com.pl

NIP: 526-13-49-514

REGON: 011864960

Zarejestrowana w Sądzie Rejonowym dla  
m.st. Warszawy w Warszawie  
XII Wydział Gospodarczy KRS  
KRS 0000118704

Wysokość Kapitału Zakładowego:  
50.000 PLN

#### Prezes zarządu

Michał Włodarczyk

#### Dyrektor wydawniczy

Józef Szewczyk, tel. 22 244 84 70  
j.szewczyk@raabe.com.pl

#### Dział obsługi klienta

tel. 22 244 84 11,  
prenumerata@raabe.com.pl

#### Dyrektor marketingu

Anna Gryczewska  
a.gryczewska@raabe.com.pl

#### Kolportaż

Anna Niepiekło, tel. 22 244 84 78,  
faks 22 244 84 76  
a.niepieklo@raabe.com.pl

#### Reklama

Andrzej Idziak, tel. 22 244 84 77  
faks 22 244 84 76, kom. 692 277 761  
reklama@raabe.com.pl

#### Skład i łamanie

Vega design

#### Druk i oprawa

Pabianickie Zakłady Graficzne SA,  
95-200 Pabianice, ul. P. Skargi 40/42

#### Zdjęcia na okładce:

Piotr Borsuk

Redakcja nie zwraca nadesłanych materiałów,  
zastrzega sobie prawo formalnych zmian w treści  
artykułów i nie odpowiada za treść płatnych reklam.

# Biologia w Szkole

Z Przyrodą

CZASOPISMO DLA NAUCZYCIELI

## SPIS TREŚCI

### CO NOWEGO W BIOLOGII?

- 5 Zaburzenia modyfikacji epigenetycznych podczas spermatogenezy przyczyną niepłodności męskiej**  
▪ Ewa Borsuk
- 17 Aptamery – niezwykle fragmenty RNA**  
▪ Krzysztof Olszak, Paweł Kowalczyk
- 30 Przekazywanie energii cieplnej. Efekt cieplarniany**  
▪ Dawid Basak, Marlena Zielińska, Marek Szablewski
- 35 Galeria fotografii przyrodniczej**
- 38 Kormoran antarktyczny (*Phalacrocorax atriceps bransfieldensis*) – spotkanie na krańcu świata**  
▪ Piotr Borsuk

### Z PRAKTYKI SZKOLNEJ

- 46 Efekt cieplarniany. Scenariusz lekcji**  
▪ Marlena Zielińska, Dawid Basak
- 53 Jak lepiej motywować do uczenia się biologii?**  
▪ Julian Piotr Sawiński
- 59 Komputer pomaga biologom i nie tylko**  
▪ Marcin Pliński, Jarosław Samsel, Grzegorz Strzelczyk



Zapraszamy do odwiedzenia naszej strony w Internecie [www.edupress.pl](http://www.edupress.pl)

# Szanowni Czytelnicy

**G**dym piszę te słowa, na dworze jeszcze zima i myśl o ociepleniu, a szczególnie globalnym, jawi mi się jako koncepcja wysoce dyskusyjna. Myślę, że za mojego życia nawet pod Zieloną Górą nie zakwitną banany. No chyba że w szklarni. Wiemy, że dawno, dawno temu na terenie naszego kraju było znacznie cieplej, a dziś bywa bardzo, bardzo zimno. Czy to oznacza, że klimat nam się ociepla? Ja tego nie odczuwam, a statystyka..., moim zdaniem bywa kapryśna. Jak będzie w przyszłości? Tego chyba nawet najstarsi górale nie wiedzą! Znajomi geolodzy twierdzą, że obecnie mamy „ostatni paroksyzm interglacjału...”. Chyba wszyscy zdajemy sobie sprawę z tego, co to oznacza. Brr! Strach pomyśleć. Liczę, że nie będę miał okazji pójść do Szwecji spacerkiem przez Bałtyk. Nie ma jednak cienia wątpliwości, że dewastujemy Ziemię i nie jest to działanie ani rozsądne, ani dające estetyczne efekty. Coś z tym trzeba zrobić. Nie wątpię, że jest to zadanie dla naszego i przyszłych pokoleń, dlatego czasem dobrze jest postraszyć społeczeństwo globalnym ociepleniem, bo kto wie...

Na łamach „Biologii w Szkole” wielokrotnie pisaliśmy o genetyce i biologii molekularnej. Również w tym numerze znajdziecie Państwo artykuł traktujący o niezwykłych RNA, które mogą bardzo specyficznie oddziaływać nawet z tak niewielkimi cząsteczkami, jak witaminy i aminokwasy. Aptamery, bo o nich mowa, trudno znaleźć w komórce, ponieważ w zależności od „towarzystwa”, w jakim przebywają, potrafią zmieniać swój kształt, lecz możemy je otrzymać w probówce. Niektóre z nich mogą być użyte w medycynie. Dziś to jeszcze piosenka przyszłości, ale zapewniam, całkiem niedalekiej. Dlatego warto się z nimi zapoznać, czytając artykuł Panów Krzysztofa Olszaka i Pawła Kowalczyka.

Genetyka genetyką, a epigenetyka to zupełnie inna para kaloszy. No może nie do końca, bo w komórce wszystko się ze sobą łączy i zawsze ma początek w genach. O znaczeniu procesów epigenetycznych dla spermatogenezy u ssaków przekonuje nas Pani Ewa Borsuk. Myślę, że robi to bardzo skutecznie, podkreślając, że zaburzenie spermatogenezy zwykle prowadzi do niepłodności męskiej – zjawiska coraz częstszego, acz nadal niedocenianego jako problem społeczny. Bardzo gorąco zachęcam do lektury.

**Piotr Borsuk**

# Zaburzenia modyfikacji epigenetycznych podczas spermatogenezy **przyczyną niepłodności męskiej**

Spermatogeneza jest skomplikowanym, wieloetapowym procesem, podczas którego chromatyna powstających gamet jest wielokrotnie modyfikowana. Zmienia się stopień jej kondensacji i podlega ona wielu modyfikacjom epigenetycznym zachodzącym w ściśle określonych momentach tego procesu. Zaburzenie któregokolwiek z nich prowadzi albo do przerwania spermatogenezy i śmierci komórek rozrodczych, albo do powstania plemników o nienormalnej budowie lub/i niewydających prawidłowo. Wszystkie te zjawiska mogą być przyczyną niepłodności męskiej, poważnego, choć często niedostrzeganego problemu społecznego.

■ EWA BORSUK

Statystyki pokazują, że niepłodność definiowana jako niemożność poczęcia dziecka przez seksualnie aktywną parę niestosującą antykoncepcji przez co najmniej rok, w przypadku gdy kobieta nie przekroczyła 35. roku życia, i 6 miesięcy, w przypadku kobiet starszych, dotyczy jednej na 6 par. Wbrew opinii pokutującej do dziś w wielu społeczeństwach, które chętnie winą za niepowodzenia w prokreacji obarczają kobiety, w 40–50% przypadków par niepłodnych przyczyna leży po stronie mężczyzny.

Fakt istnienia zjawiska niepłodności męskiej był przez całe lata ignorowany w wielu społeczeństwach na świecie, a i obecnie świadomość na ten temat jest bardzo niska. Akcje uświadamiające podejmowane przez różne organizacje społeczne, np. jesienią zeszłego roku w Polsce przez stowarzysze-

nie „Nasz bocian”, mają głównie na celu przełamanie stereotypów postrzegania niepłodności jako problemu wyłącznie kobiecego. Lista przyczyn niepłodności męskiej jest bardzo długa.

Znajdują się na niej różnego rodzaju defekty anatomiczne męskiego układu rozrodczego, defekty genetyczne, zaburzenia wydzielania hormonów i inne ogólne problemy zdrowotne. Wśród przyczyn niepłodności wymienia się również szeroko pojęte problemy cywilizacyjne, jak życie w stresie i zanieczyszczenia środowiska. Najważniejszymi przyczynami niepłodności męskiej są jednak zaburzenia produkcji i funkcjonowania dojrzałych gamet męskich – plemników. Dotyczy to 90% stwierdzonych przypadków niepłodności.

Ocena jakości nasienia biorąca pod uwagę liczbę plemników w mililitrze ejakulatu,

## Przyczyny niepłodności męskiej u człowieka:

- **defekty anatomiczne, np.**
  - brak zstępowania jąder
  - niedrożność nasieniowodów
  - uszkodzenia lub choroby jąder
- **defekty genetyczne, np.**
  - zespół Klinefeltera
- **zaburzenia wydzielania hormonów, np.**
  - obniżone wydzielanie testosteronu
  - nadmierne wydzielanie prolaktyny
- **ogólne problemy zdrowotne, np.**
  - przebyta chemioterapia
  - cukrzyca
- **problemy cywilizacyjne, np.**
  - życie w stresie
  - zanieczyszczenie środowiska
- **zaburzenia produkcji i funkcjonowania plemników**
  - niska liczebność plemników
  - nieprawidłowości w morfologii i ruchliwości plemników

ich morfologię i ruchliwość jest podstawowym testem przeprowadzanym w przypadku osób zgłaszających się do poradni leczenia niepłodności. Normy jakości nasienia wprowadzone przez Światową Organizację Zdrowia (WHO) zostały po raz pierwszy opublikowane dopiero w 1980 roku. Od tego czasu normy te były dwukrotnie korygowane i obecnie przyjmuje się, że 15 mln plemników na 1 ml ejakulatu jest liczbą prawidłową. Niska liczba plemników, zjawisko nazywane oligozoospermią, świadczy o zaburzeniach w ich produkcji. W skrajnym przypadku, azoospermii, w ogóle nie znajduje się plemników w ejakulacie.

Właściwa liczba plemników nie daje jeszcze gwarancji sukcesu reprodukcyjnego. Równie ważna jak ich liczebność jest ich prawidłowa morfologia i ruchliwość. We właściwie wykształconym plemniku można wyodrębnić trzy rejony. Główkę, w której znajduje

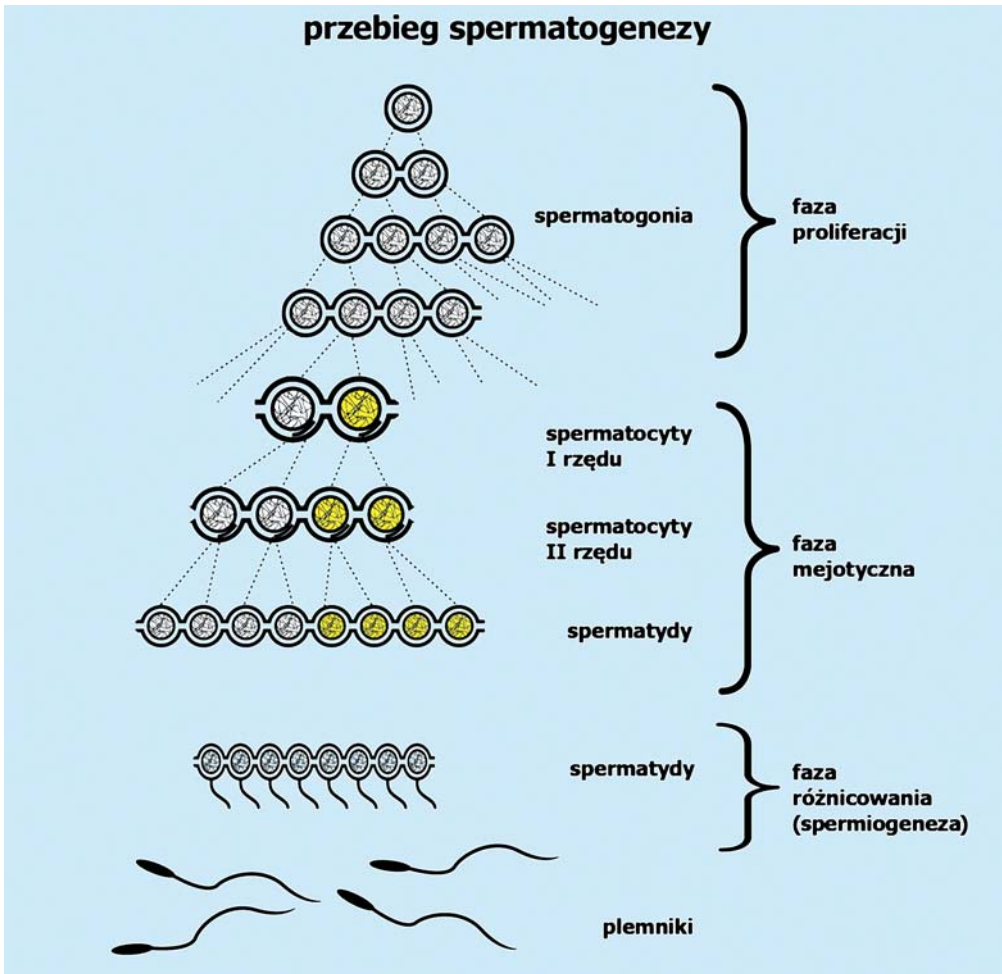
się jądro komórki zawierające odpowiednio zorganizowany i spakowany DNA, wstawkę i witkę. Nieprawidłowości morfologii mogą dotyczyć wszystkich trzech segmentów plemnika i zawsze skutkują znacząco obniżoną płodnością lub niepłodnością.

Plemniki o nieprawidłowej morfologii mają np. zbyt dużą główkę, skrócone witki lub załamane na wysokości wstawkę. Dlatego albo nie są w stanie dotrzeć do oocyta, albo nie mogą wejść z nim w bezpośredni kontakt i nie dochodzi do fuzji obu gamet. Choć dostępnych jest wiele środków zalecanych przez lekarzy zajmujących się niepłodnością męską, oni sami przyznają, że nie ma obecnie skutecznej terapii poprawiającej jakość nasienia.

Przyczyny nieprawidłowej morfologii, liczebności czy ruchliwości plemników kryją się w skomplikowanym procesie ich powstawania, czyli spermatogenezy. Ze zrozumiałych względów prowadzenie szeroko zakrojonych badań podstawowych na człowieku jest niemożliwe. Dlatego takie właśnie badania, które pozwalają na lepsze poznanie i zrozumienie wszystkich zjawisk kluczowych dla prawidłowego przebiegu spermatogenezy, prowadzi się na zwierzętach laboratoryjnych, a w szczególności na myszach. Stąd też pochodzi większość wiedzy, którą z powodzeniem można przenosić na człowieka.

Powstawanie komórek rozrodczych rozpoczyna się już w okresie życia płodowego osobnika. U myszy rozwój zarodkowy trwa 21 dni. Pierwsze komórki linii płciowej można wykryć u płodu w wieku 7 i pół dnia. Komórki te, nazywane pierwotnymi komórkami płciowymi, jako jedyne w tym okresie wytwarzają czynnik transkrypcyjny Oct-4 i wykazują wysoką aktywność fosfatazy alkalicznej, co pozwala odróżnić je od otaczających komórek somatycznych.

Pierwotne komórki płciowe wyodrębniają się w miejscach odległych od lokalizacji przyszłych gonad. Podczas następnych dni życia zarodka wędrują, częściowo aktywnie, a częściowo unoszone przez grupy innych komórek i ostatecznie zasiedlają za-



Rys. 1. Przebieg spermatogenezy

wiązki gonad. W zawiązku gonady zarodka genetycznie płci męskiej pierwotne komórki płciowe, zwane obecnie gonocytami namnażają się i wchodzą w kontakt z somatycznymi komórkami Sertoliego, biorąc wraz z nimi udział w tworzeniu sznurów płciowych. W chwili narodzin samca myszy w kanalikach nasiennych gonady męskiej znajdują się wyłącznie dwa typy komórek: gonocyty i komórki Sertoliego.

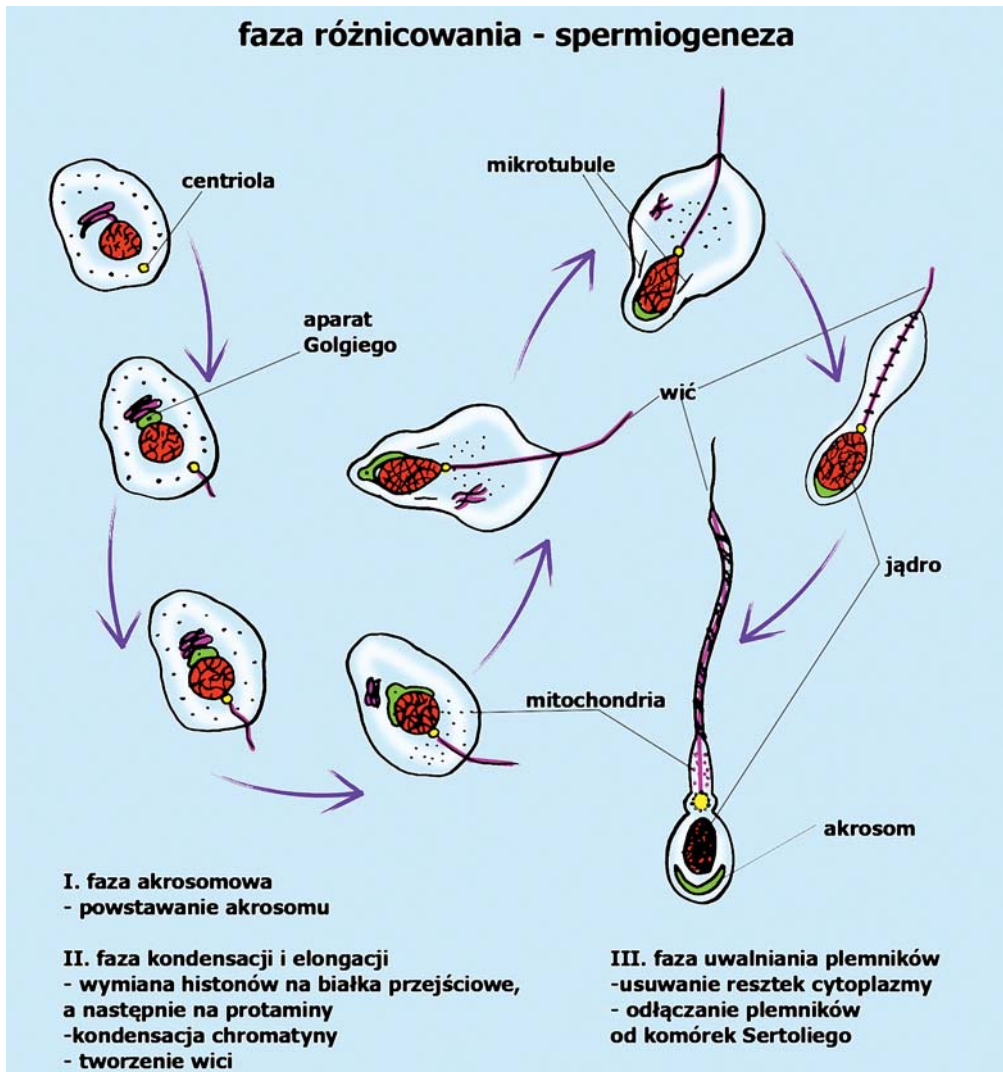
U dorosłego samca myszy nie znajduje się już gonocytów. Kilka dni po urodzeniu ulegają one różnicowaniu i przekształcają się w spermatogonia typu A i B. Jest to pu-

ła komórek dzielących się mitotycznie, obecna w kanalikach nasiennych przez całe życie osobnika płci męskiej. Tę część spermatogenezy, która obejmuje podziały mitotyczne spermatogoniów, nazywamy fazą proliferacji. Spermatogonia typu B są ostatnią dzielącą się mitotycznie linią komórek. W następnym etapie spermatogenezy, fazie mejotycznej, spermatogonia rozpoczynają mejozę, przekształcając się tym samym w spermatocyty I rzędu, z których po I podziale mejotycznym powstaną spermatocyty II rzędu. Po ukończeniu obu podziałów mejotycznych powstaje grupa

haploidalnych spermatyd. W ostatniej fazie spermatogenezy, fazie różnicowania lub spermioogenezy, haploidalne spermatydy przechodzą morfologiczne przeobrażenie i przekształcają się w plemniki (Rys. 1).

Przekształcanie spermatydy w plemnik jest procesem wieloetapowym. Zmiany morfologiczne, które zachodzą podczas tego procesu, dotyczą zarówno jądra komórki, jak i jej cytoplazmy, a pewne istotne zjawiska odbywają się w określonej kolejności.

Wyodrębniono aż 16 stadiów tego przekształcania. Istotne etapy tego procesu pogrupowano w trzy kolejne fazy. Pierwsza to faza akrosomowa, podczas której z cystern aparatu Golgiego powstaje akrosom – pęcherzykowata struktura osadzona na szczycie jądra plemnika, wypełniona enzymami proteolitycznymi. Następne fazy to kondensacja i elongacja, podczas których głębokim przemianom podlega jądro plemnika. Z chromatyny usuwane są histony, a na ich



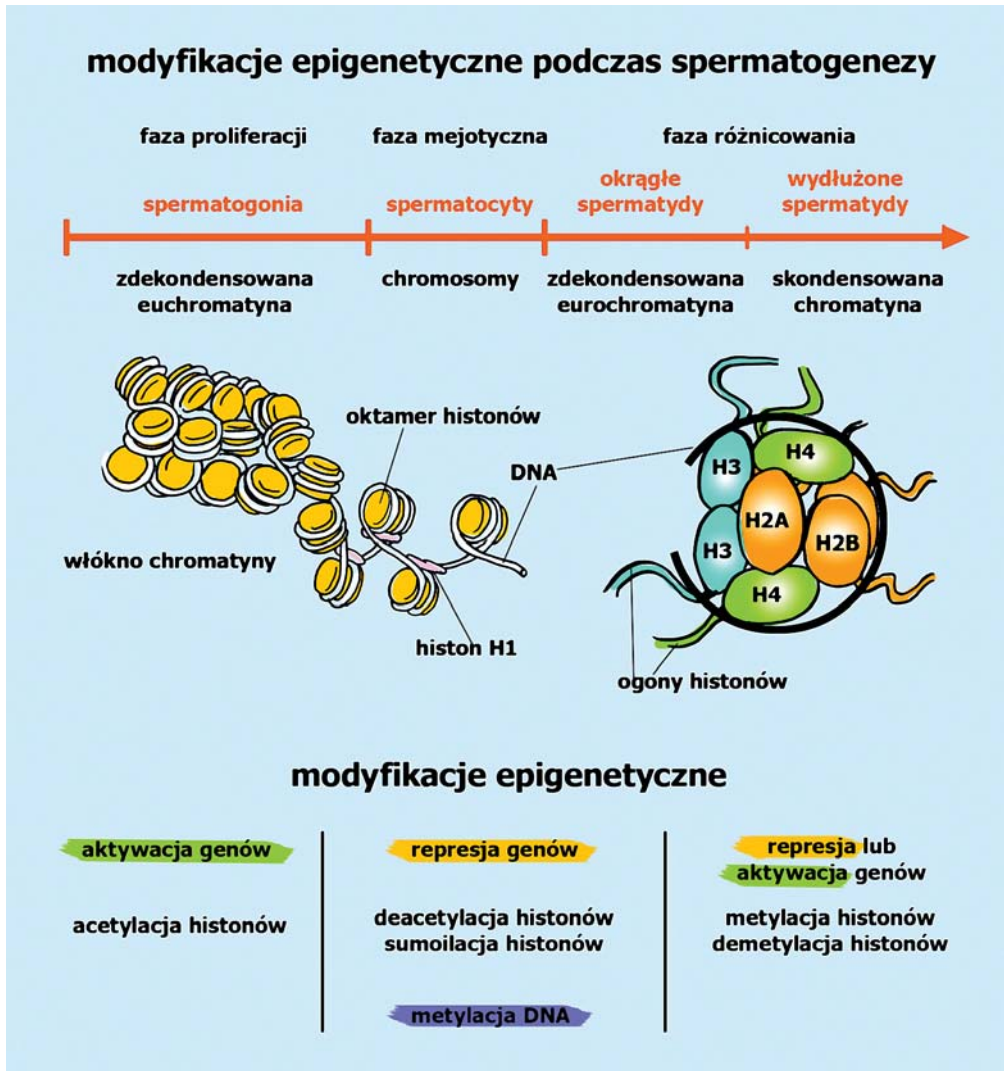
Rys. 2. Spermioogeneza – faza różnicowania plemnika



miejsce są wprowadzane charakterystyczne dla tego stadium białka przejściowe, które następnie zostaną wymienione na protaminy, małe białka zasadowe typowe dla chromatyny plemnika. Ich obecność umożliwia silniejszą kondensację chromatyny. Zmienia się kształt jądra plemnika z okrągłego na owalny i nieco spłaszczony, cała komórka ulega wydłużeniu, a cytoplazma zaczyna przemieszczać się ku tylnej części komórki, gdzie z centrioli wyrasta wici. Mitochondria

gromadzą się u podstawy wici. W ostatniej fazie spermiogenezy resztki cytoplazmy są odrzucane, a w pełni wykształcone plemniki odłączają się od komórek Sertoliego i mogą być uwolnione do światła kanalika nasiennego, a stamtąd dalej do najądrzy i nasieniowodów (Rys. 2).

W kolejnych etapach spermatogenezy chromatyna męskich komórek rozrodczych jest modyfikowana i zmienia się jej kondensacja związana z kolejnymi fazami tego pro-



Rys. 3. Modyfikacje epigenetyczne podczas spermatogenezy

cesu. Podczas fazy proliferacji oraz pierwszych etapów fazy różnicowania zdekondensowana euchromatyna w jądrach spermatogoniów czy okrągłych spermatyd zezwala na ekspresję genów. Podczas fazy mejotycznej chromatyna przyjmuje formę skondensowanych chromosomów, która nie sprzyja procesowi transkrypcji. W późnych spermatydach chromatyna ponownie ulega silnej kondensacji, a wszelka aktywność transkrypcyjna jądra zostaje zatrzymana.

Podstawową jednostką strukturalną chromatyny jest nukleosom, którego rdzeń stanowi oktaimer histonów. Na ten rdzeń nawinięty jest fragment dwuniciowego DNA. Znajdujące się między histonami odcinki DNA nazywamy łącznikowymi. Są one związane z histonem H1. Zarówno DNA, jak i histony rdzeniowe, wchodzące w skład nukleosomu, mogą podlegać modyfikacjom epigenetycznym. W przypadku histonów podatne na modyfikacje są ich N-końcowe odcinki wystające na zewnątrz nukleosomu.

Modyfikacje histonów i DNA wpływają na strukturę chromatyny, co skutkuje aktywacją lub represją genów, a w niektórych przypadkach i jednym, i drugim. Aktywacji genów zwykle towarzyszy acetylacja histonów rdzeniowych, podczas gdy ich deacetylacja, a także sumoilacja są związane z represją ekspresji genów. Podobnie w wyciszanie genów jest zaangażowana metylacja DNA rejonów promotorowych.

Niektóre modyfikacje histonów mogą wywoływać przeciwne efekty, tzn. aktywować lub hamować ekspresję genów w zależności np. od tego, które reszty aminokwasowe są modyfikowane i jakim innym modyfikacjom towarzyszą. Takimi modyfikacjami są np. metylacja i demetylacja reszt argininowych i lizynowych (Rys. 3). Każdemu etapowi spermatogenezy, od wyodrębnienia się pierwotnych komórek płciowych aż do powstania dojrzałych plemników, towarzyszą charakterystyczne dla niego modyfikacje epigenetyczne, mające kluczowe znaczenie dla prawidłowego przebiegu tego procesu i ostatecznie wykształcenia funkcjonalnych gamet męskich.

Jedną z najlepiej poznanych modyfikacji epigenetycznych jest metylacja DNA. Metylowana jest cytozyna w pozycji 5'. Proces ten zachodzi prawie wyłącznie w sekwencjach zawierających dinukleotydy CpG. Reakcję przeprowadza grupa białek nazywanych metylotransferazami DNA. Metylacja DNA w regionach promotorów jest związana z wyciszaniem genów. Po zasiedleniu związków gonad przez pierwotne komórki płciowe dochodzi do masowej demetylacji DNA, katalizowanej przez nieznaną do tej pory enzym. Ponowna metylacja DNA rozpoczyna się już w gonocytach w okresie poprzedzającym narodziny osobnika. Jej celem są elementy transpozonowe DNA. **Są to ruchome fragmenty DNA, których przemieszczanie się w genomie może wywoływać poważne zmiany w strukturze genów.**

Elementy transpozonowe stanowią 45% ludzkiego i 37% mysiego DNA. Ponieważ ich przemieszczanie się może wywoływać mutacje, uszkodzenia chromosomów czy niewłaściwą rekombinację, istotne jest, aby zapobiec ich propagacji. Zachodząca w gonocytach metylacja DNA wycisza elementy transpozonowe. Brak właściwej metylacji DNA w tym okresie spermatogenezy skutkuje zahamowaniem mejozy i ostatecznie bezpłodnością samca.

