

2/74/2023

ISSN 17338662

ACADEMIA

M A G A Z Y N P O L S K I E J A K A D E M I I N A U K

Zanieczyszczenie

MARIUSZ
SŁONINA
KOSMICZNE
WYSYPISKO

MATEUSZ
GEMBA
BAKTERYJNE
MIASTA ŚLUZU

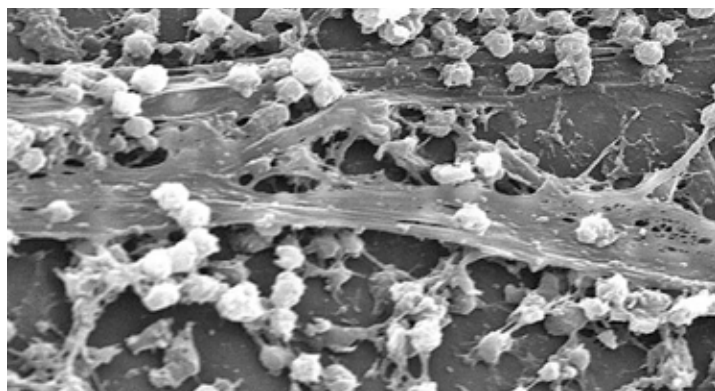
WOJCIECH POL,
KAROLINA MIERZYŃSKA
CZY JEDNA SŁOMKA
MA ZNACZENIE?



12 PANORAMA KOSMICZNE WYSYPISKO

| Mariusz Stonina

Patrząc w czyste błękitne niebo, nie zdajemy sobie sprawy, że zanieczyszczamy również kosmos.



28 BADANIA W TOKU BAKTERYJNE MIASTA ŚLUZU

| Mateusz Gemba

Bakterie, które znajdują się na chropowatych powierzchniach, są trudne do zwalczenia i dla nas niebezpieczne.



46 PREZENTACJE CZY JEDNA SŁOMKA MA ZNACZENIE?

| Wojciech Pol, Karolina Mierzyńska

Obecnie mikroplastik znajduje się w każdym ekosystemie, badania prowadzone przez specjalistów określają jego wpływ na żywe organizmy.

Panorama

- 4 Weronika B. Żukowska
GENETYCZNE ZAMIESZANIE
- 9 Wojciech Wołkiewicz
NIEWIDOCZNE DLA OCZU
- 16 Mirosław Bańko **PURYZM JĘZYKOWY**
- 18 Marek Kucharczyk, Marcin Polak
ZANIECZYSZCZENIE ŚWIATŁEM I HAŁASEM
- 22 Lidia Morawska **CZYM ODDYCHAMY?**
- 25 Łukasz Niesiołowski-Spanò
„ZANIECZYSZCZENIA” STAREGO TESTAMENTU

Badania w toku

- 31 Janusz G. Zimowski
KŁOPOT W PORADNICTWIE GENETYCZNYM
- 34 Anna Juras, Maciej Chyleński
HISTORIA ZAPISANA W KOŚCIACH

Rozmowa

- 38 Magdalena Płonka
POTRZEBA DYKTATURY EKOLOGICZNEJ

Prezentacje

- 42 Blanka Pajda, Agata Zaborska
KAŻDY MOŻE DBAĆ O MORZE
- 49 Dariusz Rozmus **GÓRNICSTWO I HUTNICTWO W ODLEGŁEJ PRZESZŁOŚCI**
- 54 Karolina Żyniewicz **ARTYSTYCZNA WARTOŚĆ LABORATORYJNEGO ARTEFAKTU**
- 58 Łukasz Sługocki, Robert Czerniawski
ODRA – ZASŁUŻONA KATASTROFA
- 62 Teresa Urszula Szmigielska
NA RATUNEK KSIĄŻCE

Punkt widzenia

- 66 Katarzyna Kasia
SNY O CZYSTOŚCI

W obiektywie

- 68 Jolanta Maliszewska **OCZYSZCZALNIA CZAJKA**

Aktualności

- 74 Tomasz Koziół **(NIE)ŚMIERTELNE FOTOGRAFIE**

OKŁADKA: „BROTES (PĘDY)” ALEJANDRO DURÁNA, 2014 – pochodzi z serii dzieł sztuki „Washed Up”, które zostały stworzone ze śmieci znalezionych na plażach Meksyku. Projekt powstał, by podnosić świadomość społeczną dotyczącą problemu zanieczyszczeń (alejandroduran.com).
Zobacz także s. 66–67 i przemówienie autora na konferencji TED.
ZDJĘCIA NA STR. 2: MARIUSZ STONINA,
ŹRÓDŁO: CDC/RODNEY M. DONLAN, PH.D.; JANICE CARR (PHIL #7488), 2005,
ŁUKASZ DRUCIS