Metylacja DNA podczas wczesnych etapów spermatogenezy służy również wyciszaniu **piętnowanych genów ojcowskich. Są to geny, których ekspresja odbywa się tylko z allelu odziedziczonego po matce.** Wyciszanie piętnowanych genów ojcowskich rozpoczyna się w gonocytach i jest kontynuowane w dzielących się mitotycznie spermatogoniach. Nałożone w tym okresie piętno genomowe jest następnie przekazywane przez kolejne stadia spermatogenezy dojrzałym gametom męskim i ostatecznie potomstwu. Brak właściwego piętna może również prowadzić do bezpłodności. Niedawno pokazano nieprawidłową metylację w grupie 7 genów piętnowanych u nieplodnych mężczyzn z obniżoną liczbą plemników w ejakulacie. Takie ob-

serwacje wskazują na podwyższone ryzyko bezpłodności wywołanej nieprawidłowym piętnowaniem.

Metylacja DNA jest również bardzo ważna podczas fazy mejotycznej spermatogenezy. Rozpoczynając podział mejotyczny, spermatogonia przekształcają się w spermatocyty I rzędu. Mejoza składa się z dwóch podziałów, podczas których liczba chromosomów i ilość DNA jest zredukowana do stanu haploidalnego. Podczas najdłuższej fazy mejozy, jaką jest profaza I podziału, następują spiralizacja i parowanie chromosomów homologicznych, rekombinacja homologiczna i ostatecznie rozpoczyna się separowanie chromosomów homologicznych.

Metylacja DNA jest niezbędna podczas formowania heterochromatyny i parowania chromosomów w zygotenie. U samców myszy pozbawionych metylotransferazy DNMT3L leptotenowe i zygotenowe spermatocy-

ty wykazują zaburzenia spiralizacji i powstawanie chiazmy pomiędzy niehomologicznymi chromosomami, co prowadzi do zahamowania mejozy i śmierci komórek rozrodczych. Uważa się, że brak właściwej metylacji DNA w tym okresie skutkuje niepożądaną ekspresją retrotranspozonów i utratą piętna genomowego, co również może być przyczyną niepłodności męskiej (Rys. 4).

Przez większą część spermatogenezy, aż do stadium zaawansowanej okrągłej spermatydy, DNA w jądrze męskich komórek rozrodczych jest związany z histonami. Modyfikacje epigenetyczne histonów rdzeniowych są znanym czynnikiem wpływającym na strukturę chromatyny i regulującym ekspresję genów. Nic więc dziwnego, że odgrywają również istotną rolę w procesie powstawania gamet męskich, podczas którego wielokrotnie dochodzi do zmian kondensacji chromatyny i zmian ekspresji genów.



## nadmorskie WARSZTATY PRZYRODNICZE

więcej na stronie: [www.via.lunar.pl](http://www.via.lunar.pl)  
lub pod numerem telefonu: 602 25 18 63

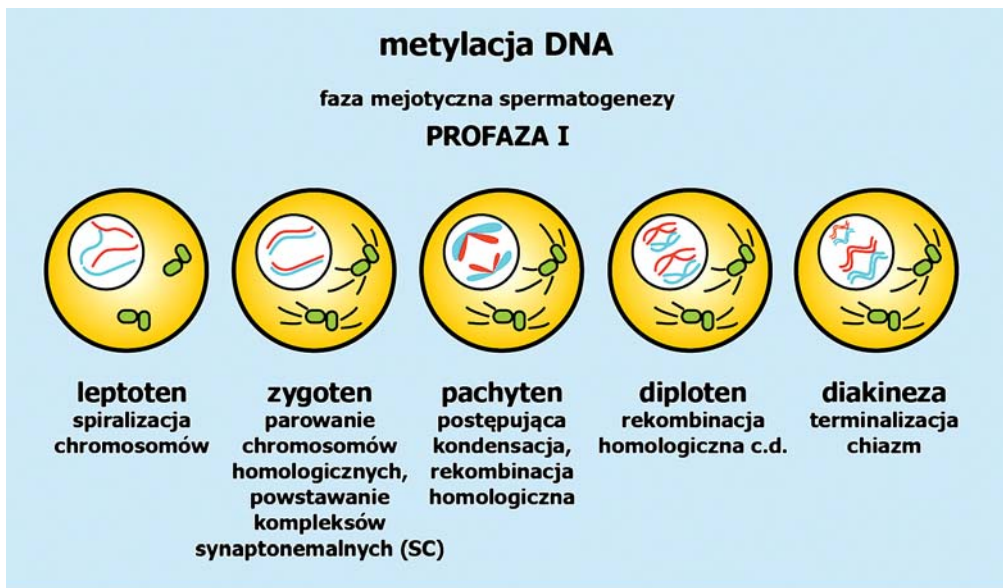


Charakterystyczną cechą procesu spermatogenezy jest zastępowanie histonów przez ich warianty, które również podlegają modyfikacjom. Wiadomo, że wprowadzenie wariantów histonów do nukleosomu może wpływać na regulację ekspresji genów. Podczas spermatogenezy proces ten rozpoczyna się już w spermatogoniach i jest kontynuowany aż do fazy spermatyd.

Cechą charakterystyczną spermatogenezy jest to, że ekspresja wariantów histonów i ich wprowadzanie do chromatyny odbywa się

w określonej kolejności i w określonym tempie. Najwcześniej ulegają ekspresji i są wprowadzane do nukleosomów warianty histonów H2A i H3. Nieco później, bo dopiero po rozpoczęciu mejozy – warianty histonów H2B i H1, a wariant histonu łącznikowego HILS1 pojawia się dopiero w wydłużonej spermatydzie.

Różne tempo wprowadzania wariantów histonów wiąże się z pełnioną przez nie funkcją. Warianty histonu H3 wprowadzane wraz z rozpoczęciem profazy I podziału



**brak metylacji DNA katalizowanej przez DNMT3L  
(samce  $Dnmt3l^{-/-}$ )**

-zaburzenia spiralizacji chromosomów  
-nieprawidłowe parowanie chromosomów homologicznych



-śmierć komórek płciowych (6 dzień po narodzinach)  
- podwyższona ekspresja retrotranspozonów  
- utrata piętna ojcowskiego

Rys. 4. Metylacja DNA w fazie mejotycznej spermatogenezy

mejotycznego wiążą się preferencyjnie z euchromatyną i jak się uważa – odgrywają rolę w regulacji transkrypcji w spermatocytach, a histon H2A. X, wariant histonu H2A, jest zaangażowany w kondensację chromatyny i jest istotny dla prawidłowego przebiegu rekombinacji mejotycznej w leptotenii i zygotenie profazy I. Wprowadzane w ostatniej kolejności warianty histonu H1 ułatwiają kondensację chromatyny w okrągłej spermatydzie. Obecność histonu łącznikowego HILS1, jest ograniczona wyłącznie do wydłużonych spermatyd, gdzie pełni istotną rolę w kondensacji chromatyny. Rola jądrowo specyficznego histonu H2B, który jest obecny tylko podczas fazy mejotycznej spermatogenezy, pozostaje niewyjaśniona (Tabela 1).

Jak już wspomniałam, w kolejnych etapach spermatogenezy histony rdzeniowe oraz ich warianty podlegają modyfikacjom epigenetycznym. Spośród modyfikacji histonów, które zbadano podczas mejozy u myszy, szczególnie interesująca jest metylacja lizyny 9 histonu H3. Lizyna 9 może być mono- di- i trimetylowana. Reakcja ta jest katalizowana przez metylotransferazy histonów. Metylacja lizyny 9, a zwłaszcza jej trimetylacja, jest związana z tworzeniem heterochromatyny i rekrutacją białka HP1 (ang. *Heterochromatin Protein 1*) do heterochromatyny konstytutywnej okołocentromerowej.

Prawidłowa organizacja regionów okołocentromerowych ma kluczowe znaczenie podczas podziału komórki. Metylotransferaza Suv39h1 występuje we wszystkich tkankach dorosłych myszy, podczas gdy Suv39h2 jest preferencyjnie ekspresjonowana w gonadach męskich. Samce myszy pozbawione produktów ekspresji obu tych genów są mniejsze niż samce szczepów dzikich i nieplodne, a ich gonady są wyraźnie mniejsze. Co więcej, w kanalikach nasennych ich jąder nie wykrywa się dojrzałych plemników. Brak właściwej metylacji regionów okołocentromerowych skutkuje zaburzeniami lub całkowitym zahamowaniem procesu mejozy. Tworzą się nieprawidłowe

**Tabela 1. Warianty histonów i ich rola w spermatogenezie**

Wariant histonu	Funkcja w spermatogenezie
H3.3A i H3.3B	regulacja transkrypcji w spermatocytach
H2A.X	bierze udział w kondensacji chromatyny i regulacji rekombinacji mejotycznej w leptotenii i zygotenie profazy I
H1t i H1t2	kondensacja chromatyny w jądrze okrągłej spermatydy
HILS1	kondensacja chromatyny w jądrze wydłużonej spermatydy

chiazmy, co prowadzi często do rekombinacji chromosomów, które nie są homologiczne. Obserwuje się również zaburzenia segregacji chromosomów prowadzące do aneuploidii. Wszystkie te zjawiska powodują, że znacznie więcej spermatocytów niż normalnie podlega apoptozie.

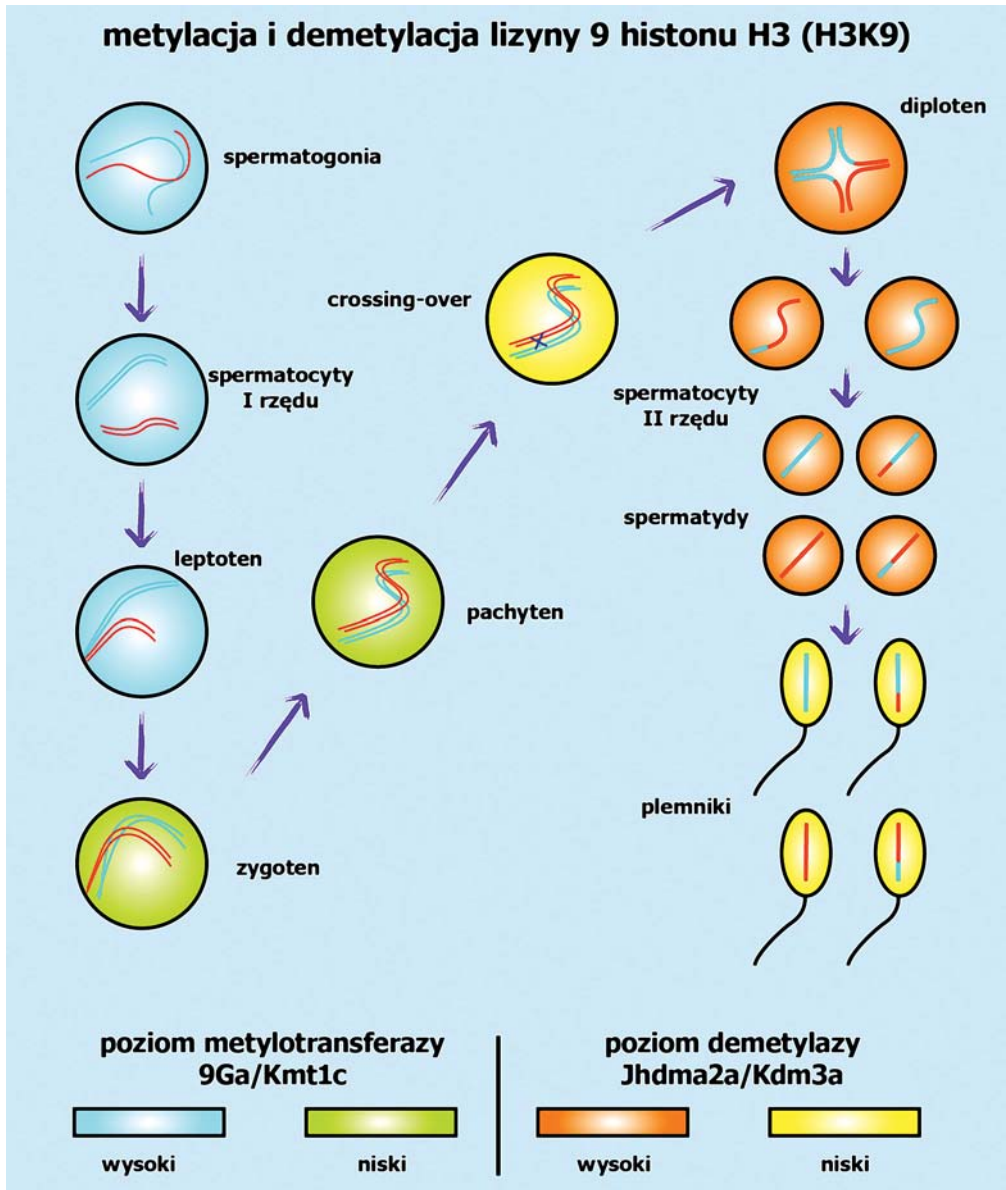
Równie ważna, jak odbywająca się w odpowiednim momencie metylacja lizyny 9 histonu H3, jest jej demetylacja. Brak jednego z tych procesów ma fatalne skutki dla powstawania męskich gamet. Aktywność enzymów katalizujących metylację i demetylację lizyny 9 histonu H3 zmienia się wraz z przebiegiem kolejnych faz spermatogenezy i jest regulowana w czasie. W dzielących się mitotycznie spermatogoniach i spermatocytach I rzędu, we wczesnej profazie I, lizyna jest metylowana i aktywność metylotransferazy jest wysoka. Poczawszy od zygotenu, spada ekspresja metylotransferazy, rośnie natomiast ekspresja demetylazy. Pociąga to za sobą stopniową demetylację lizyny 9 histonu H3 (Rys. 5).

U mutantów myszy pozbawionych genu metylotransferazy właściwy poziom metylacji lizyny 9 histonu H3 nie zostaje nigdy osiągnięty. Skutkuje to nieprawidłowym parowaniem chromosomów homologicznych i nienormalnym tworzeniem synaps, i w konsekwencji apoptozą spermatocytów I rzędu. U mutantów pozbawionych

genu *Jhdma2*, kodującego demetylazę *Kdm3a*, podczas całej spermatogenezy utrzymuje się stały wysoki poziom metylacji lizyny 9 histonu H3. Prowadzi to do zaburzenia unikalnego procesu niezwykle silnej kondensacji chromatyny, koniecznego dla upakowywania jej w bardzo małym ją-

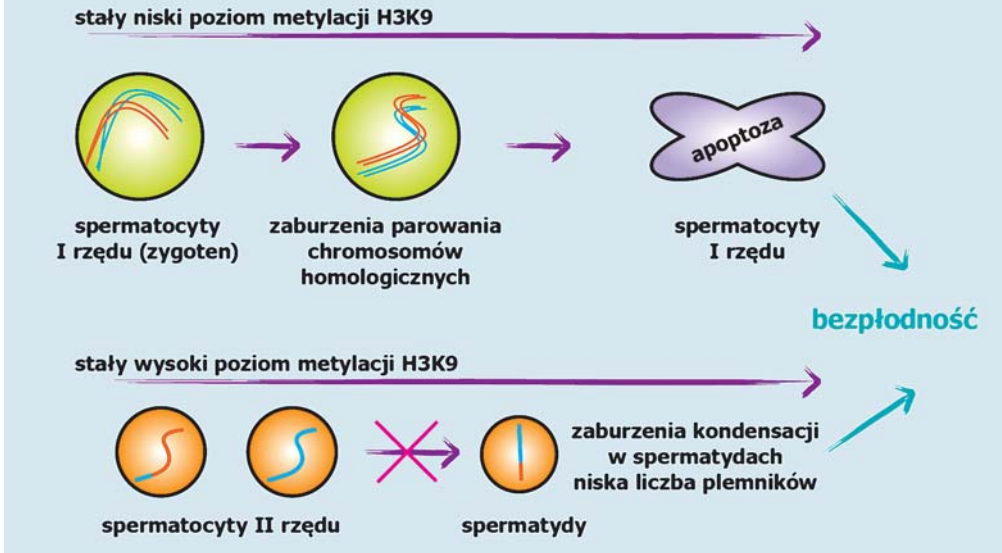
drze plemnika. Ostatecznie mutacja ta manifestuje się bardzo niską liczbą plemników, które ukończyły fazę dojrzewania. W przypadku obu mutacji samce myszy są nieplodne (Rys. 6).

Odkrycie szczególnej roli demetylazy kodowanej przez gen *Jhdma2* w 2007 roku



Rys. 5. Metylacja i demetylacja lizyny 9 histonu H3 (H3K9)

## metylacja i demetylacja lizyny 9 histonu H3 (H3K9)



Rys. 6. Wpływ metylacji i demetylacji lizyny 9 histonu H3 (H3K9) na powstawanie plemników

było szczególnie komentowane przez BBC NEWS, ponieważ uznano, że defekty w tym genie mogą być również przyczyną niepłodności męskiej u człowieka, wyrażającej się niską liczebnością plemników. Ze względu na specyficzność działania produktu tego genu mógłby się on stać celem terapii poprawiającej jakość nasienia, która najprawdopodobniej byłaby obojętna dla innych procesów zachodzących w naszym organizmie.

Spermatogeneza obejmuje kolejne mitotyczne i mejozyczne cykle komórkowe, których przebieg musi być precyzyjnie kontrolowany, aby cały proces odbywał się bez zakłóceń. **Wśród różnych białek uczestniczących w regulacji cyklu komórkowego na szczególną uwagę zasługują kinazy Aurora.** U ssaków wykrywane są trzy kinazy Aurora: A, B i C. W porównaniu z innymi tkankami poziom ekspresji Aurora B i Aurora C w gonadach jest bardzo wysoki. Należy tu dodać, że Aurora C została

wykryta po raz pierwszy w gonadach męskich i do niedawna uważano, że jej aktywność ogranicza się do spermatogenezy. Jedną z funkcji Aurora B i Aurora C jest fosforylacja seryny 10 histonu H3. Zarówno Aurora B, jak i C jest obecna w dzielących się mitotycznie spermatogoniach oraz profazowych i metafazowych spermatocytach I i II rzędu. Ich lokalizacja pokrywa się z lokalizacją fosforylowanej seryny 10 histonu H3. Aurora B została również wykryta podczas kondensacji chromatyny w okrągłych spermatydach.

Aby lepiej poznać rolę kinaz Aurora podczas spermatogenezy i ich wpływ na płodność samców, wyprowadzono zmutowane linie myszy pozbawione aktywnych form tych kinaz. Samce linii myszy nieposiadającej aktywnej kinazy Aurora B charakteryzowały się zmniejszonymi rozmiarami gonad. Badania histologiczne wykazały u nich daleko posunięte zaburzenia spermatogenezy. Liczba okrągłych i wydłużo-

nych spermatyd była znacznie obniżona. Stwierdzono również zaburzenia procesu mejozy prowadzące do powstawania dwujądrowych spermatocytów, podwyższonej liczby komórek apoptotycznych i pyknotycznych. Nic więc dziwnego, że samce linii myszy nieposiadającej aktywnej kinazy Aurora B miały wyraźnie obniżoną płodność. Podobnie obniżoną płodnością charakteryzowały się samce linii myszy pozbawionych aktywnej kinazy Aurora C. W tym przypadku jednak rozmiar gonad oraz liczba plemników w ejakulacie nie odbiegały od obserwowanego w szczepie dzikim.

Nie stwierdzono również zaburzeń w występowaniu kolejnych stadiów spermatogenezy. Jak się okazało, przyczyną niskiej płodności samców były nienormalności w budowie plemników. Znacznie większa liczba plemników wykazywała nieprawidłową kondensację chromatyny i wady akrosomu.

Odsetek plemników mających nienormalne główki i wstawki był również znacznie wyższy niż u samców szczepu dzikiego. Badania te wykazały, że prawidłowa ekspresja kinaz Aurora jest niezbędna dla prawidłowego przebiegu spermatogenezy, a mutacje w genach kodujących te kinazy mogą być przyczyną niepłodności męskiej. Zaburzenia w budowie plemników objawiające się powiększonymi główkami, które – jak się okazało – zawierały poliploidalne jądra, stwierdzono również u ludzi z mutacją w genie Aurora C.

W fazie wydłużonej spermatydy większość histonów rdzeniowych jest wymieniana na protaminy. U ssaków histony są najpierw zastępowane przez białka przejściowe TP1 i TP2, które następnie zostaną zamienione na protaminy. TP1 i TP2 są białkami wysoce zasadowymi. Można je wykryć wyłącznie w jądrach wydłużających się i kondensujących spermatyd.

Brak jednego z tych białek nie wpływa negatywnie na morfologię i liczebność plemników, nie obniża również płodności samców. Brak obu białek przejściowych ma fatalne skutki dla powstawania plemników

i płodności samców. Ponad 80% plemników znajdujących w najądrzach samców pozbawionych obu białek TP było martwych, a większość pozostających przy życiu nie wykazywała zdolności do ruchu. Prawie wszystkie plemniki wykazywały nienormalności w obrębie główki. Stwierdzono również nienormalnie wykształcone lub załamane witki. Nienormalności pojawiały się już w spermatydach obecnych w kanałkach nasiennych jąder. Miały one normalny kształt, ale wykazywały zaburzenia kondensacji chromatyny.

Plemniki pochodzące od samów myszy pozbawionych obu białek TP straciły zdolność pobudzania oocytu, co stwierdzono, używając ich do zapłodnienia *in vitro* i ICSI („Biologia w Szkole” 6/2010). Co ciekawe, jeśli do przeprowadzenia ICSI użyto nie plemników uzyskanych z najądrzy, lecz późnych spermatyd uzyskanych wprost z kanałków nasiennych jąder, otrzymano normalnie rozwijające się zarodki i młode, które były płodne.

Ta obserwacja może mieć istotne implikacje kliniczne. Pokazuje bowiem, że dla niektórych przypadków niepłodności męskiej rozwiązaniem może być użycie do ICSI późnych spermatyd.

Od czasu do czasu pojawiają się sensacyjne wiadomości na temat odkrycia nowych genów, których produkty wydają się mieć kluczowe znaczenie dla procesu powstawania funkcjonalnych gamet męskich. Prawdą jest jednak, że jak skomentował dla BBC NEWS dr Allan Pacey, androlog z Uniwersytetu Sheffield, nadal żenująco mało wiemy na temat zjawisk leżących u podstaw niepłodności męskiej. Chwilowo brak skutecznych terapii poprawiających jakość nasienia i wydaje się, że w takich przypadkach jedynym skutecznym rozwiązaniem problemu jest stosowanie technik wspomaganego rozrodu, a głównie ICSI.

dr hab. **EWA BORSUK**

Zakład Embriologii, Wydział Biologii,  
Uniwersytet Warszawski



# Aptamery

## – niezwykle fragmenty RNA

Aptamery to krótkie, naturalne fragmenty RNA lub oligonukleotydy (RNA lub DNA) otrzymane w procesie selekcji *in vitro* (SELEX) zdolne do rozpoznawania i oddziaływania z różnymi cząsteczkami nieorganicznymi i organicznymi, np. aminokwasami i białkami. W komórce aptamery pełnią funkcje regulatorowe w rybobprzełącznikach. Sztucznie otrzymane natomiast, ze względu na swoje małe rozmiary i dużą specyficzność, coraz częściej są wykorzystywane jako narzędzie w badaniach naukowych, diagnostyce, analityce i terapii.

■ KRZYSZTOF OLSZAK, PAWEŁ KOWALCZYK

Jednymi z podstawowych składników komórki są kwasy nukleinowe: kwas deoksyrybonukleinowy (DNA) i rybonukleinowy (RNA). Pierwszy z nich jest stabilnym nośnikiem informacji genetycznej, drugi zaś, zwykle szybko metabolizowany, odgrywa kluczową rolę w procesie biosyntezy białka i to nie tylko dzięki temu, że niektóre jego rodzaje kodują łańcuchy polipeptydowe. RNA mogą regulować różne procesy zachodzące w komórce, również ekspresję informacji genetycznej. W szczególnie sposób dotyczy to bardzo zróżnicowanej grupy RNA nazywanej niekodującymi RNA (ncRNA, „**Biologia w Szkole**” 1/2011).

Niezależnie od działania ncRNA w komórce działają też inne mechanizmy regulacji ekspresji informacji genetycznej, w których uczestniczą specyficzne obszary RNA. Przykładowo fragmenty niektórych mRNA są rybobprzełącznikami (ang. *riboswitch*) wpływającymi na syntezę białka kodowanego przez posiadające je cząsteczki mRNA.

Najważniejszą częścią rybobprzełączników są aptamery. Są to zwykle krótkie, jednoniciowe fragmenty naturalnych RNA lub syntetyczne oligonukleotydy RNA

i DNA. Ich cechy charakterystyczne to bardzo silne powinowactwo i specyficzne wiązania wszelkiego typu cząsteczek, zarówno organicznych, jak i nieorganicznych.

Już w latach 60. ubiegłego wieku prof. Spiegelman wraz ze współpracownikami odkryli niezwykle fenomen. Replikaza, enzym odpowiedzialny za powielanie RNA faga Q $\beta$ , odróżnia RNA tego faga od wszystkich innych kwasów nukleinowych. W owych czasach było to zaskakujące odkrycie, ponieważ wcześniej poznane polimerazy, uczestniczące w powielaniu kwasów nukleinowych, nie wykazywały selektywności względem kopiowanych cząsteczek. Ponadto enzym okazał się odporny na wiele czynników, tak że za jego pomocą można było kopiować replikony Q $\beta$  w próbówce.

Bez cienia wątpliwości był to pierwszy krok na drodze do otrzymania *in vitro* cząsteczek kwasów nukleinowych o nowych, nieoczekiwanych właściwościach. Trzeba było jednak prawie 20 lat, by wyizolowano pierwsze aptamery. Na początku lat 90. XX wieku dwa zespoły badawcze (Tuerk i Gold oraz Ellington i Szostak) opracowały, niezależnie od siebie, metodę selekcjonowania

aptamerów *in vitro*, wykorzystując kombinatoryczne biblioteki genów (zawierające geny kodujące losowe fragmenty RNA). Technikę tę nazwano SELEX od angielskiej nazwy *Systematic Evolution of Ligands by Exponential Enrichment*. Otrzymane tą metodą oligonukleotydy wiążące specyficznie określone substancje Jack William Szostak (Nagroda Nobla w 2009 roku za odkrycie telomeraz) nazwał aptamerami. Nazwa *aptamer* pochodzi od łacińskiego słowa *aptus*, co można przetłumaczyć jako „dopasowany, odpowiedni”.

Aptamery okazały się bardzo dobrym narzędziem w proteomice i genomice. Dzięki swoim właściwościom mogą być wykorzystane w diagnostyce na równi z przeciwciałami monoklonalnymi. Duże nadzieje można wiązać z nimi w medycynie, gdzie przykładowo mogą być stosowane jako czynnik wiążący się specyficznie z patogenem i skutecznie blokujący jego działanie.

### Struktura RNA

Kluczem do zrozumienia działania aptamerów jest znajomość budowy i struktury RNA. Kwas rybonukleinowy, w odróżnieniu od deoksynukleinowego, charakteryzuje duża różnorodność budowy oraz funkcji, np. uczestniczy w biosyntezie białek. W przypadku RNA istotna jest nie tylko jego struktura pierwszorzędowa (sekwencja nukleotydomowa), ale również struktura drugo-, a czasem i trzeciorzędowa.

RNA są zbudowane z pojedynczego łańcucha nukleotydomowego, utworzonego przez połączenie, zwykle w czasie transkrypcji, czterech rodzajów rybonukleotydomów: adeniny (A), uracylu (U), cytozyny (C) i guaniny (G). W czasie transkrypcji cząsteczka RNA fałduje się, tworząc dwuniciowe fragmenty helikalne oraz różne motywy w strukturze drugorzędowej i trzeciorzędowej. Głównym motywem strukturalnym RNA jest dwuniciowa helisa utworzona dzięki wiązaniom wodorowym powstającym pomiędzy komplementarnymi nukleotydomi (G-C, A-U i G-U). W przeciwieństwie do DNA, gdzie odcinki helikalne tworzą całą cząsteczkę, w RNA sta-

nowią one średnio nieco ponad połowę wszystkich elementów strukturalnych. Pozostałe elementy struktury drugorzędowej RNA to pojedyncze niesparowane nukleotydy (ang. *single mismatches*), jednostronne (ang. *bulges*) i dwustronne (ang. *internal loops*) wybrzuszenia cząsteczki, terminalne niesparowania nukleotydy (ang. *terminal mismatches*), struktury typu spinka do włosów (ang. *hairpin loops*), pseudowęzły (ang. *pseudoknots*), wybrzuszenia wieloramienne (ang. *multibranch loops*) i współosiowe oddziaływania warstwowe (ang. *coaxial stacking*). Wszystkie wymienione motywy strukturalne i oddziaływania wpływają na trwałość i stabilność struktury RNA.

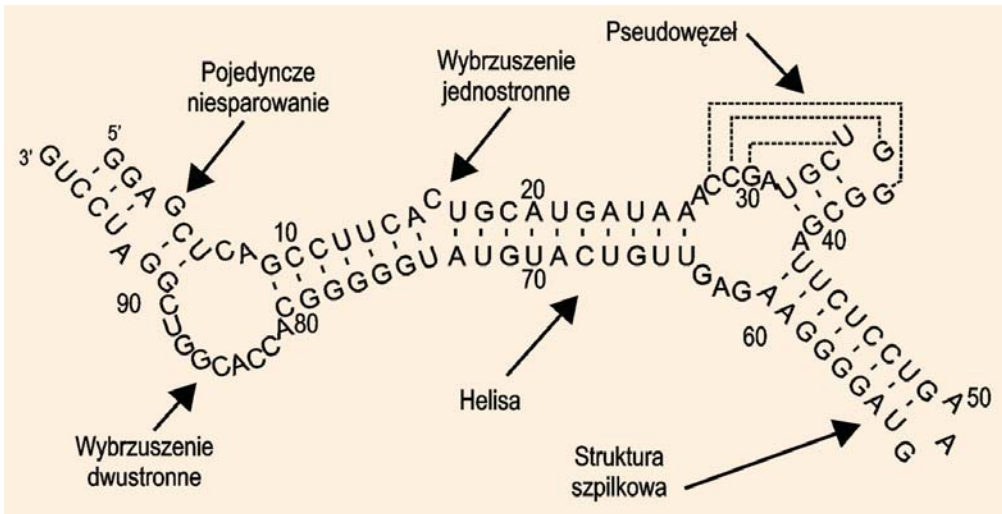
Aptamery mogą tworzyć wybrzuszenia jednostronne, dwustronne, pseudowęzły oraz struktury typu spinka do włosów.

Wybrzuszenia jednostronne występują wówczas, gdy niesparowane nukleotydy znajdują się tylko w jednym z łańcuchów helisy RNA. W naturalnych RNA najczęściej spotykane są wybrzuszenia jednostronne w postaci pojedynczej adenozyiny. Wybrzuszenia te powodują „zgięcie” helisy RNA.

Wybrzuszenia dwustronne występują wówczas, gdy położone naprzeciw siebie nukleotydy nie tworzą wiązań wodorowych. Gdy w obu łańcuchach występuje taka sama ilość nukleotydomów, to jest to niesparowanie symetryczne. W przypadku gdy są to pojedyncze nukleotydy, nazywane są pojedynczym niesparowaniem. Bardzo często spotykane pojedyncze niesparowania są tworzone przez pary G-A.

Kolejną grupą wybrzuszeń dwustronnych są tandemowe niesparowania. Sytuacja taka ma miejsce, gdy obok siebie występują dwa pojedyncze niesparowania o symetrycznym układzie nukleotydomów.

Struktura typu spiniki do włosów powstaje, gdy łańcuch RNA zwinie się, tworząc obszar dwuniciowy, na którego szczycie znajduje się grupa niesparowanych nukleotydomów (jeden lub kilka) tworzących niewielką, jednoniciową pętlę. Struktury spiniki do włosów są bardzo często spotykane w naturalnych RNA.



Rys. 1. Różne motywy strukturalne występujące w strukturze drugorzędowej aptamerów wiążących argininę

Pseudowęzły, chociaż są związane ze strukturą drugorzędową, można zaliczyć do oddziaływań trzeciorzędowych. Tworzące je nukleotydy nie muszą znajdować się w obrębie jednego z ramion RNA, jak to było w przypadku wcześniej opisanych motywów strukturalnych (Rys. 1).

### Mechanizm działania

Aptamery, zgodnie ze swoją nazwą, charakteryzują się bardzo wysokim powinowactwem do specyficznie wiązanej cząsteczki. Ich struktura przestrzenna jest utrzymywana przez szereg wiązań chemicznych typowych dla kwasów nukleinowych. Wymienić tu można najbardziej typowe wiązanie Watsona-Cricka, jak również inne spotykane szczególnie w RNA wiązania Hoogsteena i wodorowe oraz oddziaływania elektrostatyczne i warstwowe.

**Aptamery tworzą typowe dla RNA motywy strukturalne: szpilki do włosów, pseudowęzły, wybrzuszenia dwu- i jednostronne.**

Występujące w aptamerach motywy strukturalne pozwalają na dokładne dopasowanie aptameru i cząsteczki, z którą się łączy. Fragment wiążący zbudowany jest zwykle z około 15 nukleotydów. W rozpoznawaniu, przez aptamer, właściwej czą-

steczki uczestniczą elementy strukturalne obu molekuł. Małe cząsteczki – aminokwasy lub ATP – przyłączają się do struktury spinki do włosów, wykorzystując motywy strukturalne aptameru. W przypadku dużych cząsteczek aptamery łączą się z nimi wiązaniami wodorowymi przez oddziaływania elektrostatyczne, hydrofobowe czy też siły van der Waalsa. Warto zwrócić uwagę na różnice w budowie aptamerów RNA i DNA. Te pierwsze posiadają bardziej zróżnicowane struktury. Jest to efekt obecności grup 2'-OH w pierścieniach ryboz uczestniczących w tworzeniu wiązań wodorowych w obrębie aptameru lub też między aptamerem i wiązaną cząsteczką.

### SELEX – metoda selekcjonowania aptamerów

Metoda SELEX bywa nazywana również selekcją *in vitro* lub selekcją kombinatoryczną. Metoda ta pozwoliła na zidentyfikowanie sekwencji RNA wiążących cząsteczkę docelową (ligand) z wysokim powinowactwem i specyficznością.

Pierwszy etap selekcji to tworzenie bibliotek oligonukleotydów o losowych sekwencjach (ang. *random DNA*), zawierających na obu końcach sekwencje wiążące

startery dla PCR, a ponadto na końcu 5' sekwencję odpowiedniego promotora. Aby podkreślić różnorodność populacji używanych oligonukleotydów, konstruowane w ten sposób biblioteki bywają nazywane kombinatorycznymi. Ponieważ zawierają one cząsteczki kodujące RNA o różnych kształtach, w literaturze można spotkać się również z określanym je terminem *biblioteka kształtów* (ang. *shape library*). Ilość cząsteczek tworzących taką bibliotekę określa długość kodowanego oligonukleotydu o zmiennej sekwencji (im dłuższy, tym większa liczba cząsteczek) oraz ilość monomerów, które mogą pojawić się w dowolnej pozycji łańcucha.

W przypadku natywnego DNA są to dA, dG, dC i dT. Możliwe jest również zastosowanie zmodyfikowanych nukleotydów, które dodatkowo zwiększają różnorodność sekwencji i wzbogacają populację. Warto dodać, że każda cząsteczka w bibliotece może mieć inną strukturę przestrzenną, co wpływa na powinowactwo do ligandu.

Drugi etap to otrzymywanie puli RNA poprzez transkrypcję *in vitro* prowadzoną na matrycy kombinatorycznej biblioteki. Uzyskane RNA są selekcjonowane dzięki ich różnej zdolności do wiązania odpowiedniego ligandu. W tym celu można zastosować metodę zbliżoną do chromatografii powinowactwa. Pula RNA jest rozdzielana przez chromatografię powinowactwa w złożu agarozowym z przyłączonym ligandem. Przykładowo selekcjonując aptamer trombiny, zastosowano zmodyfikowane złoże agarozowe zawierające  $\alpha$ -trombinę immobilizowaną na złożu za pomocą konkawaliny A (con A). Wcześniej jednak przeprowadzono chromatografię na kolumnie ze złożem agarozowym z samą konkawaliną A, aby usunąć z biblioteki ligandy o powinowactwie do konkawaliny.

Do izolacji aptamerów można stosować również filtry nitrocelulozowe lub immunoprecypitację, gdzie mieszaninę oligonukleotydów inkubuje się z docelowym białkiem połączonym dodatkowo z przeciwciałem ułatwiającym proces izolacji ligandów.

Wyselekcjonowane RNA poddawane są reakcji odwrotnej transkrypcji, a otrzymane w ten sposób DNA powielane przez PCR (ang. *Polymerase Chain Reaction* – łańcuchowa reakcja polimerazy).

Wyżej opisane etapy selekcji są powtarzane, nawet do dwudziestu razy, przy stopniowo zaostrzanych warunkach reakcji. Podczas selekcji stosuje się nadmiar ligandu względem docelowej cząsteczki (1 : 10 – 1 : 1000), co gwarantuje aktywne współzawodnictwo aptamerów i selekcję tych o największej specyficzności oraz sile wiązania w warunkach reakcji. Po każdym kolejnym cyklu następuje zwiększenie puli cząsteczek o pożądanym właściwościach. Jeśli do syntetyzowanych fragmentów wprowadzi się sekwencję promotorową, to otrzymany DNA można transkrybować z wykorzystaniem polimerazy RNA, np. bakteriofaga T7, SP6 lub T3, otrzymując odpowiednie fragmenty RNA.

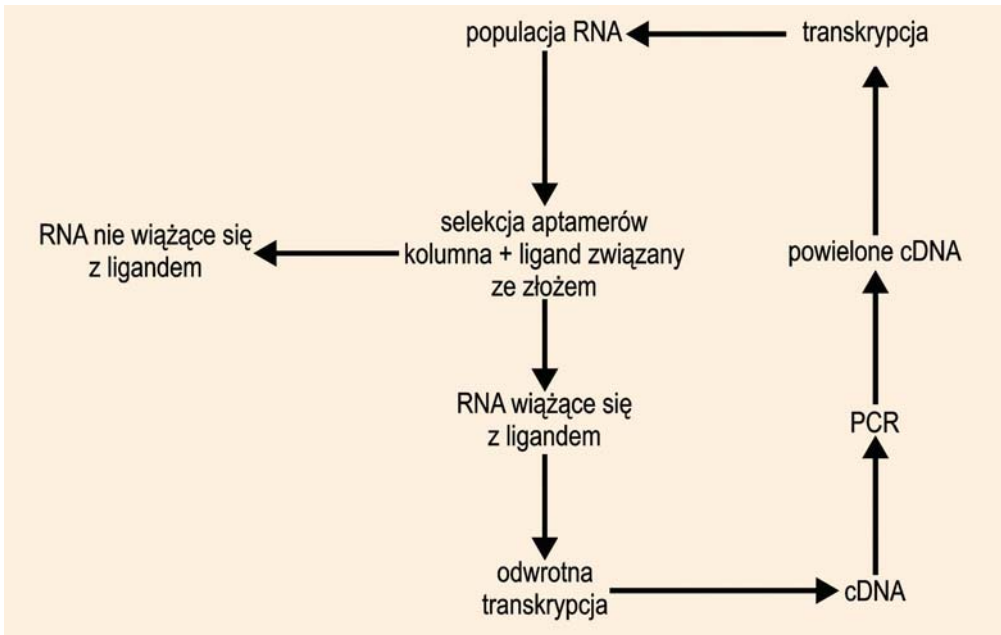
SELEX można wykorzystać zarówno do badań naturalnych RNA, jak też oligonukleotydów otrzymanych sztucznie. Co więcej, metoda ta pozwala znaleźć sztuczne aptamery o znacznie większym powinowactwie do ligandu niż ich naturalne odpowiedniki.

Ponadto zaobserwowano, że naturalne aptamery RNA są większe od otrzymanych *in vitro* (Rys. 2).

### Aptamery w RNA

Jednym z procesów kluczowych dla różnych funkcji organizmu, wymagających współdziałania RNA i białek, jest rozpoznawanie przez białko odpowiedniego dla niego RNA.

W przypadku mRNA proces rozpoznawania RNA przez białko może mieć znaczenie regulatorowe, wpływając na biosyntezę białek. Rozpoznawanym miejscem może być ryboprzełącznik nazywany również przełącznikiem RNA (ang. *riboswitch*). Składa się on z dwóch części aptameru i platformy ekspresyjnej, która po związaniu metabolitu z aptamerem może zmieniać swoją strukturę przestrzenną, wpływając w ten sposób na ekspresję genu



Rys. 2. Schemat otrzymywania aptamerów *in vitro*

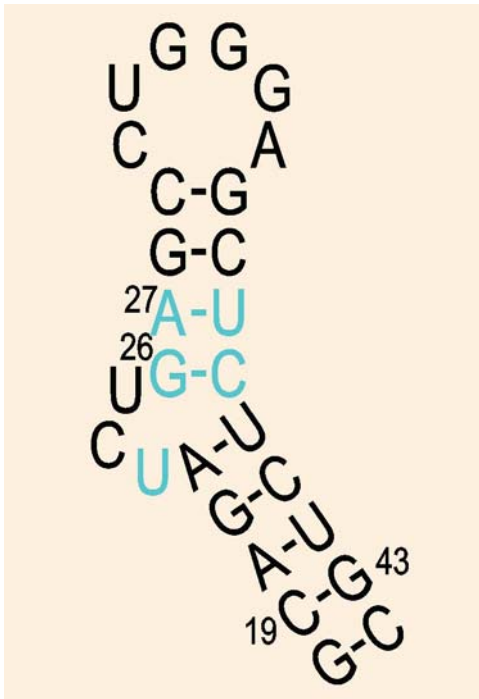
(represję lub indukcję). Regulacja może odbywać się na poziomie transkrypcji lub translacji. Ryboprzelączniki uczestniczą w regulacji licznych szlaków metabolicznych, np. biosyntezy witamin (ryboflawiny, tiaminy, kobalaminy), metabolizmu aminokwasów (metioniny, lizyny, glicyny).

Platforma ekspresyjna może tworzyć strukturę spinki do włosów, która: wymusza terminację transkrypcji i/lub maskuje miejsce wiązania rybosomu bądź uniemożliwia translację, wpływa na dostępność sygnałów do składania RNA (usuwanie intronów w procesie dojrzewania RNA), czy też zawiera rybozym przecinający sam siebie.

W wielu białkach wyodrębniono bogate w reszty argininy sekwencje o długości 10–20 aminokwasów, nazywane ARMs (ang. *arginine rich motifs*). Występują one w białkach, np. wirusów (białka Tat lub Gag), bakteriofagów (białko antyterminatorowe N faga P22), i pośredniczą w specyficznym rozpoznawaniu właściwych struktur RNA. Sekwencje bogate w argininę występują zarówno w białkach prokariotycznych, jak i euka-

riotycznych uczestniczących w oddziaływaniach z kwasami nukleinowymi. Jednym z najlepiej poznanych jest oddziaływanie pojedynczej reszty argininy występującej w rejonie ARM białka Tat wirusa HIV-1 ze strukturą TAR RNA (ang. *trans-aktivations-responsive element*), zlokalizowaną blisko 5' końca genomu tego wirusa. Funkcją kompleksu Tat-TAR jest transaktywacja transkrypcji zachodzącej z 5' LTR (ang. *long terminal repeat*). Białko Tat zbudowane jest z 86 reszt aminokwasowych, a sekwencja ARM z sześciu reszt argininy, dwóch reszt lizyny oraz jednej glicyny i glutaminy. TAR to 58-nukleotydy odcinek RNA.

Minimalny fragment RNA niezbędny do związania peptydu obejmuje nukleotydy od 19 do 42. Posiada on strukturę ramię-pętla z trzema nukleotydami tworzącymi jednostronne wybrzuszenie. Elementy niezbędne do transaktywacji znajdują się w rejonie otaczającym opisane wybrzuszenie (Rys. 3), gdzie następuje bezpośrednie związanie reszt argininy sekwencji ARM białka Tat. Grupa guanidynowa argininy



**Rys. 3** Minimalny fragment struktury TAR RNA konieczny do związania białka Tat. Kolorem niebieskim zaznaczono nukleotydy niezbędne dla oddziaływania RNA z białkiem

tworzy wiązania wodorowe z zasadą G26 w rejonie dwuniciowym, powyżej wybrzuszenia oraz z dwoma grupami fosforanowymi (P21 i P22) zlokalizowanymi poniżej. Powstały w ten sposób kompleks jest stabilizowany przez oddziaływanie między trzema zasadami występującymi na końcu 5'-U23 oraz parą A27 = U38, znajdującymi się bezpośrednio przy 3' końcu wybrzuszenia. Sześci nukleotydydowa pętla nie odgrywa roli w procesie rozpoznawania struktury TAR przez białko Tat. Oddziałuje ona z innymi białkami regulującymi ekspresję genów wirusa HIV-1. Ze strukturą TAR mogą oddziaływać wolna L-arginina oraz syntetyczne peptydy zbudowane z 14, 12 lub 9 reszt aminokwasowych będących odpowiednikami rejonów 48–61, 47–58 lub 49–57 białka Tat.

Innymi przykładami aptamerów i rybo-przełączników są sekwencje 5'-UTR.

W mRNA są to obszary nieulegające translacji (ang. *5'-UnTranslated Region*), poprzedzające inicjacyjny kodon AUG. Na obszarze tym mogą być umiejscowione różne sekwencje sygnałowe. I tak mRNA bakterii czy też wirusów mogą zawierać na tym obszarze sekwencje wpływające na ich ekspresję. U eukariontów mogą to być sekwencje wiążące białka, wpływające na stabilność mRNA lub też na jego translację. Mogą również wspomagać inicjację translacji.

Przykładem jest obszar 5'-UTR mRNA genu *agaA* (kodującego arginazę) grzyba *Aspergillus nidulans*. Przeprowadzone badania wykazały występowanie w nim struktury o budowie podobnej do TAR RNA z miejscami potencjalnego wiązania argininy. Zaobserwowano, że przyłączenie do niej argininy powoduje widoczne zmiany w strukturze drugorzędowej całego 5'-UTR (Rys. 4).

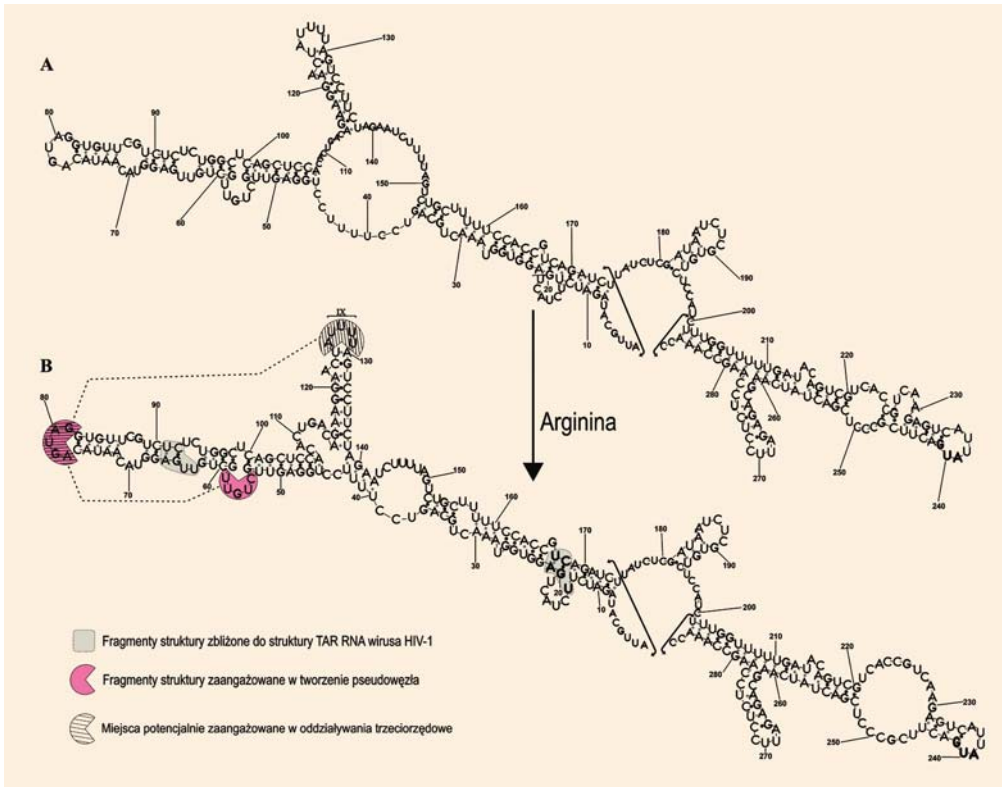
### Aptamery w medycynie

Aptamery ze względu na swoje właściwości znajdują zastosowanie w diagnostyce. Podejmowane są także próby wykorzystania ich jako leków w terapii różnych chorób.

Jedną z metod diagnostycznych, wykorzystującą aptamery, jest test ELONA (ang. *Enzyme-Linked Oligonucleotide Assay*) opracowany przez naukowców firmy farmaceutycznej NexStar. Jest to odmiana standardowej metody ELISA (ang. *Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay* – test immunoenzymatyczny), w której do rozpoznawania cząsteczek, zamiast specyficznych przeciwciał lub równoległe z nimi, zastosowano aptamery.

Test ELISA służy do wykrycia określonych białek za pomocą przeciwciał poliklonalnych lub monoklonalnych skoniugowanych z odpowiednim enzymem.

W podstawowej wersji testu ELISA antygen unieruchomiony jest na powierzchni złoża stałego. Wykonanie testu polega na wprowadzeniu materiału biologicznego zawierającego przeciwciała specyficzne dla unieruchomionego antygeny. Wyznakowane, np. fluoresceiną, aptamery mogą zastąpić przeciwciała drugorzędowe albo po po-



Rys. 4. Zmiany struktury drugorzędowej 5'-UTR mRNA arginazy z *A. nidulans* pod wpływem oddziaływania z arginina; A bez i B po przyłączeniu argininy

łączeniu z podłożem spełniać rolę przeciwciała pierwszorzędowego. Test wykorzystujący wyznakowane aptamery jest również czuły i precyzyjny jak klasyczny test ELISA. Test ELONA zastosowano do detekcji, w surowicy człowieka, przeciwciał monoklonalnych związanych z TNF $\alpha$ .

Inną metodą, w której istnieje możliwość wykorzystania aptamerów, jest technika Western Blot. Jest to metoda stosowana do wykrywania określonych białek, którą opracowano na użytek badań z zakresu biologii molekularnej. Białka są rozdzielane w żelach (najczęściej poliakrylamidowych), a następnie przenoszone na filtr (np. nitrocelulozowy), na którym poszukiwane białka są wykrywane za pomocą znakowanych przeciwciał. Western Blot wykorzystano do badania tarczycowego

czynnika transkrypcyjnego (TTF), dowodząc możliwość zastąpienia znakowanego przeciwciała anty-PentaHis biotynylowanymi aptamerami DNA.

Znakowanie izotopowymi lub nieradioaktywnymi znacznikami (np. barwnikami fluorescencyjnymi) kwasów nukleinowych jest wykorzystywane w wielu różnych metodach stosowanych w biologii molekularnej, np. gdy potrzebny jest czuły sposób pozwalający na zidentyfikowanie badanych kwasów nukleinowych lub białek. W przypadku znakowania radioaktywnego wykorzystuje się nukleotydy, w których jeden z atomów został zastąpiony izotopem. Najczęściej będzie to izotop fosforu  $^{32}\text{P}$  lub siarki  $^{35}\text{S}$ .

Znakowanych radioaktywnie aptamerów użyto do detekcji ludzkiego hormonu uwalniającego tyreotropinę (hTSH) metodą dot-

-blot (jest to metoda bardzo zbliżona do Western Blot, różniąc się rezygnacją z rozdziału elektroforetycznego badanych prób w żelu). W tym przypadku dokładny pomiar poziomu hormonu uwalniającego tyreotropinę w surowicy krwi jest wykorzystywany do diagnozowania zaburzeń czynnościowych przysadki mózgowej oraz tarczycy.

Prowadzone są badania nad wykorzystaniem aptamerów w diagnostyce medycznej opartej na technikach obrazowania, np. w radiologii. Są to metody pozwalające na uwidocznienie stanu narządów wewnętrznych i zmian metabolicznych. Istotnym czynnikiem w radiografii jest stosowanie czułych i jednocześnie nieszkodliwych dla badanego metod kontrastowania obrazu o pożądanym parametrach emitowanego sygnału, i jak najwyższej swoistości tkankowej. Z wykorzystaniem metody SELEX wyizolowano aptamery potencjalnie bardzo przydatne w diagnostyce radiologicznej chorób nowotworowych. Między innymi aptamery rozpoznają produkowane przez komórki nowotworowe białko tenascynę C. Podobnie uzyskano aptamery wiążące zewnątrzkomórkową domenę receptorowej kinazy tyrozynowej RTK, która jest transbłonowym białkiem zaangażowanym w różne szlaki sygnałowe procesów regulujących wzrost i proliferację niektórych komórek nowotworowych.

Od wczesnych lat 90. trwają prace nad aptamerami wiążącymi się z trombiną. Jest to enzym osocza biorący udział w procesach krzepnięcia krwi. Zwiększona ilość tego białka może być wskaźnikiem predyspozycji do chorób zakrzepowo-zatorowych żył i zatorów tętnic. Aby przeprowadzić skuteczne leczenie, konieczne jest wczesne i precyzyjne zdiagnozowanie stanów patologicznych.

Badania przeprowadzono pod kątem aptamerów ODN 1 i ODN 2, zabezpieczonych przed działaniem 3'-egzonukleaz (enzymów trawiących kwasy nukleinowe, szczególnie RNA), w warunkach, jakie występują w miejscu zatoru naczyniowego, oraz w krwi krążącej po organizmie. W wa-

runkach *in vitro* wykazano, że aptamer ODN 2 może tworzyć potrójny kompleks z trombiną związaną z włókniakiem, wiążąc się w miejscu, gdzie przyłącza się heparyna. Jego ilość wzrastała wraz z dodawaniem trombiny. Uzyskanie porównywalnych wyników *in vivo* okazało się jednak utrudnione ze względu na bardzo szybkie usuwanie omawianego aptameru z krwi.

Być może lepszym narzędziem do tego typu badań będą aptamery modyfikowane chemicznie celem zwiększenia ich stabilności. Porównanie, jakie przeprowadzono z wykorzystaniem aptamerów tenascyny C, oznaczonych jako TTA1 (niemodyfikowanych) i modyfikowanych TTA1.1 i 1.2, pokazały, że aptamery TTA1.2 wykazują we krwi o 25% krótszy okres półtrwania w porównaniu z TTA1. Nie wykazano przy tym różnic w powinowactwie i specyficzności w stosunku do ligandu. Badania prowadzono na myszach z wszczepionym pod skórę ludzkim glejakiem.

### Aptamery mogą stać się przydatne jako leki antywirusowe

Dużym problemem jest znalezienie leków pozwalających na skuteczne leczenie chorób powodowanych przez retrowirusy (zawierające materiał genetyczny w postaci RNA). Nadto terapię utrudnia duża zmienność retrowirusów. Przykładem takiego wirusa jest ludzki wirus niedoboru odporności, czyli HIV (ang. *Human Immunodeficiency Virus*).

Prowadzono badania pozwalające używać aptamery łączące się z enzymami wirusów, np. odwrotną transkryptazą wirusa HIV. Enzym ten jest zbudowany z dwóch podjednostek p66 i p51 i posiada aktywność polimerazy i RNazy H. Aptamer, wiążąc się w specyficznym miejscu enzymu, hamuje jego aktywność, uniemożliwiając odwrotną transkrypcję wirusowego RNA. Inne białka wirusa HIV, przeciwko którym opracowano aptamery, to integraza, białko Rev czy też białko kapsydu – gp120.

Aptamery mogą wiązać się z określonymi, niekoniecznie jednoniciowymi, moty-



wami strukturalnymi wirusowego RNA. Pod tym względem różnią się od siRNA („**Biologia w Szkole**” 1/2011) rozpoznających komplementarne zasady i tworzących z nimi wiązania wodorowe zgodnie z zasadami Watsona-Cricka, co może być utrudnione w przypadku wirusowych RNA o złożonej konformacji.

Aptamery były również badane pod kątem ich przydatności w leczeniu i zapobieganiu wirusowemu zapaleniu wątroby typu C (WZW C, ang. *hepatitis C virus*, HCV). Szczególnie obiecujące wydaje się zastosowanie aptamerów rozpoznających białko NS3.