Z RÓŻNYCH PERSPEKTYW

Tematem przewodnim tego numeru „Academii” jest zanieczyszczenie. Ujmowane wielorako, w zaskakującej mnogości perspektyw: genetyki i filozofii, techniki i ekologii, biologii i medycyny, lingwistyki i bibliistyki, archeologii i bibliotekoznawstwa.

Najwięcej artykułów dotyczy zanieczyszczenia środowiska naturalnego. Wiemy, że to od niego zależy nasze zdrowie i nasz dobrostan, że o środowisko należy dbać. Ale czy wszyscy umiemy przełożyć to na język konkretów, który przemawia do wyobraźni? Wojciech Pol i Karolina Mierzyńska potrafią: „Według niektórych szacunków ludzie spożywają około 5 g mikro- i nanoplastiku na tydzień, co odpowiada wagowo karcie kredytowej czy plastikowej torbie na zakupy”.

Może dlatego, że dyskurs o środowisku jest często zbyt abstrakcyjny, eksploatujemy je bez miary. Przykładem ubiegłoroczna katastrofa ekologiczna w Odrze. Autorzy artykułu o niej, Łukasz Sługocki i Robert Czerniawski, uważają, że „użytkownicy korzystający nadmiernie ze środowiska powinni należycie rekompensować [mu] te straty”. Owszem, są różne „zielone podatki”, choćby opłata paliwowa, wliczana w cenę benzyny. Ale ponieważ nie widać ich na każdej fakturze, inaczej niż podatku VAT, wiele osób może nawet nie wiedzieć, że ponosi ich koszty.

Nie lubimy płacić podatków i nie chcemy się ograniczać. Tymczasem – postuluje Magdalena Płonka w rozmowie z Justyną Orłowską – „należałoby niezwłocznie ustalić limity na kupowanie rzeczy”. Czy jesteśmy na to gotowi?

Od ziemskiego środowiska najnowszy numer „Academii” prowadzi nas do kosmicznych śmieci, a stąd do zanieczyszczeń DNA w kopalnych szczątkach naszych przodków. O „zanieczyszczeniach” innego rodzaju też coś jest, np. o ingerencjach w księgi Starego Testamentu, motywowanych religijnie lub politycznie. Wszystkich spojrzeń na temat przewodni tego numeru nie da się tu wymienić, ale od czego jest spis treści?

To jest retoryczne pytanie, mimo to odpowiem: w „Academii” spis treści to ta część publikacji, od której można rozpocząć lekturę, ale na której nie sposób poprzestać.

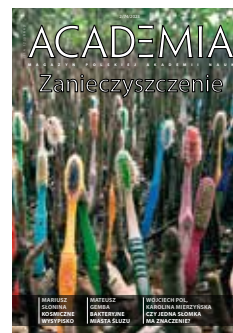
PROF. DR HAB. MIROSŁAW BAŃKO
UNIwersytet Warszawski

**Wojciech Łuka,
Czterech jeźdźców
Apokalipsy, 2020,
akryl, olej, płótno**

Artysta malarz, plastyk, grafik i rysownik. Studiował na Wydziale Pedagogiczno-Artystycznym Uniwersytetu Śląskiego oraz na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika (Wydział Sztuk Pięknych). W latach 1991–2010 pracował w tyskim magistracie jako plastyk miejski Wydziału Architektury Urzędu Miasta Tychy. Od 1994 roku jest współtwórcą oraz członkiem kolegium redakcyjnego i kierownikiem działu graficznego miesięcznika „Śląsk”.



HTTPS://ARTINHOUSE.PL



MAGAZYN
POLSKIEJ AKADEMII
NAUK

nr 2/74/2023

kwartalnik

ISSN 1733-8662

nakład: 1500 egz.