### Podsumowanie

Duże zainteresowanie aptamerami i ich wykorzystaniem wynika z dużej uniwersalności i specyficzności. Uniwersalność zawdzięczają małym rozmiarom pozwalającym dotrzeć cząsteczce aptameru w różne, nawet trudno dostępne miejsca struktury ligandu. Duża specyficzność powoduje z kolei ograniczenie do minimum efektów ubocznych. Do tego należy jeszcze dodać stosunkowo proste i coraz tańsze metody otrzymywania i selekcji aptamerów. Czynniki te powodują, że aptamery mają szansę na coraz większe wykorzystanie w medycynie: jako środki w diagnostyce, analityce, ale również jako bardzo skuteczne i zarazem bezpieczne terapie, tam, gdzie zawodzą

inne środki lecznicze. Jednocześnie aptamery cały czas mają też szansę być z sukcesem stosowane w badaniach naukowych. Na przykład jako bardzo specyficzne i czułe sondy w różnych pracach badawczych.

Bardzo ciekawym źródłem wiedzy i pracy z aptamerami jest baza danych działająca w internecie pod adresem: <http://aptamer.icmb.utexas.edu/index.php>.

dr **KRZYSZTOF OLSZAK**

Instytut Biochemii i Biofizyki PAN, Zakład Biochemii Roślin

dr **PAWEŁ KOWALCZYK**

Interdyscyplinarne Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego UW

### PIŚMIENNICTWO

- Blachnio K., Przymorska A., *Oddziaływanie argininy z RNA*, Postępy Biochemii 2005, 51 (3), s. 339–344.
- Borsuk P., Przykorska A., Blachnio K., Koper M., Pawłowicz J. M., Pekala M., Węglinski P., *L-arginine influences the structure and function of arginase mRNA in Aspergillus nidulans*, Biol. Chem. 2007, 388, s. 135–144.
- Krakowiak A., Koziolkiewicz M., *Oligonukleotydy o właściwościach aptamerycznych*, Postępy Biochemii 1998, 44 (4), s. 306–317.
- Famulok M., Hartig J. S., Mayer G., *Functional aptamers and aptazymes in biotechnology, diagnostics, and therapy*, Chemical reviews 2007, 107 (9), s. 3715–43.
- Szpechciński A., Grzanka A., *Aptamery w diagnostyce klinicznej*, Postępy Biochemii 2006, 52 (3), s. 260–270.
- Ziomek K., Kierzek R., *Drugorzędowe motywy strukturalne RNA*, Postępy Biochemii 1999, 45 (2), s. 80–87.

## „Biologia w Szkole” w wersji cyfrowej!

Nasze czasopismo można kupić i zaprenumerować w wersji cyfrowej, w postaci pliku PDF, na następujących platformach: [www.raabe.com.pl](http://www.raabe.com.pl), [www.zixo.pl](http://www.zixo.pl), [www.kiosk24.pl](http://www.kiosk24.pl).

Wydania archiwalne można zamówić poprzez naszą stronę internetową: [www.edupress.pl](http://www.edupress.pl).

# Przekazywanie energii cieplnej

## Efekt cieplarniany

Efekt cieplarniany spowodowany istnieniem atmosfery występuje od zawsze i jest zjawiskiem związanym ze zdolnością atmosfery do przepuszczania dużej części promieniowania słonecznego (głównie z zakresu widzialnego), a zatrzymywania promieniowania Ziemi (m.in. ciepłego). Dzięki temu na powierzchni Ziemi oraz w dolnych warstwach jej atmosfery jest cieplej niż byłoby, gdyby atmosfera nie istniała.

■ DAWID BASAK, MARLENA ZIELIŃSKA, MAREK SZABLEWSKI

**P**owłoka gazów atmosferycznych zapewnia temperaturę wyższą o ok. 33°C niż panowałaby na Ziemi, gdyby gazów cieplarnianych w atmosferze nie było. Gdyby mechanizm ten nie działał, na świecie panowałby wieczny mróz, ok. -20°C i życie nigdy by się nie rozwinęło. Fizyczną przyczyną tego zjawiska jest zatrzymywanie przez atmosferę naszej planety znacznej części promieniowania długofalowego. Równocześnie przepuszcza ona większość promieniowania słonecznego (krótkofalowego). Tak więc sam efekt cieplarniany jest zjawiskiem naturalnym i z naszego punktu widzenia bardzo korzystnym, gdyż bez niego na Ziemi nie mogłoby powstać i rozwijać się życie. Problemem więc nie jest efekt cieplarniany, lecz zmiany jego nasilenia na skutek zwiększonej ilości gazów cieplarnianych w atmosferze, wywołanej działalnością człowieka, a w konsekwencji wzrost temperatury i co za tym idzie, poważne, różnorodne i trudne do przewidzenia skutki.

**Efekt cieplarniany występuje nie tylko na Ziemi, lecz także na wszystkich planetach posiadających atmosferę o odpowiednim składzie. Najlepszym przykładem jest Wenus, której atmosfera w 96% składa się z dwutlenku węgla, a temperatura jej powierzchni osiąga 450°C.**

W historii naszej planety zmiany nasilenia efektu cieplarnianego następowały wielokrotnie, powodując globalne zmiany klimatu Ziemi. Zanim środowisko Ziemi osiągnęło powtórnie stan równowagi, musiało upłynąć wiele tysięcy lat, a jeszcze więcej czasu potrzebowały organizmy żywe, żeby się do nowych warunków przystosować. Te, którym się to nie udało – wymierały.

Wszystkich skutków globalnych zmian klimatycznych nie jesteśmy w stanie przewidzieć, gdyż zmiana jednego parametru pociąga często za sobą lawinowo kolejne zmiany innych czynników. Obserwowany obecnie wzrost średniej temperatury (Rys. 1) na Ziemi może wskazywać na pogłębianie się opisywanego efektu. Niewąt-



Rys. 1. Wykres zmian temperatury na Ziemi od 1860 roku

pliwie do tego procesu przyczynił się również człowiek.

Kiedy promieniowanie słoneczne dociera do Ziemi i zostaje przez nią pochłonięte, ogrzewa jej powierzchnię. Woda w morzach staje się ciepła, co czujemy zwłaszcza latem, ulice w miastach nagrzewają się tak bardzo, że czasami, w niektórych strefach klimatycznych, nie sposób dotknąć ich gołą stopą. Ziemia nie może magazynować tego ciepła i wypromieniowuje je. Promieniowanie emitowane przez Ziemię różni się od promieniowania słonecznego. Promieniowanie słoneczne to głównie promieniowanie widzialne i ultrafioletowe (UV). Promieniowanie Ziemi jest niewidzialne i nazywamy je podczerwonym czy też długofalowym albo ciepłym. Niesie ono mniej energii niż promieniowanie słoneczne.

Gdyby Ziemia nie wypromieniowywała w Kosmos energii, którą dostaje od Słońca, to coraz więcej jej gromadziłoby się na Ziemi, a ta stawałaby się coraz cieplejsza. Wcześniej mieliśmy do czynienia z równowagą, tzn. tyle energii, ile Ziemia pochłonięła, tyle wypromieniowała. Teraz ta równowaga jest zachwiana.

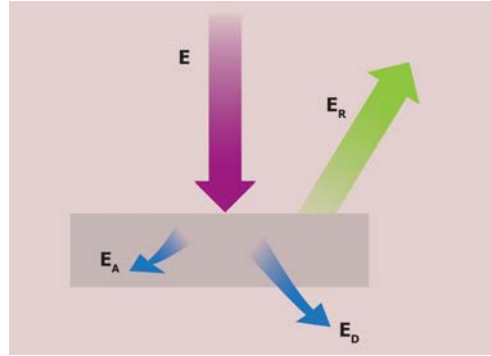
Dla zrozumienia podstawowych procesów i mechanizmów związanych z efektem cieplarnianym konieczna jest elementarna wiedza fizyczna dotycząca emisji i absorpcji promieniowania, zależności pomiędzy właściwościami promieniowania a temperaturą ciała je emitującego, znajomość prawa Plancka i cech modelu, jakim jest ciało doskonale czarne. Poniżej przedstawiamy informację na ten temat.

Promieniowanie jest emisją energii w postaci fali elektromagnetycznej, ale także i produktem emisji energii. Energia promieniowania  $E$  (Rys. 2) padającego na jakieś ciało może być pochłonięta  $E_A$ , odbita od powierzchni ciała  $E_R$  lub przepuszczona przez ciało  $E_D$ .

Z zasady zachowania energii wynika):

$$E_A + E_R + E_D = E \quad (1)$$

Dzielimy przez  $E$  obie strony równania:



Rys. 2. Bilans energii radiacyjnej padającej na ciało

$$E_A/E + E_R/E + E_D/E = E/E \quad (2)$$

Można to zapisać w bardziej przejrzysty sposób:

$$A + R + D = 1 \quad (3)$$

gdzie:

$A$  – absorpcyjność ( $A = E_A/E$ );

$R$  – refleksyjność ( $R = E_R/E$ );

$D$  – transmisyjność (przepuszczalność)

$$D = E_D/E.$$

$A$ ,  $D$  oraz  $R$  są wielkościami bezwymiarowymi, ich wartości mieszczą się w przedziale od 0 do 1. Bilans energii oraz wielkości  $A$ ,  $D$  oraz  $R$  należy odnosić do określonej długości fali i do danej temperatury.

Ciało doskonale czarne jest ciałem fizycznym, które całkowicie pochłania padające na niego promieniowanie oraz emituje energię zgodnie z prawem Plancka. Wzór Plancka (4) mówi, jaką energię zaabsorbowało dane ciało:

$$E = nhv \quad (4)$$

gdzie:

$E$  – energia;

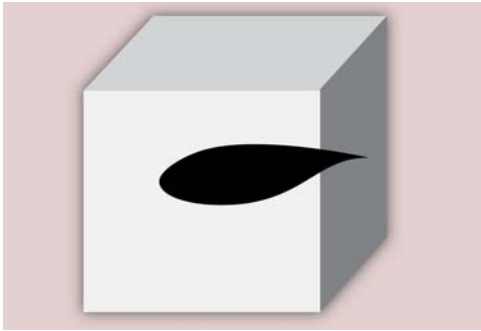
$n$  – ilość kwantów zaabsorbowanych przez ciało;

$h$  – stała Plancka;

$v$  – częstotliwość.

Ciało doskonale czarne przedstawione jest schematycznie na Rys. 3, jego własności to:

■ promieniowanie ciała doskonale czarnego jest izotropowe (energia jest wypromieniowywana tak samo w każdym kie-



Rys. 3. Przykład ciała doskonale czarnego

runku), jednorodne oraz niespolaryzowane (drżania odbywają się we wszystkich kierunkach prostopadłych do kierunku rozchodzenia się promieniowania);

- dla danej długości fali promieniowanie ciała doskonale czarnego zależy tylko od jego temperatury;
- jakiegokolwiek dwa ciała doskonale czarne, o tej samej temperaturze, emitują tę samą ilość energii;
- nie istnieją obiekty, które emitują więcej energii niż ciała doskonale czarne.

Promieniowanie emitowane przez ciało doskonale czarne jest funkcją jego temperatury oraz długości fali. Ciało doskonale czarne emituje promieniowanie zgodnie z prawem Stefana-Boltzmana (5), w którym strumień energii  $\Phi$  emitowanej przez ciało doskonale czarne jest wprost proporcjonalny do czwartej potęgi temperatury tego ciała (wyrażonej w kelwinach):

$$\Phi = \sigma T^4 \quad (5)$$

gdzie  $\sigma$  jest stałą Stefana-Boltzmana o wartości  $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$ .

Wzór Plancka opisujący promieniowanie ciała doskonale czarnego odnosi się do warunków równowagi termodynamicznej scharakteryzowanej przez stałą temperaturę ciała oraz promieniowanie. Gdy ciało doskonale czarne jest w równowadze termodynamicznej, emituje ono tyle samo energii, co absorbuje.

Zdefiniujmy następujące wielkości: zdolność emisyjna  $\varepsilon\lambda$  – stosunek emitowa-

nej przez ciało fizyczne radiancji do radiancji emitowanej przez ciało doskonale czarne oraz zdolność absorpcyjna;  $A\lambda$  – stosunek promieniowania absorbowanego przez ciało do funkcji Plancka. Tak więc w równowadze termodynamicznej mamy:  $\varepsilon\lambda = A\lambda$ . W przypadku ciała doskonale czarnego dla wszystkich długości fali dodatkowo  $\varepsilon\lambda = A\lambda = 1$ . W przyrodzie ciała doskonale czarne nie występują, definiuje się pojęcie ciała doskonale szarego, tj. ciała, dla którego zdolność absorpcyjna  $A$  jest stałą mniejszą od jedności ( $A < 1$ ) i niezależną od długości fali. W tym przypadku całkowita energia emitowana przez ciało wynosi:

$$F = \varepsilon\sigma T^4 \quad (6)$$

Prawo opisujące promieniowanie elektromagnetyczne, emitowane przez ciało doskonale czarne, to prawo Wiena. Ze wzrostem temperatury widmo promieniowania ciała doskonale czarnego przesuwa się w stronę fal krótszych, zgodnie ze wzorem:

$$\lambda_{\max} T = b \quad (7)$$

gdzie:

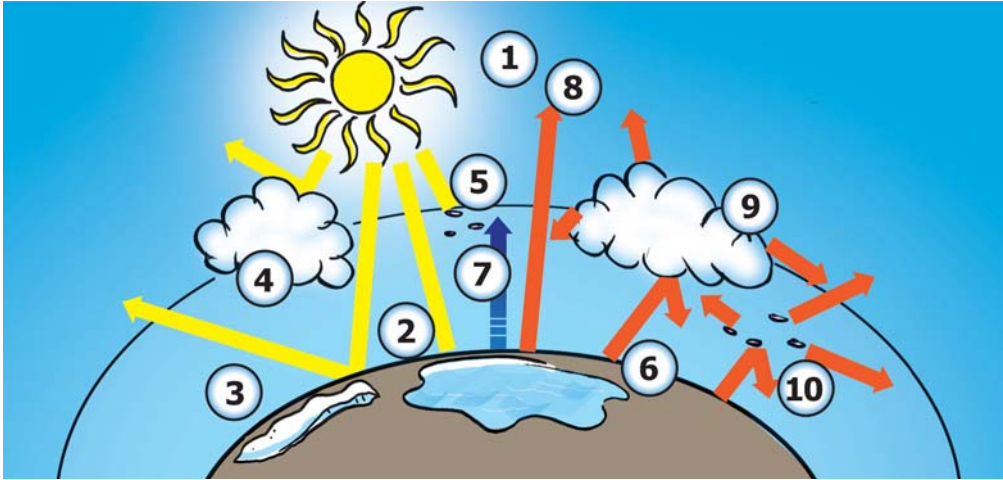
$\lambda_{\max}$  – długość fali, przy której występuje maksymalna intensywność emisji;

$T$  – temperatura w skali Kelvina;

$b$  – stała Wiena =  $2,898 \cdot 10^{-3} \text{ mK}$ .

Na Rys. 4 przedstawiono bilans energetyczny Ziemi, promieniowanie słoneczne docierające do Ziemi zaznaczono kolorem żółtym, promieniowanie podczerwone wysyłane przez Ziemię zaznaczono kolorem czerwonym, kolorem niebieskim zaś oznaczono kondensację. Schemat pomaga w wyjaśnieniu i zrozumieniu tego, co się dzieje z energią docierającą ze Słońca oraz w jaki sposób jest ona przetwarzana, magazynowana, rozpraszana i wysyłana z powrotem w Kosmos. Zaczniemy od promieniowania słonecznego.

1. Słońce jest źródłem całego promieniowania i energii, która dociera do Ziemi z Kosmosu.
2. Część promieniowania słonecznego dociera do powierzchni Ziemi, która jest bardzo zróżnicowana (pokryta m.in. la-



Rys. 4. Bilans energetyczny Ziemi

- sami, oceanami, pustyniami, sawannami, miastami, lodem i śniegiem).
3. Powierzchnia Ziemi nie pochłania całego promieniowania słonecznego, ponieważ częściowo je odbija. Zwłaszcza jasne powierzchnie, jak lód czy śnieg, odbijają znaczną część docierającego promieniowania słonecznego.
  4. Odbicie promieniowania nie zachodzi tylko na powierzchni Ziemi, odbijają je także chmury i niektóre aerozole.
  5. Pochłanianie promieniowania (absorpcja) zachodzi nie tylko na powierzchni Ziemi, ale również w powietrzu. Ta część promieniowania słonecznego, która zostanie pochłonięta przez gazy cieplarniane, czyli dwutlenek węgla, ozon, freony, metan, podtlenek azotu, halony, parę wodną, ogrzewa powierzchnię Ziemi. Ogrzana Ziemia wypromieniowuje tę energię w postaci promieniowania podczerwonego. To, co dzieje się z tym promieniowaniem, przedstawiono na Rys. 4 za pomocą strzałek ponumerowanych od 6 do 10.
  6. Powierzchnia Ziemi, ogrzana dzięki pochłanianiu promieniowania słonecznego, jest źródłem promieniowania ciepłego (długofalowego, podczerwonego).
  7. Część energii jest zużywana na parowanie wody. Podobny proces obserwujemy np.

podczas gotowania wody w czajniku: aby zamienić wodę w stanie ciekłym na wodę w stanie gazowym (czyli parę wodną), musimy dostarczyć energii, czyli podgrzać ją.

8. Część promieniowania podczerwonego uchodzi bezpośrednio w Kosmos, ale jest go stosunkowo niewiele.
9. Chmury nie tylko odbijają promieniowanie słoneczne, one także pochłaniają je i następnie ponownie wypromieniowują również w kierunku Ziemi.
10. Ponadto w atmosferze znajdują się gazy cieplarniane, które zatrzymują energię tego promieniowania blisko powierzchni Ziemi.

Nie bez powodu efekt magazynowania przez Ziemię energii cieplnej nazwano „szklarniowym”. W ten sam sposób co Ziemia ogrodnicy ogrzewają swoje szklarnie. Każdy z nas z pewnością zetknął się już z następującą właściwością światła słonecznego: jadąc samochodem w słoneczny dzień lub będąc zmuszonym do przebywania przez dłuższy czas w pobliżu mocno oświetlonego okna, czujemy ciepło, które niosą ze sobą promienie słoneczne. Ta właściwość nie jest zależna od pory roku czy od temperatury za oknem.

Dlaczego ciepło Słońca po pokonaniu, bez żadnych problemów, przeszkody, jaką

Tabela 1. Udział gazów w efekcie cieplarnianym

Nazwa gazu	Udział w efekcie cieplarnianym	Efektywność pochłaniania promieniowania podczerwonego w porównaniu z CO <sub>2</sub>
dwutlenek węgla (CO <sub>2</sub> )	50%	1
metan (CH <sub>4</sub> )	18%	30
freony	14%	10–20 000
ozon (O <sub>3</sub> )	12%	2000
tlenki azotu (NO <sub>x</sub> )	6%	150

jest szyba szklarni, nie może z równą łatwością wydostać się z powrotem? Słońce jest bardzo gorące. Ta wysoka temperatura (ok. 6000 K) powoduje, że emitowana przez nie energia ma bardzo małą długość fali (większość znajduje się w zakresie pasma widzialnego), czyli bardzo wysoką częstotliwość.

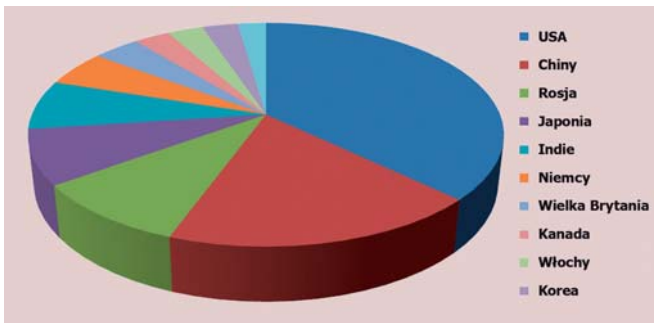
Wysoka częstotliwość umożliwia energii słonecznej łatwe przenikanie do wnętrza „globalnej szklarni”. Część tej energii zostaje odbita od powierzchni Ziemi w niezmiennym stanie. Ale jest to tylko część energii wprowadzonej do wewnątrz. Po-

chłonięte przez glebę ciepło ogrzewa jej powierzchnię, co prowadzi do wtórnej emisji energii przez glebę. Powierzchnia Ziemi emituje nabytą energię w postaci fal o większej długości, czyli w postaci promieniowania podczerwonego.

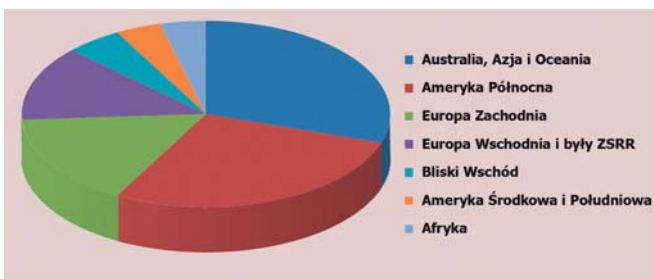
Powierzchnia Ziemi jest znacznie chłodniejsza od Słońca, toteż jej promieniowanie ma znacznie mniejszą częstotliwość i zdolność przenikania. Dlatego też znakomita większość tego promieniowania zostaje odbita od szyby, a tylko bardzo niewielkiej części udaje się przez nią przedostać.

Wspomniane już wcześniej gazy cieplarniane są lotnymi substancjami chemicznymi występującymi w atmosferze, których budowa fizykochemiczna pozwala na zatrzymywanie i magazynowanie energii ciepłej oraz przekazywanie jej w kierunku powierzchni Ziemi w postaci promieniowania podczerwonego. Spośród ponad 30 dotychczas zidentyfikowanych gazów cieplarnianych w tabeli 1. uwzględniono 5 najważniejszych ze względu na udział w efekcie cieplarnianym oraz ich zdolność do pochłaniania promieniowania podczerwonego w porównaniu z dwutlenkiem węgla.

W powstawaniu efektu cieplarnianego najważniejszą rolę odgrywa dwutlenek



Rys. 5. Kraje, które miały największy udział (w %) w globalnej emisji CO<sub>2</sub> w 2000 r.



Rys. 6. Emisje CO<sub>2</sub> w roku 2001 według kontynentów i regionów

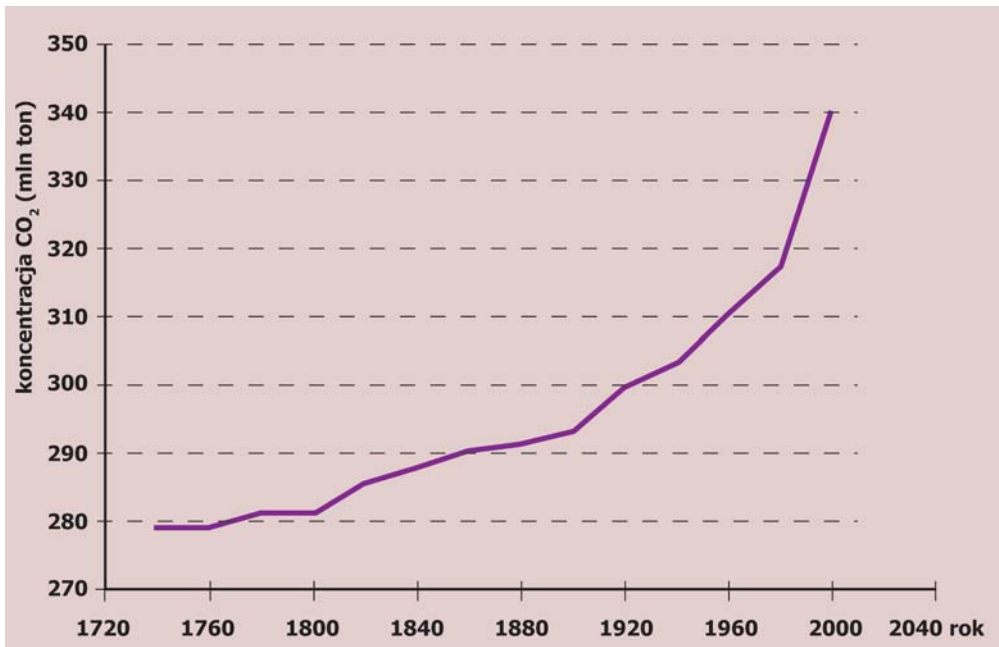
węgla, którego udział w tym zjawisku wynosi 50%. Tak wysoki udział  $\text{CO}_2$  w efekcie cieplarnianym, mimo najmniejszej efektywności pochłaniania promieniowania podczerwonego, jest możliwy dzięki jego wysokiej zawartości w atmosferze – ok. 0,03%. Rola dwutlenku węgla w efekcie cieplarnianym wciąż wzrasta, co jest skutkiem działalności człowieka – emisja  $\text{CO}_2$  związana z przemysłem, połączona m.in. z gwałtownym zmniejszaniem się powierzchni terenów zalesionych. Na Rys. 5 przedstawiono udział (procentowy) wybranych krajów w globalnej emisji  $\text{CO}_2$ , na Rys. 6 zaś emisję  $\text{CO}_2$  w roku 2001 podzielono według kontynentów i regionów.

Wysoki udział w powstawaniu efektu cieplarnianego ma również metan ( $\text{CH}_4$ ) – 18%. Gaz ten powstaje i jest emitowany do atmosfery w wyniku licznych reakcji beztlenowego rozkładu szczątków roślin i zwierząt oraz beztlenowego rozkładu odchodów zwierząt. Metan jest głównym składnikiem gazu ziemnego, dlatego też jego znaczne ilości są uwalniane do atmosfery

wraz z wydobywanymi węglem kamiennym i ropą naftową.

Freony, w przeciwieństwie do pozostałych gazów, nie powstają w sposób naturalny. Wytwarzane są jedynie w wyniku reakcji chemicznych przeprowadzonych przez człowieka i stosowane w chłodnictwie oraz (obecnie coraz rzadziej) do produkcji aerozoli. Freony są szczególnie niebezpiecznymi gazami, chociażby ze względu na bardzo małą aktywność chemiczną, czego skutkiem jest duża trwałość. W porównaniu z dwutlenkiem węgla freony odznaczają się od 10 do 20 000 razy większą efektywnością w pochłanianiu promieniowania podczerwonego. Należy także zauważyć, że freony powodują rozkład ozonu ( $\text{O}_3$ ) do tlenu ( $\text{O}_2$ ), czego skutkiem jest powstanie tzw. dziury ozonowej. Udział ozonu w powstawaniu efektu cieplarnianego wynosi 12%.

Spośród wymienionych w powyższej tabeli gazów najmniejszą rolę w powstawaniu efektu cieplarnianego odgrywają tlenki azotu – 6%. Do środowiska dostają się głównie



Rys. 7. Zależności wzrostu stężenia  $\text{CO}_2$ , jaki następuje wraz z rozwojem gospodarczym na świecie

Źródło: dane Krajowego Centrum Inwentaryzacji emisji zatwierdzone przez Ministerstwo Środowiska

wraz ze spalinami samochodów i azotowymi nawozami sztucznymi. Najbardziej efektywnym tlenkiem jest  $N_2O$  (150 razy efektywniejszy od dwutlenku węgla), jednak jego zawartość w atmosferze jest znikoma.

Tak więc dwutlenek węgla jest głównym sprawcą efektu cieplarnianego Ziemi. Czas jego obiegu w biosferze to 50–200 lat, tak więc skutki obecnej emisji tego gazu objawiają się ze znacznym opóźnieniem.

Stężenie dwutlenku węgla w atmosferze stale rośnie (Rys. 7).

W powszechnej świadomości efekt cieplarniany kojarzy się z zagrożeniem wielkimi zmianami klimatycznymi o trudno przewidywalnych konsekwencjach. W rzeczywistości potencjalna katastrofa nie nastąpi w wyniku zaistnienia efektu szklarniowego, lecz w wyniku zwiększenia natężenia tego zjawiska. Zakładając nieistnienie gazów szklarniowych, Ziemia byłaby ogrzewana tylko za pomocą samej energii słonecznej, gdyż całe promieniowanie długofalowe emitowane przez naszą planetę uchodziłoby w Kosmos.

Niektóre skutki efektu cieplarnianego to m.in. wzrost średniej temperatury w Arktyce o  $3^{\circ}C$  od 1920 roku, a średniej zimowej aż o  $7^{\circ}C$ , panująca od 1968 roku susza w strefie Sahelu. Przewiduje się, że podwojenie koncentracji w powietrzu dwutlenku węgla z 0,03% do 0,06% spowoduje wzrost średniej temperatury powietrza nad powierzchnią Ziemi o  $2,3^{\circ}C$ , a to z kolei może doprowadzić do stopienia lodowców biegunowych, w efekcie czego poziom wody podniesie się o 60–75 m i Ziemi może grozić potop.

Kolejnym skutkiem mogą być znaczne zmiany w globalnej cyrkulacji atmosfery, przyczyniające się do przesunięcia stref klimatycznych ku biegunom, co spowoduje rewolucję w rolnictwie, ponieważ główne rejon upraw w strefie umiarkowanej przesuną się na terytorium środkowej Kanady i Syberii charakteryzujących się glebami niesprzyjającymi intensywnej produkcji rolnej.

W konsekwencji przesunięcia się stref klimatycznych będziemy mieli klimat taki, jaki teraz jest w Hiszpanii. Nastąpi także dalsze zmniejszenie opadów na obszarze dzisiej-

szych stref głodu, takich jak Sahel (Afryka). Wskutek zmian stref klimatycznych może powstać więcej pustyń i stepów w miejscach teraz obecnie pokrytych roślinnością. Przypuszczalnie szok termiczny wywoła poważne zakłócenia w funkcjonowaniu ekosystemów leśnych naszej strefy klimatycznej, gdyż lasy iglaste, typowe dla Polski, mogą nie wytrzymać wyższych temperatur.

Aby zapobiec rozszerzaniu się efektu cieplarnianego, należy podejmować działania mające na celu dostosowanie przemysłu, transportu i mentalności społeczeństwa do tego problemu. Jako że w przypadku efektu cieplarnianego największe znaczenie ma dwutlenek węgla, to działania ekologów zmierzają do zmniejszenia emisji tego właśnie gazu. Ważne jest również, aby poprawić efektywność samych elektrowni (jądrowych, wiatrowych, wodnych etc.). Warto także wspomnieć, że lepiej jest poruszać się środkami komunikacji miejskiej niż własnym samochodem, chociażby dlatego, że jeden duży autobus pomieści 100 osób i spali mniej paliwa niż samochody osobowe, które mogłyby ich przetransportować, co jest korzystne dla klimatu.

Za dużą część emitowanego dwutlenku węgla odpowiedzialne są silniki naszych pojazdów. W Ameryce Północnej jest to aż trzecia część całej emisji  $CO_2$ . Pojazdy silnikowe przyczyniają się do zwiększenia ilości emitowanych tlenu azotu i ozonu. Poza próbami ograniczenia przez człowieka emisji gazów cieplarnianych, można także zmierzać do usunięcia go z atmosfery. Takie działanie jednak również wymaga zmian.

Należy zahamować wyrąb i wypalanie lasów oraz sadzić co najmniej tyle nowych drzew, ile ulega niszczeniu (w Kanadzie na 10 ściętych drzew sadi się tylko 3 nowe). Drzewostan ma bardzo istotny wpływ na regulację ilości  $CO_2$  w atmosferze, gdyż 1 hektar lasu pochłania 250 kg  $CO_2$ . W Amazonii, którą poza rabunkowym wyrębem lasów deszczowych, pochłaniających olbrzymie ilości  $CO_2$ , od kilku lat niszczy susza, wysychają niewielkie rzeki i mokradła, a co za tym idzie – wymierają rośliny i zwierzęta, a to potęguje efekt cieplarniany.



## Załącznik 1.

## Efekt cieplarniany w liczbach

**0,6** – W celu podwojenia koncentracji CO<sub>2</sub> w atmosferze należałoby spalić warstwę węgla o grubości 0,6 mm pokrywającą powierzchnię całego naszego globu.

**2** – Lecząc na wakacje na odległość 4000 km, przyczyniasz się do emisji gazów cieplarnianych odpowiadających ponad 2 t CO<sub>2</sub>.

**2,5** – Szacuje się, że jeśli wydobędziemy spod ziemi i spalimy wszystkie dostępne zasoby ropy, gazu i węgla, kwasowość oceanów wzrośnie ponad 2,5 razy. Dla organizmów posiadających wapienne muszle i szkieleczki będzie to katastrofa.

**3** – Gdyby zebrać cały rozproszony w atmosferze dwutlenek węgla w jednej warstwie, miałyby ona grubość niecałych 3 m.

**5** – Jadąc średniej wielkości samochodem na odległość 30 km, emitujemy do atmosfery 5 kg CO<sub>2</sub> – ilość, jaką spore drzewo pochłania w ciągu roku.

**6** – Jadący samochód w ciągu sekundy podwaja ilość CO<sub>2</sub> znajdującą się w ok. 6 m<sup>3</sup> powietrza.

**10** – Aby zapobiec załamaniu się klimatu, należy jak najszybciej ograniczyć emisję gazów cieplarnianych nie o 10%, a do 10% poziomu z roku 2000. Być może, że nawet to nie wystarczy.

**20** – Z wyprodukowaniem, serwisowaniem i złomowaniem samochodu średnich rozmiarów związana jest emisja ok. 20 t CO<sub>2</sub>.

**100** – Ludzie emitują do atmosfery ponad 100 razy więcej CO<sub>2</sub> niż wulkany.

**1000** – Po tysiącu lat z każdej tony wyemitowanego CO<sub>2</sub> w atmosferze pozostanie około połowy, nawet po tak długim czasie podnosząc temperaturę planety o 5°C.

**100 000** – Wyemitowany przez nas dwutlenek węgla zniknie z atmosfery dopiero po 100 tysiącach lat.

## PIŚMIENNICTWO

- Halliday D., Resnick R., Walker J., *Podstawy fizyki*, t. 1–5, PWN, Warszawa 2005.
- Siemiński M., *Fizyka zagrożeń środowiska*, PWN, Warszawa 1994.
- Lenart W., *Pod kloszem, czyli prognoza pogody*, LINUST, Warszawa 2007.
- [www.scienceacross.org](http://www.scienceacross.org)
- <http://edu.pgi.gov.pl/muzeum/efekt>
- [http://www.atmosphere.mpg.de/enid/2\\_Efekt\\_cieplarniany\\_promieniowanie\\_i\\_biosfera/\\_promieniowanie\\_i\\_efekt\\_cieplarniany\\_3pa.html](http://www.atmosphere.mpg.de/enid/2_Efekt_cieplarniany_promieniowanie_i_biosfera/_promieniowanie_i_efekt_cieplarniany_3pa.html)
- [http://www.fip.elbi.pl/pdf/naturalny\\_i\\_antropogeniczny\\_efekt\\_cieplarniany.pdf](http://www.fip.elbi.pl/pdf/naturalny_i_antropogeniczny_efekt_cieplarniany.pdf)

## DAWID BASAK

Nauczanie fizyki, Wydział FAiIS UMK w Toruniu,  
Zespół Szkół w Górsku

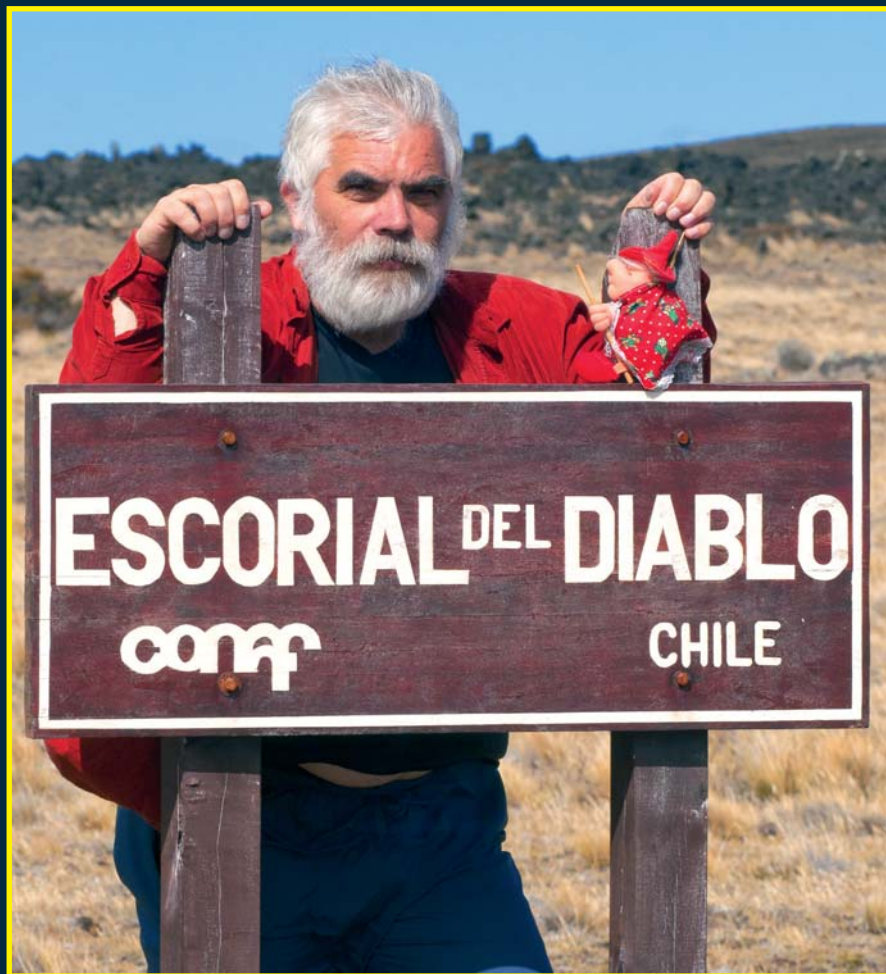
## MARLENA ZIELIŃSKA

Pracownia Dydaktyki Wydziału BiNoZ UMK w Toruniu,  
Społeczna Szkoła Podstawowa i Gimnazjum im. J. Słowackiego  
w Toruniu

## MAREK SZABLEWSKI

Centrum Astronomii UMK w Toruniu

*Park Narodowy Pali-Aike wulkanu Ziemi Ognistej*



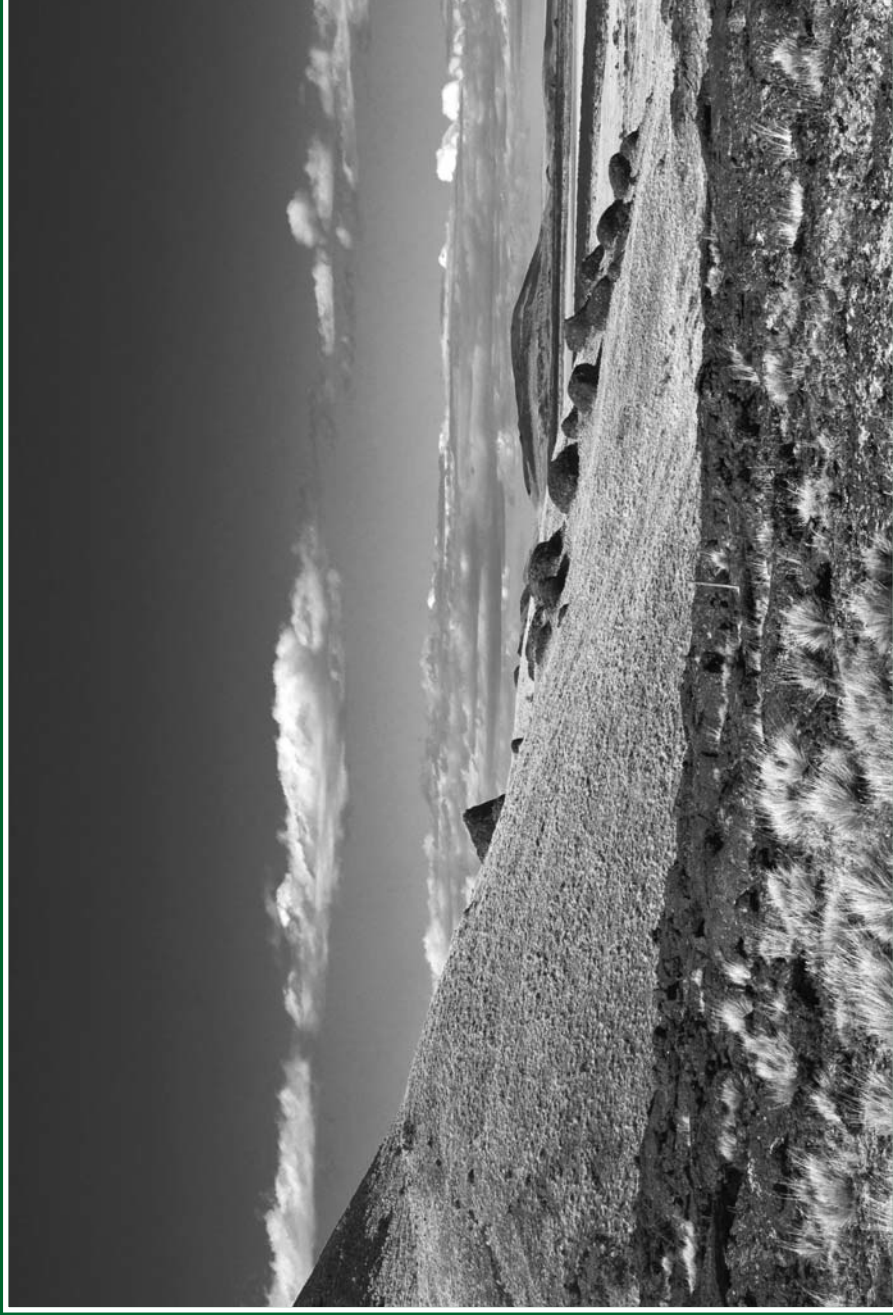
Fot. I. Naczelný Biologii w Szkole w drodze do dworzyszczu diabła

# Park Narodowy Pali-Aike wulkany Ziemi Ognistej



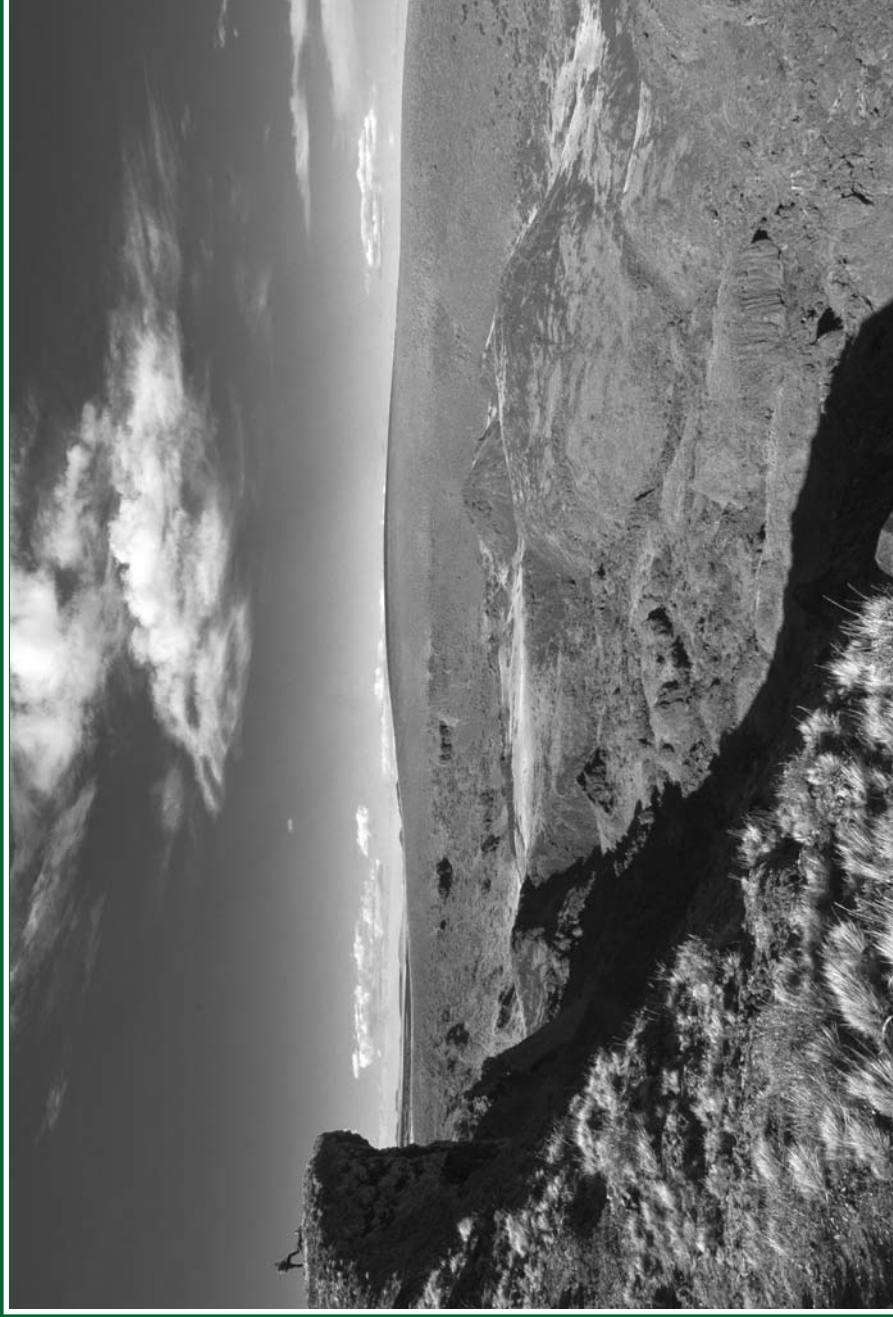
Fot. 2. Zastygła  
lawą i guanako

# Park Narodowy Pali-Aike wulkany Ziemi Ognistej



Fot. 3. Bomby  
wulkaniczne

# Park Narodowy Pali-Aike wulkany Ziemi Ognistej



Fot. 4.  
Na krawędzi  
krateru

# Kormoran antarktyczny

(*Phalacrocorax atriceps bransfieldensis*)

## – spotkanie na krańcu świata

Bywają spotkania miłe i niemiłe, oczekiwane i niespodziane, bywają również takie, które zapamiętujemy na bardzo, bardzo długo.

■ PIOTR BORSUK

### Systematyka

Domena – eukarionty; królestwo – zwierzęta; typ – strunowce; podtyp – kręgowce; gromada – ptaki; podgromada – *Neornithes*; nadrząd – neognatyczne; rząd – głuptakowe; rodzina – kormorany; rodzaj – *Leucocarbo*; gatunek – kormoran niebieskooki; **podgatunek – kormoran antarktyczny**

### Dwa słowa o tym, co to za ptak

Systematyka tego gatunku nie do końca jest wyjaśniona i wymaga dalszych badań. Obecnie uważa się, że kormoran antarktyczny jest podgatunkiem kormorana błękitnookiego.

Kormoran antarktyczny jest dużym ptakiem o długości ciała przekraczającej 75 cm, rozpiętości skrzydeł równej 125 cm i masie ciała do 3 kg. Z reguły samce są wyraźnie większe i cięższe niż samice. Kormorany antarktyczne nie są ptakami barwnymi. Wierzch ciała mają stalowo-czarny, a spód biały (Fot. 1). Najpiękniejsze są jednak ich oczy z błękitną obwódką. No i ta złotożółta woskówka znajdująca się u nasady dzioba. Kolory, które w świecie lodu, gdzie dominuje biel i czerń, zaskakują.

Sezon rozrodczy k. antarktycznego zaczyna się w październiku, kiedy to ptaki rozpoczynają budowę wysokich gniazd z wodorostów, trawy, mchów, guana i błota.

Pod koniec października i w listopadzie składają w gniazdach 2–3 białozielonkawo-białe jaja. Po wykluciu rodzice opiekują się pisklętami aż do momentu ich opierzenia, co następuje w 40.–45. dniu ich życia.



Fot. 1. Kormoran antarktyczny (*Phalacrocorax atriceps bransfieldensis*)



**Fot. 2.** Na Wyspie Króla Jerzego kormorany antarktyczne gniazdują wraz z pingwinami antarktycznymi na skale sterczącej z morza ok. 200 m od brzegu wyspy

Szacuje się, że obecnie żyje ok. 12 000 par kormoranów antarktycznych i ich ilość nie ulega zmianie. Dlatego też gatunek ten jest uznawany za niezagrożony wymarciem.

### Kormorany antarktyczne na Wyspie Króla Jerzego

Kormoran antarktyczny jest gatunkiem endemicznym występującym jedynie na zachodnim wybrzeżu Półwyspu Antarktycznego oraz przylegających do niego wyspach. Tworzy kolonie lęgowe na niepokrytych lodem płaskich terenach przybrzeżnych i klifach. Często gniazduje wraz z pingwinami. Tak jest również w przypadku Wyspy Króla Jerzego, gdzie ptaki te mają kolonię lęgową wraz z pingwinami antarktycznymi na skale sterczącej z morza tuż przy brzegu wyspy, przy ujściu Zatoki Admiralicji do Cieśniny Bransfielda (Fot. 2).

W czasie zimy kormorany antarktyczne tworzą niewielkie stada i przesuwają się nieco bardziej na południe w poszukiwaniu pokarmu tam, gdzie morze jest wolne

od paku lodowego. Zimują również na Wyspie Króla Jerzego, tam gdzie Zatoka Admiralicji nie zamarza.

### Spotkanie na krańcu świata

Do kolonii lęgowej kormoranów antarktycznych, najbliższej Polskiej Stacji Antarktycznej im. H. Arctowskiego, nawet szybkim zodiakiem trzeba płynąć prawie trzy kwadranse. Zwykle robią to jedynie osoby prowadzące tzw. monitoring, czyli określające ilość ptaków w kolonii oraz ich sukces reprodukcyjny. Ponieważ kormoranom też nie zawsze po drodze jest zapuszczanie się w głąb Zatoki Admiralicji, to zapewne dlatego, gdy byłem tam pierwszy raz, w 2000 roku, nie spotkałem tego ptaka. Może byłem na Wyspie Króla Jerzego za krótko, a może w pobliżu stacji nie było dla nich pokarmu, morskich skorupiaków i ryb, więc nie miały czego szukać w miejscach, w których prowadziłem badania.

Wielokrotnie oglądałem zdjęcia tego ptaka i miałem nadzieję, że kiedyś go zoba-



Fot. 3. Pingwin białobrewy (*Pygoscelis papua*)

czę i przekonam się, czy jego oczy rzeczywiście są takie błękitne, a woskówka złocistożółta. Może nawet uda mi się go sfotografować... No i stało się to dwa lata temu, gdy po raz drugi byłem na Wyspie Króla Jerzego. Nawet nie musiałem się bardzo oddalać od stacji. Stał przy brzegu i suszył pióra po kąpiel. Oczywiście miałem przy sobie aparat fotograficzny. Założyłem obiektyw 150 mm, sądząc, że nie uda mi się do niego podejść na odległość mniejszą niż 20–30 m, i zacząłem się do niego wolno, bardzo wolno zbliżać, tak aby ptak cały czas mnie widział. Równocześnie obserwowałem jego zachowanie, nie chcąc go spłoszyć. Staram się nie fotografować na siłę. Jeśli widzę, że zwierzę się denerwuje, po prostu wycofuję się. Nie uważam, aby kolejne zdjęcie, jakich setki w sieci, warte było nerwów zwierzaka. Kormoran był jednak spokojny, a ja co chwilę zatrzymywałem się, żeby zrobić kolejne zdjęcie. Po 15 minutach siedziałem po turecku w odległości ok. 3 m od ptaka! Siedziałem i pstrykałem, pstrykałem, pstrykałem, portret po portrecie, mając świadomość, że może nigdy w życiu nie będę miał drugiej takiej okazji. Możecie Państwo sobie wyobrazić, co przeżywałem, a kormoran pozował mi jak zawodowy model. Trochę żalowałem, że wcześniej porzuciłem plecak z 50-milimetrowym obiektywem, ale cóż, nie można mieć wszystkiego i wtedy... wyszły z morza dwa pingwiny

białobrewy (Fot. 3). Wyszły, poczłapały w moją stronę i zatrzymały się w odległości mniej więcej 3 m, jakby prosiły, żebym i im zrobił portrety. Jakby zazdrościły kormoranowi. Nigdy wcześniej i nigdy później pingwiny do mnie nie podchodziły. Owszem, ja do nich tak. Do dziś nie wiem, czemu akurat wtedy podeszły. Może dlatego, że siedziałem i w tej pozycji byłem tylko niewiele od nich wyższy. Może uznały, że spokojne zachowanie kormorana dowodzi, że jestem całkiem niegroźny, a może znaczenie miało zupełnie coś innego albo wiele różnych czynników, które zadziały równocześnie. W każdym razie ptaki stały przede mną i przyglądały się uważnie, co robię, a ja pstrykałem, pstrykałem i pstrykałem zdjęcie za zdjęciem. Niestety po ok. 30 min dało o sobie znać siedzenie na kamienistej plaży. Niestety człowiek nie skała. Nauka na przyszłość. Trzeba ze sobą nosić składany stołeczek, ale czy jeszcze kiedykolwiek zdarzy mi się taka przygoda? Powolutku wstałem i wycofałem się, nie płosząc ptaków. Sesja fotograficzna dobiegła końca.

### Bez strachu

W pierwszym odruchu chciałem zatytułować ten rozdział *Świat bez strachu*, ale to nieprawda. Wielokrotnie widziałem przerażone pingwiny. Zwłaszcza gdy odłączyły się od stada, a w pobliżu były skuły. Zapewne zarówno na kormorana, jak i na pingwiny więcej niebezpieczeństw czyha w morzu niż na lądzie. Może dlatego tu czują się pewniej. Nie można też powiedzieć, że przypominam skułę. Już raczej słonia morskiego... no powiedzmy słonia albo uchatkę, te zaś nie stanowią zagrożenia ani dla pingwinów, ani dla kormorana. Zdecydowanie ptaki nie dostrzegały we mnie wroga! Gdzie indziej nie spotkałem się z taką ufnością zwierząt. Niestety nie wszystkich. W większości przypadków słonie morskie (*Mirounga leonina*) nie chciały ze mną mieć nic wspólnego. O ile kilkutonowe samce zwykle zachowywały się w miarę spokojnie, o tyle znacznie od nich mniejsze samice czasem reagowały naprawdę histerycznie. Tak samo jedyny kra-



bojad (*Lobodon carcinophaga*), którego dane mi było spotkać (Fot. 4) w głębi Zatoki Escura, na plaży niewielkiego, niepokrytego lodem półwyspu o nazwie Barrel Point (Fot. 5). Jego nazwa nie jest przypadkowa.

Jeszcze dziś leżą tam klepki z beczek (ang. *barrel* – beczka) porzuconych przez łowców fok. Już dawno, dawno minęły czasy, gdy wody Zatoki Admiralicji bywały czerwone od krwi tych zwierząt. Nie mogą tego pamiętać ani słonie morskie, ani spotkany przeze mnie krabojad. Czyżby o naszym okrucieństwie wiedziały od dziadków? Brzmi prawie jak naukowa herezja. Z jednej strony jak inaczej można wytłumaczyć ufność zwierząt, które same, ani ich przodkowie, nie widziały człowieka lub nie były przez niego prześladowane. Z drugiej strony wszędzie tam, gdzie rozwijało się łowiectwo, sztuką jest zbliżenie się do zwie-



Fot. 4. Krabojad (*Lobodon carcinophaga*)

rzaka z aparatem fotograficznym. Zawsze tego żałowałem, a po spotkaniu z kormoranem i pingwinami żałuję jeszcze bardziej!



Fot. 5. Barrel Point



## Zestaw pytań testowych na finał centralny XXV Olimpiady Wiedzy Ekologicznej

Białowieża – 5.06.2010 r.

- Tolerancja ekologiczna danego gatunku najbardziej będzie się pokrywała z jego tolerancją fizjologiczną w warunkach:**
  - lasów tropikalnych,
  - tundry,
  - laboratoryjnych.
- Nieprawdą jest, że:**
  - piramida energii może mieć postać odwróconą,
  - na wyższych poziomach troficznych ilość energii jest mniejsza,
  - piramida biomasy może mieć postać odwróconą.
- Według aktualnych ocen globalnych, w ciągu ostatnich 60 lat obciążenie środowiska przyrodniczego produktami wytwarzanymi przez gospodarkę człowieka wzrosło:**
  - dwukrotnie,
  - trzykrotnie,
  - dziesięciokrotnie.
- W 1907 r., jeden ze studentów Friderica Clementsa – wybitnego twórcy metodologii ekologii został zatrudniony jako pierwszy na stanowisku ekologa w:**
  - Państwowej Służbie Leśnej,
  - Ministerstwie Nauki USA,
  - Pracowni Wydziału Biologii na Uniwersytecie w Harvardzie.
- Głównymi mechanizmami, które regulują tempo i przebieg procesów sukcesji są:**
  - stosunki konkurencji między populacjami roślin i zwierząt,
  - wyłącznie czynniki abiotyczne,
  - anomalia pogodowe danego regionu.
- W konkursie Fundacji „New 7 Wonders” trwającym do 2011 r. wśród 28 najpiękniejszych miejsc na Ziemi uwzględniono:**
  - Puszcę Białowieską,
  - Mazurskie Jeziora,
  - ruchome wydmy Słowińskiego Parku Narodowego.
- Do antagonistycznych stosunków w przyrodzie należą:**
  - symbioza i protokooperacja,
  - paszytnictwo i drapieżnictwo,
  - komensalizm i pasożytnictwo.
- Przeżywalność osobników danej populacji to wypadkowa:**
  - rozrodczości i śmiertelności,
  - arealu osobniczego i bazy pokarmowej,
  - globalnych zmian klimatu i mozaiki cech siedliska.
- Wskaż zdanie fałszywe:**
  - półpasożyty to organizmy, które obecnie nie występują w strefie klimatu umiarkowanego,
  - epifity to autotrofy, które żyją na innych roślinach,
  - zmniejszenie liczebności populacji rzadkich gatunków roślin łąkowych to skutek zaniechania wykaszania łąk.
- Gatunkami synantropijnymi są:**
  - konwalia i słowik,
  - zawilec i zięba,
  - pokrzywa i wróbel.
- Największe zagrożenie dla raf koralowych to:**
  - rekiny,
  - glony,
  - rozgwiazda – korona cierniowa.
- Wśród fok występujących w Morzu Bałtyckim najmniej jest:**
  - szara,
  - obrączkowana,
  - pospolita.
- W odłowach ryb słodkowodnych największe znaczenie ma w Polsce:**
  - leszcz,
  - karp,
  - pioł.
- Największym małżem w faunie naszego kraju jest:**
  - skójka malarska,
  - groszkówka,
  - szczężujka chińska.
- Z doliną jakiej rzeki związany jest rezerwat „Czerwone Bagno”, będący ostoją łośia:**
  - Narwi,
  - Biebrzy,
  - Pasłęki.
- Najszybciej procesowi samooczyszczania ulegają:**
  - płynące wody powierzchniowe,
  - powierzchniowe wody stojące,
  - podziemne wody płynące.
- W dziedzinie polityki wodnej zakres działań państw członkowskich UE określa:**
  - Prawo wodne,
  - Ramowa Dyrektywa Wodna,
  - Ustawa „powodziowa”.

18. „Ryf Mew” – piaszczysta łacha w Zatoce Puckiej niszczone jest przez:
- fokę szarą,
  - „Marsz Śledzia”,
  - morświna.
19. „Najmniejsza ilość wody (wyrażona w  $\text{cm}^3$ ), w której wykrywa się jeszcze pałeczki okrężnicy” to definicja jednego z najważniejszych wskaźników czystości wód. Którego?
- ChZT,
  - tw. wskaźnika toksyczności,
  - Miana Coli.
20. Tempo rozpadu materii organicznej wpływa na grubość warstwy humusu, co decyduje o:
- żywności gleby,
  - zwiększeniu kwasowości gleby,
  - redukcji liczebności mikroorganizmów glebowych.
21. Roślinami charakterystycznymi dla grądu są:
- brzoza brodawkowata, kruszyna, borówka czernica,
  - jałowiec pospolity, przylaszczka, zawilec gajowy,
  - grab, jaskier kosmaty, marzanka wonna.
22. Pozostawienie martwego drewna w stabilnym ekosystemie leśnym do czasu jego naturalnego rozkładu, oznacza:
- wzrost różnorodności biologicznej,
  - mamotrawstwo drewna,
  - ryzyko zwiększenia liczebności szkodników.
23. Obcymi gatunkami inwazyjnymi w Polsce są:
- jędźla zwyczajna, jarząb szwedzki,
  - klon jesionolistny, niecierpek drobnokwiatowy,
  - klon polny, lipa szerokolistna.
24. Ols to typ lasu, który występuje:
- wzdłuż górskich cieków wodnych,
  - w bezodpływowych zagłębieniach terenu,
  - wyłącznie na brzegach jezior.
25. Ocenia się, że przeciętne drzewo żyje tyle co:
- jedno pokolenie ludzi,
  - cztery pokolenia ludzi,
  - osiem pokoleń ludzi.
26. Do mikrośladników czyli pierwiastków śladowych w organizmie człowieka należą:
- potas, sód, mangan,
  - żelazo, cynk, miedź,
  - siarka, chlor, fosfor.
27. Obecnie z powodu chorób nowotworowych umiera rocznie na świecie około 6 mln ludzi, w tym w Polsce ok. 80 tys. Czynnikiem skutecznie zapobiegającym tej chorobie jest:
- przestrzeganie diety bogatej w arsen,
  - regularne poddawanie się badaniom profilaktycznym,
  - systematycznie krótki sen.
28. Fluor zwiększa twardość kości oraz twardość szkliva zębów. Jego głównym źródłem dla organizmu człowieka jest:
- żywność,
  - powietrze, którym oddychamy,
  - woda.
29. Według światowych szacunków rzućcie palenia papierosów zmniejsza ryzyko zgonu z powodu raka płuc:
- dziesięciokrotnie,
  - dwudziestokrotnie,
  - trzydziestokrotnie.
30.  $\beta$ -karoten, występujący w roślinach przekształca się w witaminę A. Najwięcej  $\beta$ -karotenu zawierają:
- ziemniak, rzodkiewka, seler,
  - burak, kalafior, cebula,
  - marchew, natka pietruszki, szpinak.
31. Witaminy są niezbędne i potrzebne do prawidłowego funkcjonowania organizmu. Dostarczone człowiekowi wraz z pożywieniem stanowią:
- katalizatory biologiczne przebiegu reakcji,
  - źródło energii,
  - materiał budulcowy komórek.
32. Zasłużonym inicjatorem ochrony żubra w skali międzynarodowej był:
- Jan Sztolcman,
  - Stanisław Małkowski,
  - Władysław Szafer.
33. W rejestrze Polski jest ok. 32 tysiące drzew pomnikowych. W rezerwacie ścisłym Białowieskiego Parku Narodowego jest ich około:
- 2000,
  - 10.000,
  - 16.000.
34. Rodzimą gatunkiem ssaka w Polsce nie jest:
- jenot,
  - gronostaj,
  - wydra.
35. Ochronę bierną możemy zastosować w przypadku:
- roślin muraw kserotermicznych,
  - organizmów zasiedlających pozostające w lesie martwe drewno,
  - rzadkich gatunków ptaków terenów podmokłych.
36. Reliktem epoki lodowcowej jest:
- brzoza karłowata,
  - borówka brusznica,
  - skrzyp olbrzymi.
37. Wśród niżej wymienionych najbardziej zagrożonym gatunkiem motyla jest:
- paź królowej,
  - rusałka admirał,
  - niepylak apollo.
38. W Polsce Obszary Natura 2000 wprowadzono w związku z:
- decyzją Światowej Unii Ochrony Przyrody,
  - przystąpieniem naszego kraju do Unii Europejskiej,
  - wytycznymi ONZ do spraw nauki, edukacji i kultury.

39. Jednym z wybitnych obrońców polskich lasów, inicjatorem rozbudowy Leśnego Zakładu Doświadczalnego SGGW i Arboretum w Rogowie, wieloletnim Prezesem Polskiego Towarzystwa Leśnego i Zarządu Głównego Ligi Ochrony Przyrody był:
- prof. Franciszek Krzysik,
  - prof. Stanisław Kulczyński,
  - prof. Jan Gwalbert Pawlikowski.
40. Do 2050 r. całkowita rezygnacja z korzystania z paliw kopalnych to ambitny cel ustanowiony przez władze miejskie:
- Sztokholmu,
  - Brukseli,
  - Rzymu.
41. Amerykańscy chemicy M. Molina i F. S. Rowland to autorzy hipotezy dotyczącej fotolizy połączeń halogenoorganicznych, w wyniku których powstaje tzw. „dziura ozonowa”. Dzięki niej zostali laureatami Nagrody Nobla w roku:
- 1985,
  - 1995,
  - 2005.
42. Ilość pyłu opadającego na jednostkę powierzchni w jednostce czasu – to definicja podstawowego parametru jakości powietrza. O jaki parametr tu chodzi?
- zapylenie,
  - stężenie pyłu,
  - opad pyłu.
43. Jak zachowuje się w powietrzu bardzo drobny pył ( $\phi = 2,5 \mu\text{m}$ ) wyemitowany wraz ze spalinami z kotłowni węglowych?
- jest cięższy od powietrza i zawsze opada na ziemię,
  - jest tak lekki, że utrzymuje się w powietrzu i zachowuje się podobnie jak cząsteczki gazu,
  - w trakcie tego spalania pył drobny w spalinach nie występuje.
44. W jakiej ilości w Polsce dodaje się do benzyny czteroetylku ołowiu dla poprawienia jakości paliwa?
- 1%,
  - 0,1%,
  - wcale.
45. Który z niżej wymienionych modeli Toyoty wykorzystuje do napędu układ hybrydowy (HSD – Hybrid Synergy Driver):
- Avensis,
  - Yaris,
  - Prius.
46. „Lista 80” to:
- rejestr zakładów przemysłowych, najbardziej uciążliwych dla środowiska sporządzony na podstawie kontroli Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska w 1988 r.
  - aktualny spis zakładów przemysłowych w Polsce, które w ostatnich latach ograniczyły emisję zanieczyszczeń o 80%,
  - spis zakładów przemysłowych pracujących w oparciu o technologię lat 80-tych ubiegłego stulecia.
47. „Każdy ma prawo do informacji o stanie i ochronie środowiska” to zapis:
- Konstytucji RP,
  - Ustawy o ochronie przyrody,
  - Dyrektywy siedliskowej UE.
48. Pod względem tzw. jednostek emisji CO<sub>2</sub> (AAU) Polska na lata 2008-2012 ma:
- nadwyżkę 500 mln AAU,
  - deficyt 100 mln AAU,
  - nie uczestniczy w handlu emisjami.
49. „Nie zaśmiecaj swojego sumienia” – to akcja dotycząca segregacji odpadów. Jest to hasło:
- kampanii Ministerstwa Środowiska,
  - programu telewizji POLSAT,
  - akcji prowadzonej przez SITA – firmy zajmującej się oczyszczaniem miast.
50. Finał centralny pierwszej edycji Olimpiady Wiedzy Ekologicznej w 1986 r. odbył się w:
- Płocku,
  - Warszawie,
  - Świeradowie.

### Szyfr prawidłowych odpowiedzi na pytania testu etapu centralnego XXV Olimpiady Wiedzy Ekologicznej

1. c	10. c	19. c	28. c	37. c	46. a
2. a	11. c	20. a	29. c	38. b	47. a
3. b	12. b	21. c	30. c	39. a	48. a
4. a	13. b	22. a	31. a	40. a	49. a
5. a	14. c	23. b	32. a	41. b	50. a
6. b	15. b	24. b	33. a	42. c	
7. b	16. a	25. b	34. a	43. b	
8. a	17. b	26. b	35. b	44. c	
9. a	18. b	27. b	36. a	45. c	

# Arkusz odpowiedzi etapu centralnego

## XXV Olimpiady Wiedzy Ekologicznej

1. a b c  
  2. a b c  
  3. a b c  
  4. a b c  
  5. a b c  
  6. a b c  
  7. a b c  
  8. a b c  
  9. a b c  
  10. a b c  
  11. a b c  
  12. a b c  
  13. a b c  
  38. a b c  
  14. a b c  
  15. a b c  
  16. a b c  
  17. a b c  
  18. a b c  
  19. a b c  
  20. a b c  
  21. a b c  
  22. a b c  
  23. a b c  
  24. a b c  
  25. a b c  
  26. a b c  
  50. a b c  
  27. a b c  
  28. a b c  
  29. a b c  
  30. a b c  
  31. a b c  
  32. a b c  
  33. a b c  
  34. a b c  
  35. a b c  
  36. a b c  
  37. a b c  
  39. a b c  
  40. a b c  
  41. a b c  
  42. a b c  
  43. a b c  
  44. a b c  
  45. a b c  
  46. a b c  
  47. a b c  
  48. a b c  
  49. a b c  
  

Suma punktów .....

Podpis finalisty .....

Podpis i pieczęćka  
sprawdzającego  
lub stempel szkoły .....

# Efekt cieplarniany

## Scenariusz lekcji

■ MARLENA ZIELIŃSKA, DAWID BASAK

### Cele lekcji:

- ogólny – zapoznanie uczniów ze zjawiskiem efektu cieplarnianego, jego przyczynami i możliwymi skutkami;
- szczegółowe (operacyjne)

### Wiedomości

#### Uczeń:

- wyjaśnia, na czym polega zjawisko efektu cieplarnianego;
- wymienia gazy cieplarniane;
- podaje przyczyny efektu cieplarnianego;
- wymienia sposoby zapobiegania globalnemu ociepleniu.

### Umiejętności

- opisuje powstawanie efektu cieplarnianego;
- przewiduje globalne skutki efektu cieplarnianego;
- przewiduje konsekwencje ocieplenia klimatu Ziemi;
- dostrzega konieczność działań spowalniających efekt cieplarniany;
- dostrzega zależność między rozwojem cywilizacyjnym a wzrostem emisji dwutlenku węgla;
- proponuje działania ograniczające powstawanie efektu cieplarnianego.

### Postawy

- współpracuje w grupie;
- aktywnie uczestniczy w lekcji;
- ma świadomość, że każdy z nas może coś zrobić, aby zapobiec globalnemu ociepleniu klimatu.

### Metody kształcenia:

- pogadanka;
- praktyczna – eksperyment;
- praca z książką;
- pokaz;
- burza mózgów.

**Formy pracy:** grupowa, indywidualna, zbiorowa.

**Środki dydaktyczne:** zestawy doświadczalne (2 kolby płaskodenne lub butelki, 2 gumowe korki z otworami, 2 termometry, 2 krążki czarnego papieru, ocet, soda oczyszczona, butelka, balon, lampa biurowa bez klosza z żarówką min. 100 W), podręcznik: *Ciekawa biologia 3* z płytą CD wyd. WSiP (lekcja 6.7.), rzutnik multimedialny, komputer, karta pracy ucznia.

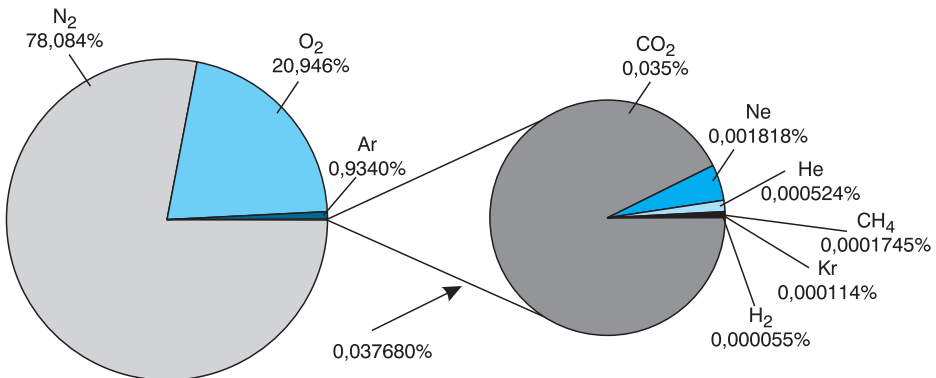
### Przebieg lekcji (tok lekcji)

Czynności nauczyciela	Czynności uczniów
<b>Faza wprowadzająca</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Wita się z uczniami i sprawdza obecność.</li> <li>■ Prosi o przypomnienie składu procentowego atmosfery (zał. 1).</li> <li>■ Prowadzi pogadankę nawiązującą do lekcji, dotyczącą roli atmosfery w istnieniu życia na Ziemi (zał. 2).</li> <li>■ Przedstawia cele lekcji i prosi o zapisanie jej: <b>Efekt cieplarniany.</b></li> </ul>	<p>Uczniowie witają nauczyciela. Wymieniają gazy wchodzące w skład atmosfery.</p> <p>Uczestniczą w pogadance.</p> <p>Uczniowie zapisują temat lekcji w zeszytach.</p>

Czynności nauczyciela	Czynności uczniów
<b>Faza realizacyjna</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Nauczyciel mówi, że za chwilę uczniowie obejrzą animację (CD – lekcja <i>Efekt cieplarniany</i>) dotyczącą dzisiejszego tematu lekcji oraz zadaje pytania, na które uczniowie powinni po obejrzeniu animacji odpowiedzieć (zał. 3): <ul style="list-style-type: none"> <li>– Na czym polega zjawisko efektu cieplarnianego?</li> <li>– Jakie gazy są odpowiedzialne za istnienie efektu cieplarnianego?</li> </ul> </li> <li>■ Pokazuje i omawia schemat powstawania efektu cieplarnianego (zał. 4).</li> <li>■ Podaje punkty 1 i 2 notatki i poleca zapisać je w zeszytcie (zał. 5).</li> <li>■ Prosi 2 uczniów o pomoc przy wykonaniu doświadczenia. Dyżurny rozdaje wszystkim kartę pracy (zał. 6).</li> <li>■ Nauczyciel wraz z uczniami wykonuje doświadczenie 1 polegające na zebraniu dwutlenku węgla.</li> <li>■ Nauczyciel prosi wybranego ucznia o pomoc w przygotowaniu doświadczenia <i>Efekt cieplarniany</i>.</li> <li>■ Prosi dwóch wybranych uczniów, aby obserwowali wzrost temperatury w obydwu zlewkach i notowali wyniki na tablicy z zaznaczeniem czasu trwania eksperymentu.</li> <li>■ Podczas oczekiwania na wyniki doświadczenia nauczyciel pyta uczniów, w jakich to procesach uwalnia się dwutlenek węgla (uczniowie mogą skorzystać z podręcznika <i>Ciekawa biologia 3</i>, s. 129). Nauczyciel mówi, że: „W atmosferze ziemskiej obserwujemy ciągły wzrost zawartości dwutlenku węgla” i pyta uczniów, dlaczego tak się dzieje (burza mózgów).</li> <li>■ Omawia pozostałe gazy cieplarniane (wspomina o tlenkach azotu, freonie, metanie) (zał. 7).</li> <li>■ Prosi uczniów o zastanowienie się nad przyczynami wzrostu ilości innych gazów cieplarnianych w atmosferze. Podaje 4 punkt notatki.</li> <li>■ Nauczyciel wspólnie z uczniami omawia wykonane doświadczenie oraz uzyskane wyniki i prosi uczniów o wyciągnięcie wniosku z doświadczenia.</li> <li>■ Inicjuje rozmowę na temat skutków występowania efektu cieplarnianego. Opowiada, że naukowcy przewidują, iż wzrost zawartości CO<sub>2</sub> z 0,03% do 0,06% może spowodować wzrost średniej temperatury Ziemi o 2,3°C. Pyta uczniów, czy potrafia przewidzieć konsekwencje wzrostu temperatury (burza mózgów). Nauczyciel kieruje wypowiedziami uczniów. Najtrafniejsze przewidywania zapisuje na tablicy.</li> <li>■ Nauczyciel pyta uczniów, co należy zrobić, aby emisja dwutlenku węgla do atmosfery była mniejsza. Dzieli klasę na 5-osobowe grupy i prosi, aby każda z grup zaproponowała co najmniej 5 działań, jakie można podjąć, aby chronić środowisko przed zgubnymi skutkami globalnego ocieplenia.</li> </ul>	<p>Uczniowie oglądają animację.</p> <p>Odpowiadają na zadane pytania. Wyjaśniają, na czym polega efekt cieplarniany. Wymieniają gazy cieplarniane (dwutlenek węgla, ozon, metan, para wodna). Słuchają nauczyciela.</p> <p>Zapisują w zeszytcie.</p> <p>Wybrani uczniowie pomagają nauczycielowi, a dyżurny rozdaje karty pracy.</p> <p>Wybrani uczniowie wykonują doświadczenie, pozostali obserwują. Uczeń pomaga nauczycielowi.</p> <p>Wybrani uczniowie obserwują i notują wyniki doświadczenia na tablicy.</p> <p>Uczniowie zgłaszają swoje propozycje, m.in.: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ zwiększająca się liczba ludności na Ziemi;</li> <li>■ zmniejszanie powierzchni lasów;</li> <li>■ rozwój przemysłu;</li> <li>■ rozwój motoryzacji, duże wykorzystanie surowców energetycznych (węgla kamiennego i brunatnego, ropy naftowej, gazu ziemnego).</li> </ul> </p> <p>Uczniowie słuchają.</p> <p>Uczniowie zapisują w zeszytach. Uczniowie słuchają i wyciągają wnioski, a następnie zapisują je w karcie pracy.</p> <p>Uczniowie zgłaszają propozycje: (przykładowo): <ul style="list-style-type: none"> <li>■ częściowe stopnienie lodowców;</li> <li>■ podniesienie poziomu mórz i oceanów;</li> <li>■ zalanie dużych obszarów lądowych;</li> <li>■ wyginiecie wielu gatunków roślin i zwierząt;</li> <li>■ zaburzenie równowagi w środowisku Ziemi;</li> <li>■ nasilenie się gwałtownych zjawisk pogodowych oraz anomalii klimatycznych, np. trąby powietrzne, ulewne deszcze, gwałtowne burze, powódzie, pożary;</li> <li>■ powiększanie się obszarów pustyń, np. w Afryce.</li> </ul> </p> <p>Uczniowie pracują w grupach, a następnie podają wypracowane propozycje działań.</p>

Czynności nauczyciela	Czynności uczniów
<b>Faza podsumowująca</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Prosi o zapisanie zadania domowego. <b>Dla wszystkich:</b> Zaplanuj działania mające na celu ograniczenie emisji gazów cieplarnianych do atmosfery, podkreśl te z wymienionych przez siebie działań, które możesz zastosować w swoim domu. <b>Dla chętnych:</b> Narysuj plakat przedstawiający efekt cieplarniany.</li> <li>■ W celu powtórzenia wiedzy przekazanej na zajęciach nauczyciel zadaje pytania dotyczące lekcji, a następnie rozdaje loteryjkę (zał. 8). Pierwsze osoby można nagrodzić oceną lub pluskami.</li> <li>■ Dziękuje za udział w lekcji, ocenia aktywność uczniów.</li> <li>■ Żegna się z uczniami.</li> </ul>	<p>Uczniowie zapisują zadanie domowe.</p> <p>Odpowiadają na postawione pytania. Układają loteryjkę.</p> <p>Żegnają się z nauczycielem.</p>

### Załącznik 1. Procentowy skład atmosfery ziemskiej

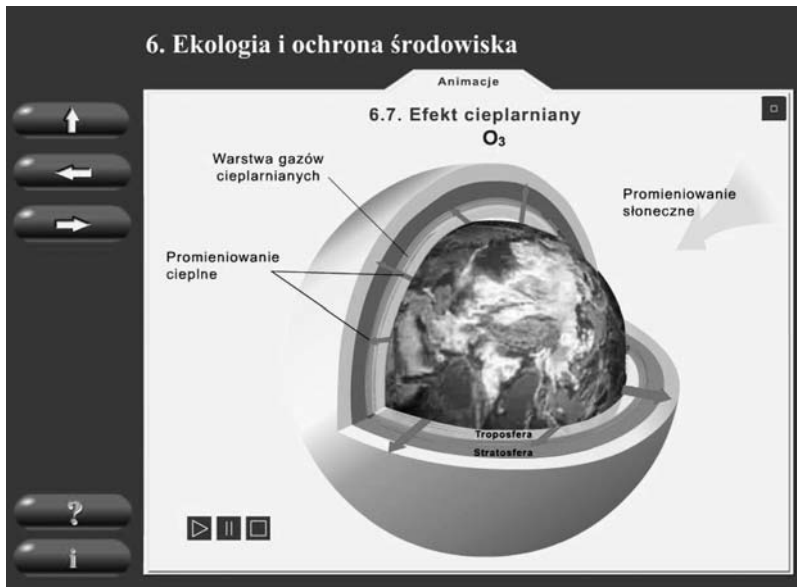


### Załącznik 2. Pogadanka nawiązująca do tematu lekcji

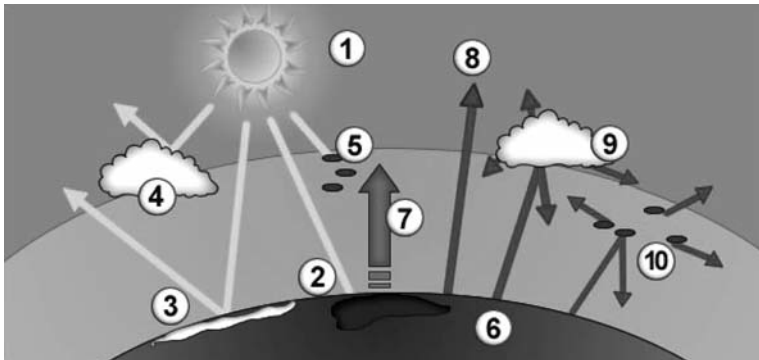
Nauczyciel mówi, że życie na Ziemi zależy od składu atmosfery. Atmosfera przepuszcza promieniowanie słoneczne, które docierając do Ziemi, ogrzewa ją, a jednocześnie pochłania część ciepła (promieniowanie podczerwone) wypromieniowanego przez lądy i oceany, nie pozwalając mu ulecieć w Kosmos. Gdyby nie było gazowej powłoki otaczającej Ziemię, całe ciepło uciekłoby w przestrzeń kosmiczną. Główną rolę w zatrzymywaniu ciepła odgrywają tzw. gazy cieplarniane, które działają jak szyba w szklarni. Dzięki temu Ziemia, w przeciwieństwie do innych planet pozbawionych atmosfery, pozostaje ciepła. Te gazy cieplarniane otulają Ziemię niczym koc i stanowią jej płaszcz ochronny strzegący przed chłodem. Ten naturalny mechanizm nagrzewania się Ziemi umożliwił rozwój życia. Powłoka gazów atmosferycznych zapewnia temperaturę wyższą o ok. 33°C niż panowałaby na Ziemi, gdyby gazów cieplarnianych w atmosferze nie było. Gdyby mechanizm ten nie działał, na świecie panowałby wieczny mróz, ok. -20°C i życie nigdy by się nie rozwinęło.



## Załącznik 3. Przykładowa plansza z animacji



## Załącznik 4. Schemat powstawania efektu cieplarnianego



Wyjaśnienia cyfr

1. Promieniowanie słoneczne.
2. Promienie słoneczne padające na powierzchnię Ziemi.
3. Częściowe odbicie promieni słonecznych od powierzchni Ziemi.
4. Odbicie promieniowania przez chmury.
5. Pochłanianie promieniowania przez niektóre gazy zawarte w atmosferze.
6. Emisja promieniowania ciepłego (podczerwonego) Ziemi.
7. Parowanie wody.
8. Emisja części promieniowania podczerwonego bezpośrednio w Kosmos.
9. Odbicie promieniowania i skierowanie w kierunku Ziemi.
10. Zatrzymanie promieniowania ciepłego przez gazy cieplarniane.

### Załącznik 5. Notatka ucznia

1. Efekt cieplarniany to proces zachodzący w atmosferze, powodujący ogrzewanie planety.
2. Gazy cieplarniane:
  - dwutlenek węgla;
  - ozon;
  - freony;
  - metan;
  - podtlenek azotu;
  - halony;
  - para wodna.
3. Doświadczenie – efekt cieplarniany (karta pracy).
4. Przyczyny wzrostu ilości dwutlenku węgla w powietrzu:
  - zwiększająca się liczba ludności na Ziemi;
  - zmniejszanie powierzchni lasów;
  - rozwój przemysłu;
  - rozwój motoryzacji;
  - duże wykorzystanie surowców energetycznych (węgla kamiennego i brunatnego, ropy naftowej, gazu ziemnego).
5. Skutki efektu cieplarnianego:
  - częściowe stopnienie lodowców;
  - podniesienie poziomu mórz i oceanów;
  - zalanie dużych obszarów lądowych;
  - nasilenie się gwałtownych zjawisk pogodowych oraz anomalii klimatycznych, np. trąby powietrzne, ulewne deszcze, gwałtowne burze, powodzie, pożary;
  - migracje zwierząt i wymieranie wielu gatunków;
  - powiększanie się obszarów pustyń, np. w Afryce.

### Załącznik 6. Karta pracy dla ucznia

#### Doświadczenie 1. Otrzymywanie dwutlenku węgla

Do butelki wsyp 3 łyżeczki sody oczyszczonej i wlej do niej 1/2 szklanki octu. Szybkim ruchem nałóż na kolbę balon (przytrzymuj go na szyjce kolby, aby gromadzący się w nim gaz nie uciekł). Delikatnie skręć balon, aby znajdujący się tam gaz pozostał, gdy będziesz balon zdejmował z kolby.

#### Doświadczenie 2. Efekt cieplarniany

**Potrzebne materiały:** 2 kolby płaskodenne lub inne naczynia, 2 gumowe korki z otworami, 2 termometry, lampa biurowa bez klosza z żarówką min. 100 W, balon wypełniony dwutlenkiem węgla (otrzymany z doświadczenia 1), pisak, 2 krążki czarnego papieru.

**Przebieg doświadczenia:**

a) Do każdej kolby włóż krążek czarnego papieru.

- b) Jedną z kolb napełnij dwutlenkiem węgla, który jest w balonie. W tym celu wylot balonu włóż do kolby i wypuść zgromadzony tam gaz. Drugą kolbę napełnij powietrzem.
- c) Kolby zamknij korkami zaopatrzonymi w termometry.
- d) Podpisz odpowiednio kolby.
- e) Zbuduj zestaw, jak ten pokazany na rysunku obok. Pomiędzy dwie kolby zaopatrzone w korki z termometrami ustaw lampkę biurową, tak aby jednakowo oświetlała wnętrze kolbek. Żarówka powinna dotykać obu kolb.
- f) Włącz lampkę i zanotuj (na tablicy) temperaturę początkową w obu kolbach.
- g) Prowadź obserwację przez 20 minut, notując temperaturę w odstępach 5-minutowych.

**Wyniki:**

Czas (min)	Temperatura w 1 kolbie (°C) Powietrze	Temperatura w 2 kolbie (°C) Dwutlenek węgla
5		
10		
15		
20		

**Wniosek:** \_\_\_\_\_

**Komentarz dla nauczyciela**

Proponowany zapis wyników i wniosków.

**S p o s t r z e ż e n i a:** Przed włączeniem żarówki temperatura w obu kolbach wynosiła ok. 20°C. Podczas ogrzewania zawartości obu kolb temperatura w kolbie z dwutlenkiem węgla wzrosła do ok. 41°C, a w kolbie z powietrzem – do ok. 31°C. Po wyłączeniu żarówki wolniej stygła kolba wypełniona tlenkiem węgla (IV).

**W y n i k i:** Gaz w kolbie wypełnionej tlenkiem węgla (IV) bardziej się nagrzewał.

**W n i o s e k:** Tlenek węgla (IV) nagrzewa się szybciej niż powietrze.

**Załącznik 7. Źródła gazów cieplarnianych**

Przyczyna	Rodzaj gazu	Przyczyna	Rodzaj gazu
Wycinanie lasów, Wielkie pożary Spalanie paliw	CO <sub>2</sub> , para wodna	Działalność powodująca wzrost stężenia tlenków azotu i węglowodorów	Ozon w przyziemnych warstwach atmosfery
Chłodnictwo Pożarnictwo Pianki i aerozole	Freony i halony	Procesy gnilne, uszkodzenia gazociągów, górnictwo, gospodarstwa domowe, wzrost hodowli bydła, ryżowiska, bagna, tereny podmokłe, wysypiska śmieci	Metan i inne węglowodory, CO <sub>2</sub> , tlenki azotu
Motoryzacja Elektrociepłownie Nawozy azotowe	CO <sub>2</sub> , tlenki azotu		

## Załącznik 8. Loteryjka

Większa ilość dwutlenku węgla w atmosferze	Podwyższenie temperatury Ziemi	Topnienie lodowców
Podniesienie poziomu mórz i oceanów	Zalanie niektórych obszarów lądowych	

Większa ilość dwutlenku węgla w atmosferze	Podwyższenie temperatury wody	Zwiększone parowanie wody
Intensywne opady	Powódzie	

Większa ilość dwutlenku węgla w atmosferze	Podwyższenie temperatury Ziemi	Susza
Pożary	Pustynnienie gleby	Wymieranie gatunków

W wyniku wzrostu temperatury znikają przejściowe pory roku: wiosna i jesień	Szybko topnieją śniegi i spływają do rzek i mórz zamiast nawilżać glebę	Obniżający się poziom wód gruntowych
Wysychają studnie i uprawy na polach	Zmniejszone zbiory	Wzrost cen żywności

Większa ilość dwutlenku węgla w atmosferze	Podwyższenie temperatury Ziemi	Wysychanie rzek i jezior
Wzrost terenów suchych	Niedostatek żywności	Głód

**DAWID BASAK**

Nauczanie fizyki, Wydział FAiS UMK w Toruniu,  
Zespół Szkół w Górsku

**MARLENA ZIELIŃSKA**

Pracownia Dydaktyki Wydziału BiNoZ UMK w Toruniu,  
Społeczna Szkoła Podstawowa i Gimnazjum im. J. Słowackiego  
w Toruniu

# Jak lepiej motywować do uczenia się biologii?

Niektórym się wydaje, że biologia jest z natury rzeczy tak interesująca, fascynująca i piękna, że wszyscy powinni się jej uczyć z przyjemnością. Dlaczego jednak nie wszyscy osiągają piątki? Oczywiście nie wszyscy będą lub mogą być biologami, ale określona wiedza i umiejętności o samym sobie, o biologii człowieka, są potrzebne każdemu. Jak więc ciekawie i skutecznie motywować uczniów do uczenia się biologii? Oto kilka pytań i odpowiedzi.

■ JULIAN PIOTR SAWIŃSKI

## Dlaczego warto ukazać praktyczny sens uczenia się biologii?

W myśleniu o podniesieniu jakości edukacji i nowoczesności szkoły nie może zabraknąć uczenia się biologii, a w szczególności biologii człowieka i podstawowych problemów edukacji środowiskowej (ekologicznej). Nie tylko jako przeciwwagi dla ustawicznego korzystania z nowoczesnych technologii, internetu i rozszerzającej się technizacji codziennego życia, ale przede wszystkim dlatego, że edukacja biologiczna bezpośrednio służy człowiekowi – jego zdrowiu, **funkcjonowaniu i rozumieniu siebie samego** oraz innych ludzi.

Z wielu powodów nie można pomniejszać znaczenia wiedzy z biologii i z nią związanych biologicznych umiejętności. One są przecież użyteczne w codziennym życiu oraz mają kluczowy charakter w wykształceniu człowieka. Oczywiście dobrze to rozumieją nauczyciele biologii, ale uczniom o tym trzeba mówić i przypominać. Trzeba też o tym mówić i pisać do oświatowych decydentów, domagać się rozumienia ogromnej wychowawczej roli biologii.

Lepiej motywować uczniów do uczenia się biologii to ukazać sens i praktyczne znaczenie wiedzy o zjawiskach życia oraz bio-

logicznych umiejętności i kompetencji człowieka w życiu każdego z nas.

Od ponad 10 lat nauczyciele biologii ubolewają, że tak znacznie ograniczono programowo i godzinowo uczenie się biologii, szczególnie w gimnazjum. Faktycznie, cztery godziny w cyklu kształcenia to stanowczo zbyt mało czasu na poznanie podstaw biologii, w tym wiedzy o samym sobie – człowieku, i ćwiczenie niezbędnych, potrzebnych w życiu, ważnych biologicznych kompetencji. Przecież nabywanie umiejętności wymaga organizowania różnych ćwiczeń, które domagają się czasu. W tym celu aż się prosi organizować dwie lekcje biologii z rządu, co i tak daje tylko 90 minut zajęć ćwiczeniowych.

➤ **Wniosek:** Motywujące jest ukazywanie praktycznego sensu uczenia się biologii. Dlatego warto i trzeba uczniom ukazywać sens i ogromną rolę biologicznej wiedzy i umiejętności z nią związanych w codziennym życiu!

## Dlaczego warto akcentować treści z biologii człowieka?

Motywowanie jest zasadniczym problemem psychologii uczenia się i dydaktyki ogólnej, ale także nie jest od niego wolna

dydaktyka biologii i nauczanie przedmiotu. Motywacja jest istotnym składnikiem osobowości każdego człowieka. Jej wspieranie i rozwijanie jest zadaniem każdego nauczyciela biologii i przyrody. W myśleniu o lepszym motywowaniu uczniów do uczenia się biologii warto stosunkowo często podkreślać potrzebę rozumienia siebie samego i pozyskiwania wiedzy o samym człowieku.

Treści antropologiczne i humanistyczne są najważniejsze w całokształcie działań zmierzających do budowania humanistycznej edukacji i szkoły. Bo przecież ważne jest, aby w dobie internetowej i medialnej rzeczywistości zbudować lepszą edukację, ponieważ: *Edukacja nowoczesna jest humanistyczna* (Sawiński 2010). A to domaga się przecież głębszej refleksji przede wszystkim decydentów i nauczycieli oraz poszukania odpowiedzi na kluczowe pytanie: *Co w obecnej edukacji jest najważniejsze?* (Sawiński 2009).

Z wielu powodów warto dyskutować z uczniami, nie tylko o różnych treściach merytorycznych o człowieku, ale i strategiach, metodach oraz technikach kształcenia i doskonalenia biologicznych kompetencji kluczowych ucznia w gimnazjum i liceum ogólnokształcącym. Biologia jest przecież jak chemia i fizyka, przedmiotem wybitnie ćwiczeniowym (laboratoryjno-terenowym) i z oczywistych względów nie uda się osiągnąć wskazanych w nowej podstawie programowej biologii umiejętności, pracując godzinę tygodniowo, czyli de facto wykładowo. To jest niedopuszczalne w nowoczesnej szkole.

Warto tu może przypomnieć, że już 10 lat temu, na kolejnym seminarium dydaktyków biologii szkół wyższych w Kielcach, wskazano na różne potrzeby i problemy modernizacji nauczania biologii w szkole ogólnokształcącej oraz w kształceniu nauczycieli. Akcentowano m.in. konieczność praktycznego uczenia treści biologicznych i ukazywania ich użytecznej roli. Można sobie te problemy i propozycje przypomnieć, czytając książkę prof. Danuty Cichy (2001) pt. *Nauczyciel 2000 – plus. Modernizacja*

*kształcenia nauczycieli przyrody, biologii i ochrony środowiska*. Warto sobie przypomnieć i przeczytać.

➤ **Wniosek:** Motywujące jest ukazywanie praktycznego znaczenia uczenia się o samym sobie – człowieku. Wiele przecież biologicznych problemów ściśle łączy się z ludzkim życiem. Dlatego warto i trzeba uczniów zachęcać do samodzielnego zdobywania biologicznej wiedzy i umiejętności o samym sobie!

### Dlaczego trzeba głośno mówić o potrzebie uczenia biologii?

Z przeglądu i analizy dorobku dydaktyki biologii – jako nauki wypełniającej pogranicze między biologią i dydaktyką ogólną – wynika, że od prawie 40 lat w Polsce zajmuje się ona nie tylko samym nauczaniem biologii, ale również czynnościami, które do niego nawiązują, które je wspierają i uzupełniają (praca pozalekcyjna, a także problem samokształcenia w zakresie biologii). To już na I seminarium dydaktyki biologii w Krakowie, zorganizowanym w październiku 1970 roku przez Zakład Dydaktyki Biologii oraz Międzywydziałowy Zakład Badań i Studiów nad Dydaktycznymi Problemami Pracy WSP, wskazano, że jeżeli definiuje się dydaktykę biologii i uwzględnia różne problemy z nią związane oraz jeżeli pojmie się wychowanie w szerokim tego słowa znaczeniu, obejmującym również kształcenie – to śmiało można ją zdefiniować jako „naukę o wychowaniu przez biologię” (Sula 1973).

Powyższa definicja funkcjonuje po dziś dzień w niektórych środowiskach. Wiadomo przecież, że uczenie się biologii ma wiele ważnych treści wychowawczych, wśród których na pierwsze miejsce wysuwa się rozwój poznawczych zainteresowań biologicznych oraz właśnie motywacja do uczenia się biologii. Właściwe motywowanie uczniów do uczenia się treści biologicznych od dawna jest uważane za kluczowe zagadnienie wychowawcze nauczania biologii. Wydaje się, że jest ono konieczne i skuteczne, i dlatego warto ciekawie oraz w różny sposób zachęcać do uczenia się.

Problemy motywowania uczniów na zajęciach biologii były już przedmiotem analiz i dociekań dydaktyków biologii. Prawie 30 lat temu dr Maria Kasperczyk (1982) prowadziła badania nad wpływem kilku sposobów motywowania uczniów liceum ogólnokształcącego do uczenia się biologii na jego efekty. Przedstawiła je w publikacji pt. *Motywacja uczenia się a efekty nauczania biologii*. Warto poznać te wyniki.

➤ **Wniosek:** Uczenie się biologii ma wiele motywujących elementów, które warto akcentować. Przecież szereg biologicznych treści: mózg, zmysły, hormony itp., ściśle się łączy z ludzką motywacją, czyli tym swoistym, wewnętrznym napięciem (chęcią) kierującym działaniem.

### Jak motywować przeciętnych uczniów do uczenia się?

Nauczyciele w różny sposób zachęcają uczniów do uczenia się. Często zapominają, że **pierwszym motywatorem jest dla uczniów sam nauczyciel**, jego prezencja, styl pracy, wiedza, sposób mówienia, umiejętności i kompetencje oraz widoczne cechy osobowości, w tym konsekwencja wymagań wobec uczniów i samego siebie. One powinny być na wysokim poziomie. Warto zdawać sobie sprawę, jak można motywować konsekwencją swych wymagań.

Na początku mojej nauczycielskiej kariery wydawało mi się, że przecież biologia jest z natury rzeczy tak interesująca, fascynująca i piękna, że wszyscy uczniowie powinni się jej uczyć z przyjemnością oraz osiągać czwórki i piątki. Szybko zrozumiałem, że tak przecież nie jest i nie będzie. Nie wszyscy przecież będą lub mogą być biologami. Jak więc ciekawie i skutecznie motywować uczniów, szczególnie tych przeciętnych, słabo zmotywowanych i często opornych na naukę, do uczenia się biologii?

- 1) Jak skutecznie motywować uczniów przeciętnych do uczenia się biologii?
- 2) Jak odnaleźć sposób na dotarcie do sekretów wewnętrznej motywacji ucznia?
- 3) Jak motywować: traktować uczniów równo czy indywidualnie? Oto niektóre

z istotnych pytań stawianych przez nauczycieli – oczywiście nie tylko nauczycieli biologii – na które warto znaleźć dobre odpowiedzi.

Skuteczne motywowanie do uczenia się jest problemem wszystkich nauczycieli, nie tylko edukacji biologicznej. Myśląc o takim motywowaniu uczniów do uczenia się czy też nauczycieli do lepszej pracy, warto rozważyć tezę, że zbyt słabo albo w ogóle nie motywują do wysiłku:

- kary: upomnienia, negatywne uwagi, ostre reprimendy, nakazy i zakazy,
- nagrody: zbyt częste i rozrzutne pochwały, za byle co rozdawane nagrody itp.,
- zawyżone oceny szkolne: lekką ręką rozdawane plusy i pozytywne oceny uczniom,
- niekonsekwentnie stawiane wymagania uczniom i zbyt pobłażliwe traktowanie zaniedbań lub zwykłego lenistwa,
- zróżnicowane dodatki motywacyjne w przypadku nauczycieli.

Motywiają do wysiłku, pracy czy uczenia się przede wszystkim sprzyjające **warunki do osiągnięcia osobistych celów** i zadań oraz równe, „ludzkie” traktowanie podmiotów edukacji. Do uczenia się zachęcają też rozważnie rozdawane pochwały i nagrody, ale jedynie te, które otrzymujemy w poczuciu sprawiedliwości. Najważniejsze jednak jest osobiste poczucie, że się ludzi traktuje z szacunkiem i równo, sprawiedliwie, czyli według wkładu pracy i osiągnięć. Warto to przemyśleć.

➤ **Wniosek:** Motywujące jest zabieganie o życzliwą atmosferę podczas zajęć. Tak wiele przecież zależy od interpersonalnych relacji nauczyciela z uczniami oraz od tego, czy uczniowie lubią się uczyć biologii.

### Dlaczego równo, „po ludzku” traktować podmioty edukacji?

Sporo teraz mówi się o potrzebie budowania humanistycznej edukacji i podmiotowego traktowania każdego ucznia. Poznawanie biologii powinno sprzyjać realizacji tej idei. Choć wiadomo, że nie jest to zadanie łatwe, tym bardziej że nauczycielskie

(ludzkie) nawyki są zwykle trwałe, będąc przeciwieństwem naszą drugą naturą, co dobrze rozumieją właśnie nauczyciele biologii. Ważnym problemem jest więc rozważenie, gdzie leży sedno podmiotowej (humanistycznej) edukacji oraz jak on powinien być zauważony w dydaktyce biologii.

Dziś wiele pojęć poprzedza się przymiotnikiem *humanistyczny*, np. jest humanistyczna sztuka, medycyna, praca, humanistyczne zarządzanie. Może jest to po prostu dziś moda albo jakaś paranoja? Podobnie jak niedawno prawie wszystko było „ekologiczne”. Jeśli dziś przyjmuje się, że naczelnym zadaniem szkoły jest organizowanie uczenia się, to ważne dla niej jest:

- 1) **akcentowanie spraw uczącego się – ucznia, podmiotu, człowieka („codzienny humanizm”),**
- 2) **życzliwe i przyjazne organizowanie uczenia się w dobrych („ludzkich”) warunkach.**

Interesujące jest, jak nauczyciele w praktyce dostrzegają sedno humanistycznej edukacji. Czym jest humanizm w szkolnej praktyce i tak w ogóle – jak wygląda on dziś? Jakie myślowe nurty i formy przyjmuje on dziś w krajach Zachodu? Jak organizować humanistyczne uczenie się w szkole? Na ile treści tej filozofii korespondują z ideą E. Faure’a (1975), proponowaną 35 lat temu europejskiej edukacji, zawartej w pracy *Uczyć się, aby być?* Warto to przypomnieć!

Różne przecież oblicze mają teraz humanizm i humanistyka w praktyce szkolnej. Wielu ludzi stawia sobie pytanie, czym jest humanizm w dobie wojen, licznych zagrożeń i terroryzmu. Pojęcie wydaje się tak powszechnie znane, że może nie warto nawet przypominać? **Humanizm** to przede wszystkim nurt, kierunek filozoficzny znany już od starożytności oraz ogólny sposób myślenia ludzi i pojmowania świata. Właściwie można powiedzieć, że jest pierwszym, najstarszym systemem myślenia ludzkiego, bo choć za pierwszy nurt filozofii uznaje się kosmologię (Grecja VI–V w. p.n.e.), to genezy humanizmu, czyli oświecenia, upatruje się w koncepcjach myślowych V w. p.n.e.

W tym czasie np. Protagoras i sofisci (Ateńscy) głosili, że prawdę poznajemy tylko za pomocą zmysłów (to jest sensualizm, który dziś także przeżywa swój kolejny renesans). Głosili też prawdę, że nie ma prawdy powszechnej, uniwersalnej, bo jest ona dla każdego inna (to jest relatywizm, który także dziś ma się bardzo dobrze).

➤ **Wniosek:** Motywujące jest ukazywanie wielkości człowieka i jego osiągnięć, rzeczywistych autorytetów i złotych medalistów w sporcie oraz piękna idei humanizmu, ale przede wszystkim równe, konsekwentne, „ludzkie” traktowanie każdego ucznia w szkole.

### Gdzie i jak poszukiwać źródła własnej motywacji?

Inspiracją do postawienia wyżej wymienionego problemu stały się treści kilku interesujących artykułów, m.in. prof. Andrzeja Bliklego (2008) pt. *Świat bez kar i nagród* i Beaty Domereckiej (2010) pt. *A jednak wszystkim po równo* oraz Klemensa Stróżyńskiego (2008) pt. *Pochwała pochwały*, które zawierają dość śmiałe i kontrowersyjne przesłanie mówiące, że:

- kary i nagrody nie motywują do uczenia się, wysiłku i pracy nad sobą,
- zróżnicowane dodatki motywacyjne wywołują więcej negatywnych emocji (strat) niż pozytywnych motywów,
- równe traktowanie nauczycieli motywuje do lepszej pracy i zabiegania o jakość edukacji,
- pochwały motywują wówczas, gdy są starannie rozdawane i bez przesady.

Być może nasze źródło motywacji leży w kreatywności, bo jeśli człowiek pozytywnie nastawi się na tworzenie (budowanie, koncipowanie, pisanie...), to znajdzie chęci do budowania, którego przecież nie ma bez wiedzy i umiejętności. A one wymagają uczenia się, tak jak uczenie się wymaga chęci. Do poszukania i poprawiania własnej kreatywności w całkiem ciekawy sposób namawia np. A. Bubrowiecki (2008) w publikacji pt. *Popraw swoją kreatywność*. Warto spróbować!



Z pewnością warto uczniów skierować na poszukiwanie motywacji we własnym mózgu, odpowiedzieć im, jak można rozbudzić i wzmocnić własną wewnętrzną motywację do poznawania biologii. Pewnie wielu nauczycieli zastanawia się i poszukuje sedna ludzkiej motywacji, przyczyn braku lub niskiej motywacji do szkolnego uczenia się oraz skutecznych sposobów motywowania uczniów do nauki. Problem zajmuje moją uwagę już od kilku lat. Gromadzę różne artykuły i materiały o motywowaniu ludzi do działania, a w szczególności uczniów do uczenia się i pracy nad sobą (Sawiński 2006). Ten drugi element wydaje się nawet bardziej istotny, bo jeśli ktoś sam chce i potrafi radzić sobie sam ze sobą, to przecież sens uczenia się łatwo można dostrzec.

Wzmocnienia własnej motywacji można szukać w celach stawianych uczniom. W tym zakresie ważne jest stawianie osobistych celów operacyjnych. Można o nich przeczytać w artykule *Motywować do uczenia się – stawiać osobiste cele!* – upowszechnionym w periodyku CKE „Egzaminy Naszych Uczniów” (Sawiński 2008, [www.cke-efs.pl/](http://www.cke-efs.pl/)).

Z pewnością warto głębiej się zastanowić nad tym, co i na ile motywuje daną osobę do pracy, wysiłku, uczenia się czy samodzielnego doskonalenia się. Jeśli nie kary i nagrody mają charakter motywujący do wysiłku, kreatywności czy też do codziennej pracy, to co tak naprawdę motywuje różnych uczniów do wysiłku? A może warto z uczniem porozmawiać o jego motywacji, przyczynach braku chęci do nauki i nauczyć go stawiania sobie samemu takich pytań, jak:

- Czy kary i nagrody, czy też pochwały zachęcają mnie do nauki?
- Jak wyobrażam sobie edukację biologiczną (szkołę) bez systemu kar i nagród?
- Co mnie tak naprawdę zachęca do skupienia się, wysiłku i uczenia się biologii?

Ciekawych odpowiedzi na te pytania poszukiwałem nie tylko w literaturze, ale także u innych nauczycieli. Respondenci na pierwsze pytanie odpowiadają bez dłu-

ższego namysłu, że nie, a na drugie pytanie, też dość szybko, że tak. Dlaczego nie lubimy kar, a lubimy dostawać nagrody?

➤ **Wniosek:** Motywująca jest „zabawa” w kreatywność. Warto więc poznać sposoby poprawiania, rozwijania tej istotnej ludzkiej cechy u uczniów, w szczególności u tych słabo zmotywowanych, mniej ambitnych i opornych wobec uczenia się biologii.

### Dlaczego warto spróbować uczyć biologii bez kar i nagród?

Myśląc o ciekawym i trafnym motywowaniu uczniów do uczenia się biologicznych treści nauczania oraz do uczenia się w ogóle, czy też nauczycieli do lepszej, innowacyjnej i kreatywnej pracy, z inspiracji przywołanego artykułu prof. A. Bliklego (2008) zaproponowano niedawno autorski pomysł o motywowaniu uczniów do uczenia się i pracy nad sobą w opracowaniu mówiącym, że możliwe jest nauczanie biologii bez stosowania kar i nagród. Materiał ukaże się wkrótce drukiem. Zawiera dość śmiało, ale i kontrowersyjne przesłanie wskazujące, że **kary i nagrody nie motywują do uczenia się**, wysiłku i pracy nad sobą. Warto przecież rozważyć sens i motywacyjne znaczenie karania oraz nagradzania!

Problem nagradzania i karania ludzi jest wielowątkowy i jednak pozostaje otwarty, bo w przypadku niewłaściwego zachowania się młodych lub po dokonaniu przez nich przestępstwa, trzeba rozważyć trudność, kogo należy karać: przestępcę czy jego rodziców lub opiekunów? A w przypadku wyróżniającego się zachowania lub owocnej pracy nauczyciela, albo też jego niewłaściwego zachowania się lub widocznych błędów – kogo nagrodzić lub ukarać: nauczyciela czy jego szefa?

➤ **Wniosek:** Znaczenie faktycznie motywujące ma motywacja wewnętrzna, którą warto w sobie znaleźć. Trzeba w tym zakresie prze-myśleć rolę kar i nagród w zachęcaniu do uczenia się przedmiotu oraz podjąć próbę rezygnacji z tego systemu w nauczaniu biologii.

## Dlaczego stosować różnorodne sposoby motywowania?

Odpowiedź na to pytanie jest oczywista, warto w praktyce stosować różnorodne sposoby motywowania do uczenia się: słowne, praktyczne, przykładowe, techniczne czy też ćwiczenia z kinizjologii edukacyjnej i inne, bo w różnorodności jest siła. Zasada dobrze znana biologom i dydaktykom, którzy słusznie uważają, że podstawową zasadą nauczania jest reguła różnorodności stosowanych strategii i metod uczenia się. Sporo elementów motywujących można znaleźć w dydaktykach biologii, np. w książce prof. Wiesława Stawińskiego (2005) pt. *Dydaktyka biologii i ochrony środowiska*.

Kilkanaście interesujących sposobów motywowania uczniów do uczenia się, które mogą być przydatne różnym nauczycielom, zaproponowano na firmowej stronie internetowej CEN w Koszalinie ([www.cen.edu.pl](http://www.cen.edu.pl)). Warto skorzystać i wypróbować je w szkolnej praktyce. **Oto te sposoby motywowania** – przedstawione w dosłownym brzmieniu tytułów artykułów:

1. *Jak motywować do uczenia się? – Wskazać „receptę” na sukces!*
2. *Jak motywować do uczenia się? – Rozumieć reguły wywierania wpływu na ludzi!*
3. *Jak motywować do uczenia się? – Korzystać z kinizjologii edukacyjnej!*
4. *Jak motywować do uczenia się? – Być dobrym doradcą młodzieży!*
5. *Jak motywować do uczenia się? – Wymagać wytrwałości i autorefleksji!*
6. *Jak motywować do uczenia się? – Poznać przyczyny własnych zachowań!*
7. *Jak motywować do uczenia się? – Budować „szklane” szkoły!*
8. *Jak motywować do uczenia się? – Uczyć przy interaktywnej tablicy!*

9. *Jak motywować do uczenia się? – Pokazać wielkich i odważnych ludzi!*
10. *Jak motywować do pracy nad sobą? – Polubić i ćwiczyć sztuki walki!*
11. *Jak motywować do uczenia się? – Budować osobisty system wartości!*
12. *Jak motywować do uczenia się? – Każdego ucznia traktować jak zdolne dziecko!*
13. *Jak motywować do uczenia się? – Organizować uczniowskie eksperymenty!*

Warto przeczytać i wybrany sposób wypróbować w praktyce! Życzę powodzenia.

dr JULIAN PIOTR SAWIŃSKI

nauczyciel konsultant CEN

## PIŚMIENNICTWO

- Bubrowiecki A., *Popraw swoją kreatywność*, Wydawnictwo Muza, Warszawa 2008.
- Blikle A., *Świat bez kar i nagród*, Awangarda w Edukacji 4, 2008, s. 10–12.
- Cichy D. (red.), *Nauczyciel 2000 – plus. Modernizacja kształcenia nauczycieli przyrody, biologii i ochrony środowiska*, Wydawnictwo IBE, Warszawa 2001.
- Domerecka B., *A jednak wszystkim po równo*, SEDNO – Magazyn Dyrektora Szkoły 5, 2010, s. 32.
- Faure E., *Uczyć się, aby być*, PWN, Warszawa 1975.
- Kasperczyk M., *Motywacja uczenia się a efekty nauczania biologii*, Wydawnictwo WSP, Częstochowa 1982.
- Sawiński J. P., *Jak motywować do uczenia się i pracy nad sobą? Słowniczek dla nauczycieli*, CODN Warszawa 2006, [www.trendy.codn.edu.pl](http://www.trendy.codn.edu.pl).
- Sawiński J. P., *Motywować do uczenia się – stawiać osobiste cele!*, Egzaminy Naszych Uczniów 1, 2008, s. 26–28, [www.cke-efs.pl](http://www.cke-efs.pl).
- Stawiński W. (red.), *Dydaktyka biologii i ochrony środowiska*, PWN, Warszawa 2005.
- Stróżyński K., *Pochwała pochwały*, Dyrektor Szkoły 7, 2008.
- Sula J., *Dydaktyka biologii jako nauka* [w:] Jarowiecki J., Stawiński W. (red.), *Problemy dydaktyki biologii w świetle I Ogólnopolskiego Seminarium z Dydaktyki Biologii*, Kraków: Prace z dydaktyki szkoły wyższej, 1973, 10, s. 29–38.
- [www.cen.edu.pl](http://www.cen.edu.pl) – zakładka „Informacja pedagogiczna” i dalej „Motywowanie”.

# Komputer pomaga biologom i nie tylko

Chciałbym Państwu przedstawić program, który co prawda nie jest pomyślany jako pomoc naukowa dla szkół, ale w moim odczuciu może mieć szczególne znaczenie w szkole, np. gdy uczniowie przygotowują prace na olimpiadę biologiczną. Żal mi tylko, że program ten może służyć jedynie uczniom, którzy mieszkają nad morzem i niestety od badacza wymaga on pewnego zaplecza laboratoryjnego. Gorąco namawiam do zapoznania się z elektronicznym kluczem sinicowym. Naprawdę warto!

<red>

■ MARCIN PLIŃSKI, JAROSŁAW SAMSEL, GRZEGORZ STRZELCZYK

## Wprowadzenie

Rozwój współczesnych badań w naukach przyrodniczych jest związany często z koniecznością skutecznego przetwarzania dużych ilości danych cząstkowych pochodzących z równych obserwacji i pomiarów. W tej sytuacji komputer stał się nieodzownym narzędziem pracy biologów. Specjalistyczne oprogramowanie w znacznej mierze potrafi odciążyć użytkownika od konieczności ręcznego wyszukiwania określonych danych i ich zestawów w obszernych bazach.

Przykładem takiego oprogramowania jest m.in. aplikacja EKOSin stanowiąca wsparcie dla osób zajmujących się oznaczaniem sinic. W aktualnej wersji EKOSin jest komputerową implementacją klucza sinicowego, jaki zawiera podręcznik *Sinice – Cyanobakterie (Cyanoprokaryota)* (autorzy: Marcin Pliński, Jiří Komárek, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, 2007).

Przedstawiony w podręczniku materiał zawiera dane z list gatunkowych pochodzących z dostępnych opracowań fitoplanktonu Zatoki Gdańskiej, w tym Zatoki Puckiej jako części akwenu ograniczonej Półwyspem Helskim. Uwzględniono w nim rów-

nież gatunki notowane w zalewach: Wiślany i Szczecińskim oraz w wysłodzonych rejonach Bałtyku. Zamieszczono także gatunki poroślowe, w tym notowane w basenach portowych Bałtyku Południowego oraz gatunki, które mogą potencjalnie występować w wodach Zatoki Gdańskiej.

W aplikacji EKOSin wykorzystano zarówno przedstawiony w podręczniku klucz do oznaczania sinic, jak i materiały opisowe oraz ilustracje (ryciny, fotografie). Zastosowany algorytm jest deterministyczny, co oznacza, że wszystkie etapy procesu identyfikacji sinic są jednoznacznie określone i w pełni powtarzalne. Polega on na wyborze przez użytkownika konkretnej wartości (liczbowej lub opisowej) określonej cechy charakterystycznej dla danej jednostki taksonomicznej. Cechy te przedstawiane są użytkownikowi w pewnej kolejności (sekwencji) wynikającej ze struktury podręcznikowego klucza. Taka organizacja algorytmu zawsze prowadzi do rozwiązania, czyli wskazania danego gatunku (lub rodzaju) sinic z listy objętej kluczem.

Ostatecznym sprawdzeniem poprawności uzyskanego wyniku jest jednak porównanie opisu oznaczonego gatunku (lub ro-

dzaju) i związanych z nim materiałów ilustracyjnych z danymi jakościowymi i ilościowymi oraz obrazami badanego preparatu. Brak zgodności danych z klucza z danymi charakteryzującymi preparat może świadczyć zarówno o błędnym określeniu wartości którejś z wcześniej wyświetlonych cech identyfikacyjnych, jak i o próbie oznaczenia gatunku nieobjętego kluczem (gatunek jeszcze nieopisany lub spoza obszaru Zatoki Gdańskiej i wód przyległych).

Aplikacja EKOSin prowadzi zatem użytkownika niejako za rękę poprzez cały proces oznaczania. Wymaga jedynie wskazywania z wyświetlanych pozycji tych wartości, które, w ocenie użytkownika, najlepiej opisują daną cechę identyfikacyjną zgodnie z oceną właściwości obserwowanego preparatu, a także dodatkową wiedzę np. o środowisku pochodzenia próbki, sposobie i czasie jej pobrania.

### Zastosowane technologie, środowisko, zasoby

Aplikacja EKOSin została opracowana na platformę Windows (2000, XP, Vista, 7). Jako system oprogramowanie to jest autonomiczne, informacyjnie samowystarczalne – nie wymaga dostępu do internetu. Po instalacji wszystkie niezbędne zasoby znajdują się na komputerze użytkownika.

W realizacji EKOSin wykorzystano m.in. oryginalny produkt Asseco Poland S.A. – Technologię Szybkiego Dostępu do Danych TSDD, która umożliwia budowę dedykowanych struktur szybkiego wyszukiwania danych o ograniczonych wymaganiach zasobowych i wysokich wymaganiach wydajnościowych.

Wszystkie dane, z wyjątkiem plików z opisami tekstowymi i plików graficznych, są przechowywane w zasobach TSDD i podlegają selekcji w czasie interaktywnej obsługi użytkownika. Dla aplikacji EKOSin w wersji 1.02, która jest już użytkowana w Zakładzie Biologii i Ekologii Morza w Instytucie Oceanografii Uniwersytetu Gdańskiego, na jeden obiekt taksonomiczny przypada kilkadziesiąt rekordów TSDD.

W sumie dla potrzeb EKOSin w TSDD jest przechowywanych ok. 13 tys. rekordów.

Technologia TSDD powstała jako system wyszukiwania niewielkiej liczby rekordów w dużych, statycznych (lub rzadko zmiennych) zestawach danych liczonych w milionach pozycji. W przypadku EKOSin czasy odpowiedzi TSDD przy 13 tys. rekordów są praktycznie niezauważalne dla użytkownika zwykłego komputera klasy PC.

Oprogramowanie EKOSin charakteryzuje się ograniczonymi wymaganiami sprzętowymi i środowiskowymi. Z powodzeniem może być użytkowane na komputerach poprzednich generacji, np. z procesorami klasy Pentium 3 o zasobach gwarantujących efektywną pracę systemu operacyjnego XP. Z dodatkowego oprogramowania tworzącego środowisko aplikacja EKOSin wymaga jedynie oprogramowania Java Virtual Machine (JRE) (ver. 6 lub wyższa) oraz Adobe Reader (ver. 7 lub wyższa). W pakiecie instalacyjnym załączone są odpowiednie darmowe wersje tego oprogramowania do ewentualnej samodzielnej instalacji przez użytkownika.

### Instalacja oprogramowania EKOSin

Pakiet instalacyjny EKOSin obejmuje nośnik instalacyjny oraz instrukcję użytkownika w postaci papierowej (kolorowy wydruk). Instrukcja ta jest szczególnie przydatna podczas pierwszorazowej instalacji oprogramowania. Po jej zakończeniu dokumentacja jest dostępna w postaci elektronicznej (plik PDF).

W części ogólnej dokumentacja użytkownika zawiera opis środowiska informatycznego i technologii (wymagania na środowisko i wykaz zastosowanych technologii) oraz warunki licencyjne i wykaz praw autorskich i pokrewnych. Oprogramowanie EKOSin jest dystrybuowane na płytach (CD, DVD) lub pendrive'ach USB. Na tych nośnikach występuje zawsze jeden plik instalatora o nazwie: EKOSin\_1.02\_setup.exe. Po jego uruchomieniu na ekranie pojawiają się kolejno odpowiednie okna dialogowe, które prowadzą użytkownika przez cały proces instalacji. Opro-

gramowanie EKOSin jest w pełni gotowe do użytkowania po zakończeniu instalacji i stwierdzeniu kompletności środowiska.

### Interfejs użytkownika

Interfejs użytkownika został maksymalnie uproszczony, tak aby na każdym etapie

procesu oznaczania był widoczny dla użytkownika tylko jeden ekran z minimalną liczbą danych i przycisków funkcyjnych. Sam proces oznaczania wymaga jedynie wybierania poprawnych wartości wyświetlanych cech.

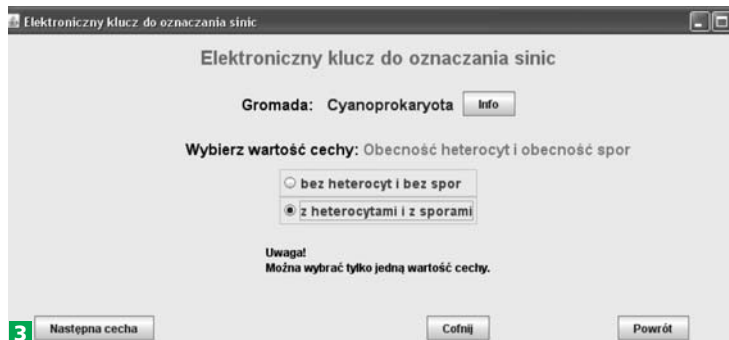
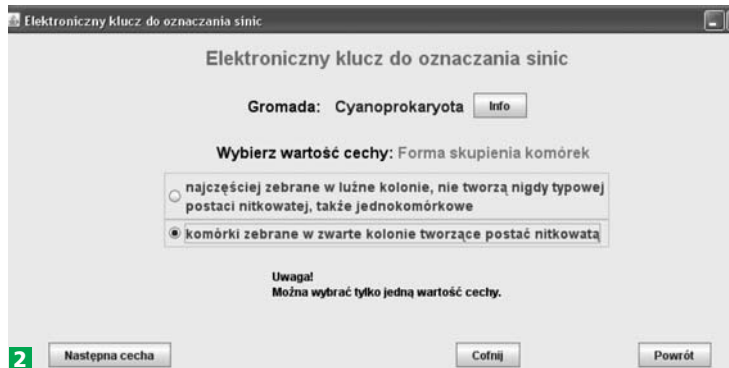
### Przykład oznaczania:

Po uruchomieniu klucza należy kliknąć „Oznaczanie gatunków wg cech” **1**.

Poniżej nagłówka „Elektroniczny klucz do oznaczania sinic” **2** pojawia się ścieżka dojścia do określonego obiektu. Na początku tym obiektem jest gromada **Cyanoprokaryota**.

Wyświetlone zostają nazwa cechy i możliwe wartości. Wybór jednej z tych wartości prowadzi do zawężania listy podległych obiektów. Algorytm postępowania jest zgodny z algorytmem w kluczu książkowym. Może być konieczny wybór wartości kilku kolejnych cech **3**.

Po wyborze ostatniej cechy (która doprowadza do wskazania jednego obiektu) następuje powiększenie ścieżki dojścia o pozycję „Rząd” (wdanym przypadku – **Nostocales**) i następnie zostają kolejno wyświetlone cechy wraz



Elektroniczny klucz do oznaczania sinic

Gromada: Cyanoprokaryota

Rząd: Nostocales

Wybierz wartość cechy: Rozgałęzienia prawdziwe

występują

nie występują

Uwaga!  
Można wybrać tylko jedną wartość cechy.

4

Elektroniczny klucz do oznaczania sinic

Gromada: Cyanoprokaryota

Rząd: Nostocales

Wybierz wartość cechy: Postać trychomów

trychomy nieróżnicowane biegunowo, heterocyty różnie rozmieszczone; rozgałęzień pozornych brak

trychomy zróżnicowane biegunowo z bazalną heterocyta; pozorne rozgałęzienia obecne

Uwaga!  
Można wybrać tylko jedną wartość cechy.

5

Elektroniczny klucz do oznaczania sinic

Gromada: Cyanoprokaryota

Rząd: Nostocales

Wybierz wartość cechy: Postać końcowego odcinka trychomu

końcowy odcinek trychomu zakończony wąską, wyciągniętą we włos komórką

końcowy odcinek trychomu nie zakończony włosem

Uwaga!  
Można wybrać tylko jedną wartość cechy.

6

Elektroniczny klucz do oznaczania sinic

Gromada: Cyanoprokaryota

Rząd: Nostocales

Rodzina: Rivulariaceae

Wybierz wartość cechy: Postać kolonii

nici pojedyncze lub w postaci darnistych lub krzaczastych skupień, nigdy w postaci skupień kulistawych, galaretowatych

nici nigdy nie pojedyncze, zawsze ułożone promieniście w galaretowatych koloniach, zawsze rozgałęzione

Uwaga!  
Można wybrać tylko jedną wartość cechy.

7

z odpowiednimi wartościami, co w wyniku odpowiednich wyborów prowadzi do oznaczenia jednej z rodzin w przyjętej systematyce sinic **4**.

Pytanie o wartość cechy „**Postać trychomów**” **5**.

Pytanie o wartość cechy „**Postać końcowego odcinka trychomu**” **6**.

Po wyborze ostatniej cechy (która doprowadza do wskazania jednego obiektu) następuje powiększenie ścieżki dojścia o pozycję „Rodzina” (w danym przypadku – **Rivulariaceae**) i zostają kolejno wyświetlone cechy wraz z odpowiednimi wartościami, co prowadzi do oznaczenia jednego z rodzajów w przyjętej systematyce sinic **7, 8**.

Po wyborze cechy, która prowadzi do wskazania kolejnego obiektu, następuje powiększenie ścieżki dojścia o pozycję „Rodzaj” (w danym przypadku – **Glootrichia**) **9** i zostają kolejno wyświetlone cechy wraz z odpowiednimi wartościami, co w wyniku odpowiednich wyborów prowadzi do oznaczenia jednego z gatunków w przyjętej systematyce sinic i przejście do ekranu charakterystyki gatunku **10**.

Elektroniczny klucz do oznaczania sinic

Gromada: Cyanoprokaryota

Rząd: Nostocales

Rodzina: Rivulariaceae

Wybierz wartość cechy: Obecność spor

spory obecne, nasadowe, obok heterocyt

brak spor

Uwaga!  
Można wybrać tylko jedną wartość cechy.

**8**

Elektroniczny klucz do oznaczania sinic

Gromada: Cyanoprokaryota

Rząd: Nostocales

Rodzina: Rivulariaceae

Rodzaj: Gloeotrichia

Wybierz wartość cechy: Stopień wykształcenia pochwy

pochwy wąskie, rozplywające się

pochwy szerokie

Uwaga!  
Można wybrać tylko jedną wartość cechy.

**9**

Po kliknięciu „**Pokaż**” przy rysunkach nastąpi wyświetlenie wszystkich skojarzonych rysunków (w tym przypadku jednego) **11**.

Po kliknięciu „**Pokaż**” przy opisach nastąpi wyświetlenie wszystkich skojarzonych dokumentów opisów gatunku **12**.

### Cechy użytkowe EKOSin

- Aplikacja EKOSin umożliwia:
  - wybór gatunków według klucza, czyli nawigowanie po hierarchicznej strukturze klasyfikacyjnej i wybór obiektów zgodnie z decyzją użytkownika;
  - oznaczanie gatunków według cech na podstawie odpowiedzi wybieranych z listy przez użytkownika;
  - wybieranie mieszane polegające na wstępnym wyborze obiektu w strukturze klasyfikacyjnej, a następnie oznaczanie (w tej gałęzi) gatunku według cech;
  - bezpośredni dostęp do obiektów z indeksów (na podstawie nazwy).
- Samo nawigowanie jest proste i intuicyj-

ne. Na każdym ekranie jest zminimalizowana liczba wyborów użytkownika, tak aby uprościć korzystanie z klucza oraz zmniejszyć możliwość popełnienia błędu. Przydatną opcją procesu oznaczania gatunku jest tworzenie raportu z przebiegu. Pozwala ona na zarejestrowanie kompletnej ścieżki dojścia wraz z wybranymi wartościami cech opisujących badanych preparatów i ułatwia tworzenie raportów z oznaczeń.

Obecnie aplikacja EKOSin (ver. 1.02) udostępnia użytkownikom wszystkie dane źródłowe (opisy, rysunki oraz fotografie) zawarte w podręczniku *Sinice – Cyanobakterie (Cyanoprokaryota)* i następujące ilości plików z danymi źródłowymi:

Elektroniczny klucz do oznaczania sinic

Gromada: Cyanoprokaryota

Rząd: Nostocales

Rodzina: Rivulariaceae

Rodzaj: Gloeotrichia

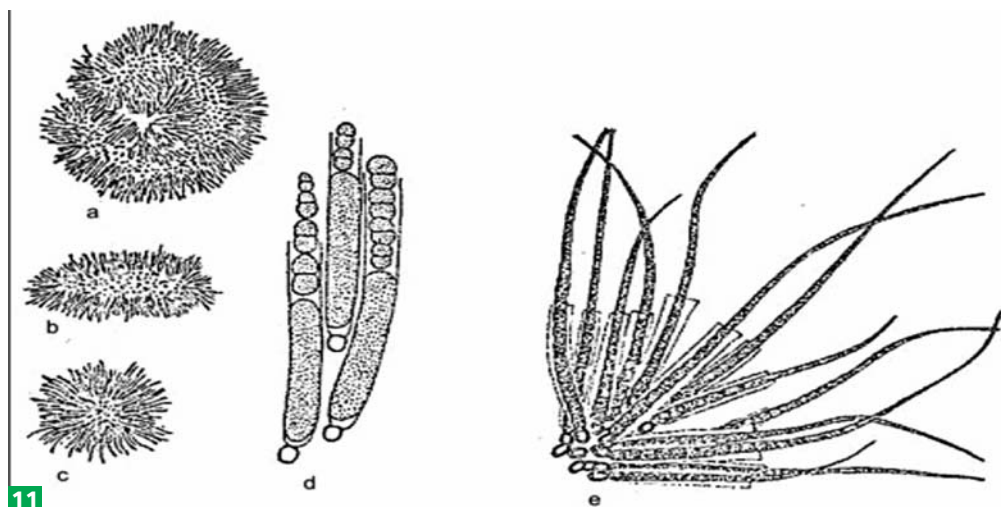
**Charakterystyka gatunku: Gloeotrichia echinulata**

Opisy:

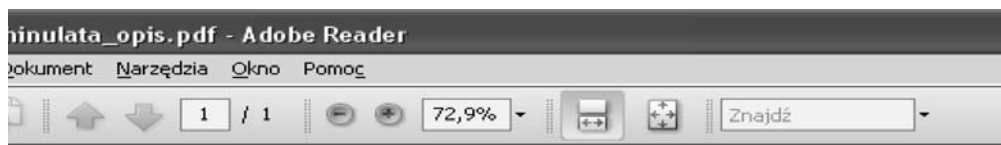
Rysunki:

Notatki:

10



11



***Gloeotrichia echinulata* (Smith et Sowerby) Richter 1894 (rys. 144)**

Nici zebrane w kuliste lub prawie wydłużone, miękkie, żółtozielone, wolnopływające kolonie, o średnicy 0,5-1,5  $\mu\text{m}$ . Pochwy wąskie, bezbarwne. Trychomy u podstawy 8-10  $\mu\text{m}$  szerokie, wyciągnięte w długi włos, wystający daleko poza kolonie. Komórki u podstawy tak długie jak szerokie, dalej dłuższe, najczęściej z aerotopami. Heterocyty kuliste lub eliptyczne, 7-10  $\mu\text{m}$  szerokie. Spory cylindryczne, 8-18  $\mu\text{m}$  szerokie, 38-100  $\mu\text{m}$  długie.

Gatunek występujący pospolicie w planktonie wód stojących i wolnopłynących, czasami tworzy zakwity; notowany w rejonach portowych Zatoki Gdańskiej (Biernacka 1967, 1968, 1970), i w planktonie wód przybrzeżnych w rejonie Półwyspu Helskiego (Komarek 1974, dane niepublikowane).

12



- 240 plików PDF z opisami tekstowymi;
- 170 plików JPG zawierających rysunki;
- 25 plików JPG zawierających fotografie barwne.

W aktualnej wersji aplikacji została przyjęta jednolita rozdzielczość zdjęć i fotografii – 600 × 800 pxl. Sumarycznie, źródłowe zasoby informacyjne aplikacji EKOSin w wersji wdrożonej w Zakładzie Biologii i Ekologii Morza wynoszą 49,14 MB, w tym pliki opisowe zajmują 7,24 MB, pliki JPG z rysunkami – 27,1 MB, a pliki JPG z fotografiami barwnymi – 14,8 MB. Przy ogólnej liczbie ok. 170 identyfikowalnych pozycji daje to nieco poniżej 300 kB na pojedynczą pozycję klucza.

### Kierunki rozwoju

Przewiduje się, że docelowo każda identyfikowana (oznaczana) pozycja w EKOSin będzie ilustrowana przynajmniej jednym barwnym zdjęciem o rozdzielczości co najmniej 1920 x 1080 pxl (HD). Ten sam standard rozdzielczości zostanie też przyjęty dla prezentacji rycin. W zakresie rozwoju samego oprogramowania zakłada się powstanie wersji EKOSin na platformę LINUX, w tym również wersji bootowalnej np. z nośnika USB.

### Podsumowanie

Aplikacja EKOSin nie wymaga od użytkownika posiadania gruntownej wiedzy z zakresu technik i technologii informatycznych. Poprzez prostotę funkcjonalną interfejsu oraz intuicyjny sposób nawigowania klucz ma wszelkie cechy oprogramowania przyjaznego dla użytkownika. Zapewnia dodatkowo łatwy dostęp do materiałów dokumentacyjnych, zarówno w wersji elektronicznej, jak i drukowanej. Między innymi dzięki tym cechom oprogramowanie EKOSin pozwala wielokrotnie przyspieszyć proces oznaczania w stosunku do jego referencyjnego pierwowzoru klucza zawartego w podręczniku *Sini-ce – Cyanobakterie (Cyanoprokaryota)*. Daje też większe możliwości przeglądania i porównywania materiałów opisowych.

#### MARCIN PLIŃSKI

Zakład Biologii i Ekologii Morza Instytutu Oceanografii  
Uniwersytetu Gdańskiego

#### JAROSŁAW SAMSEL, GRZEGORZ STRZELCZYK

Asseco Poland S.A.

## Pasjonatów fotografii przyrodniczej zapraszamy do współpracy!

Najlepsze zdjęcia opublikujemy w naszym czasopiśmie jako „Zdjęcia numeru”.

Prosimy je przysyłać w formacie JPG (300 dpi, min. 1800×1200)  
na adres: [prazm@gazeta.pl](mailto:prazm@gazeta.pl)



## I. PRENUMERATA DOSTARCZANA PRZEZ FIRMY KOLPORTERSKIE:

1. **RUCH SA** – Zamówienia drogą elektroniczną: [www.prenumerata.ruch.com.pl](http://www.prenumerata.ruch.com.pl)

Infolinia: 0 804 200 600. Termin przyjmowania wpłat na prenumeratę krajową do 5. dnia każdego miesiąca. poprzedzającego okres rozpoczęcia prenumeraty.

2. **GARMOND PRESS** – [www.garmond.com.pl](http://www.garmond.com.pl), tel. (22) 836 70 08, 836 69 21

3. **KOLPORTER S.A.** – Prenumeratę instytucjonalną można zamawiać w oddziałach firmy Kolporter S.A. na terenie całego kraju. Informacje pod numerem infolinii 0801-205-555 lub na stronie internetowej <http://sa.kolporter.com.pl/>

## II. PRENUMERATA DOSTARCZANA PRZEZ POCZTĘ POLSKĄ:

4. Zamówienia we wszystkich **urzędach pocztowych** lub u **listonoszy**. Zamówienia drogą elektroniczną – [www.poczta-polska.pl/prenumerata](http://www.poczta-polska.pl/prenumerata). Infolinia: 0 801 333 444.

5. Zamówienia przez wyspecjalizowany **Oddział Poczty Polskiej w Bydgoszczy**.

Adres: Centrum Poczty, Oddział Rejonowy, Sekcja ds. Handlu, ul. Jagiellońska 6, 85-950 Bydgoszcz; konto: Bank Pocztowy S.A., Centrum Rachunków Skonsolidowanych 98 1320 0019 0099 0011 2000 0022, tel. (52) 322 90 86 lub fax (52) 322 72 06, e-mail: [hanna.maselewska@gdansk.poczta-polska.pl](mailto:hanna.maselewska@gdansk.poczta-polska.pl)

III. **PRENUMERATA ZAMAWIANA PRZEZ INTERNET** – [www.kiosk24.pl](http://www.kiosk24.pl). Katalog czasopism – Nauka, edukacja, oświata.

## IV. PRENUMERATA ON-LINE ZA POŚREDNICTWEM WYDAWCY

Zamawiając roczną prenumeratę czasopism za pośrednictwem wydawcy, otrzymujecie Państwo promocyjny rabat od ceny czasopisma w wysokości 5%.

Prenumeratę za pośrednictwem Wydawcy można zamówić:

■ **przez Internet**, zakładka „Prenumerata” na stronie: [www.edupress.pl](http://www.edupress.pl), [www.raabe.com.pl](http://www.raabe.com.pl)

■ **e-mailem**: [prenumerata@raabe.com.pl](mailto:prenumerata@raabe.com.pl)

■ **telefonicznie**, pod numerem.: (22) 244 84 78

■ **faksem**, z dopiskiem „Prenumerata”, fax: (22) 244 84 10

■ **listownie**, pod adresem: Dr Josef Raabe Spółka Wydawnicza Sp. z o.o. Wola Plaza, ul. Młynarska 8/12, 01-194 Warszawa

V. **SPRZEDAŻ NUMERÓW ARCHIWALNYCH** z lat ubiegłych, możliwa jest wyłącznie za pośrednictwem Wydawcy.

Kontakt w sprawie numerów archiwalnych, drogą elektroniczną na adres: [prenumerata@raabe.com.pl](mailto:prenumerata@raabe.com.pl)

	Liczba wydań w 2011 r. (I i II półrocze)	Tytuł czasopisma	Cena 1 wyd. w 2011 (w tym 5% VAT)	Prenumerata roczna 2011 (w tym 5% VAT)	Prenumerata na I półrocze 2011 (w tym 5% VAT)
<b>MIESIĘCZNIKI</b>	11 (6+5)	Magazyn dyrektora szkoły. Sedno	19,90	218,87	119,39
		Matematyka	13,90	152,92	83,41
		Polonistyka			
		Życie Szkoły			
		Wychowanie w Przedszkolu			
		Wychowanie w Przedszkolu z dodatkiem „Poradnik Dyrektora Przedszkola”	19,90	218,99	119,38
Wychowanie Fizyczne i Zdrowotne	16,90	185,96	101,43		
<b>DWUMIESIĘCZNIKI</b>	6 (3+3)	Język Niemiecki	22,50	135,01	67,50
		Biblioteka. Szkolne centrum informacji	16,90	101,43	50,72
		<b>Biologia w Szkole</b>			
		Chemia w Szkole			
		Fizyka w Szkole			
		Polski w Praktyce			
		Wiadomości Historyczne			
	Geografia w Szkole				
8 (4+4)	Geografia w Szkole + dwa numery specjalne: nr 1 „ENERGIA”, nr 2 „MAPY”		135,24	67,63	
<b>NOWOŚCI</b>	6 (3 + 3)	Animator kultury		101,43	50,72
		Emocje – czasopismo dla wychowawców, pedagogów i psychologów	8,90	53,42	26,71





- plansze dydaktyczne
- książki
- mapy
- płyty CD
- filmy edukacyjne

twoje  
pomocze  
dydaktyczne

na [www.twojelekcje.pl](http://www.twojelekcje.pl)

# Nie zdążyłaś zamówić prenumeraty czasopism na 2011 rok?

## Nie przejmuj się...

...u nas w wydawnictwie  
możesz zaprenumerować przez cały rok!



Redakcja Czasopism Pedagogicznych EduPress, Dr Josef Raabe Spółka Wydawnicza Spółka z o.o.  
Wola Plaza, ul. Młynarska 8/12, 01-194 Warszawa  
tel. 22 244 84 78, faks 22 244 84 10, e-mail: prenumerata@raabe.com.pl

[www.edupress.pl](http://www.edupress.pl)