© Polska Akademia Nauk

Biurowo ds. Komunikacji
i Informacji Naukowej

pl. Defilad 1

00-901 Warszawa

www.pan.pl

www.academia.pan.pl

academia@pan.pl

ZESPÓŁ REDAKCYJNY

Jolanta Iwańczuk

redaktor naczelna

nauki o Ziemi

jolanta.iwanczuk@pan.pl

Daniel Sax

redaktor, tłumacz

Marcin Pietras

nauki biologiczne

i rolnicze

Justyna Orłowska

dziennikarz

Dominik Wódz

redakcja językowa

Andrzej Figatowski

grafika

Marcin Kmieciński

edycja zdjęć

Anna Bielec

koordynator projektu

RADA NAUKOWA

Marek Konarzewski

prezes PAN

(przewodniczący)

Dariusz Jemielniak

(wiceprzewodniczący)

Andrzej Buko

Katarzyna Czarnecka

Patrycja Dołowy

Paweł Golik

Janusz Jurczak

Tomasz Kapitaniak

Marek Krawczyk

Krzysztof Nowak

Anna Zawadzka

Druk:

Agencja Wydawniczo-
Poligraficzna Gimpo

GENETYCZNE

Pszczoły miodne
– jedyny gatunek
hodowany
na masową skalę
na świecie

Zanieczyszczenia genetyczne w dobie światowego kryzysu klimatycznego to miecz obosieczny – stwarzają nie tylko nowe możliwości, lecz także ryzyko globalnej katastrofy.



ZAMIESZANIE



dr Weronika B. Żukowska

Pracuje w Zakładzie Genetyki i Interakcji Środowiskowych Instytutu Dendrologii PAN. Zajmuje się szeroko pojętą genetyką gatunków drzewiastych, a w szczególności wpływem działalności człowieka na rodzime pule genowe. Interesuje się hybrydyzacją i selekcją genomową.

wzukowska@man.poznan.pl

Weronika B. Żukowska

Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk
w Kórniku

Ozanieczyszczeniu genetycznym mówimy, gdy dochodzi do niekontrolowanego wymieszania pul genowych. W wąskim znaczeniu dotyczy ono przeniesienia genów z organizmów modyfikowanych genetycznie (GMO) do organizmów występujących naturalnie. W szerszym rozumieniu zanieczyszczenia genetyczne obejmują również przypadki wymieszania genów osobników udomowionych bądź hodowlanych z genami osobników dziko żyjących, a także taksonów wprowadzonych przez człowieka z taksonami występującymi naturalnie. Termin „zanieczyszczenie” nie jest jednak do końca trafiony, ponieważ skutki wymieszania pul genowych mogą być zarówno negatywne, jak i pozytywne. To właśnie ich nieprzewidywalność, zwłaszcza w dłuższej perspektywie, budzi największe obawy.

Nieustające kontrowersje

Określenie „zanieczyszczenie genetyczne” w odniesieniu do GMO zostało upowszechnione w efekcie publikacji brytyjskiego pisarza Paula Hatchwella z 1989 roku, w której autor ocenia ryzyko uwolnienia GMO do środowiska, przyrównując to uwolnienie do otwarcia puszk Pandory. Budzące grozę trucizny, pestycydy, dodatki do żywności czy leków mają w rzeczywistości ograniczony czas działania i rozprzestrzeniania. Z kolei geny są zawarte w żywych organizmach, które rozmnażając się, pozostają poza dalszą kontrolą. Należy jednak wyraźnie oddzielić samo tworzenie nowych kombinacji genów od uwolnienia GMO do środowiska.

Obawy dotyczące możliwości krzyżowania odmian zmodyfikowanych genetycznie z ich dzikimi odpowiednikami są uzasadnione zwłaszcza w odniesieniu do soi czy kukurydzy, które zdominowały rynek w krajach takich jak USA czy Brazylia. Skutki uwolnienia GMO do środowiska mogą być wielorakie. Myli się bowiem ten, kto myśli, że modyfikacje roślin uprawnych mają na celu przede wszystkim zwiększenie ich plonu. Intensyfikacja produkcji jest celem raczej w przypadku gatunków drzewiastych



PIXABAY

Kukurydza jest przykładem gatunku hodowanego przez człowieka, którego dziki odpowiednik najprawdopodobniej już nie istnieje w naturze



CELINE SEA

– topól i eukaliptusów. Modyfikacje genetyczne zbóż i roślin strączkowych dotyczą w głównej mierze nabycia odporności na szkodniki i patogeny bądź zwiększenia tolerancji na środki ochrony roślin. Jeśli zatem GMO uwolnione do środowiska znajdą korzystne warunki do przetrwania i rozmnażania, mogą uzyskać selektywną przewagę nad dzikimi gatunkami i odmianami.

Potencjalne negatywne efekty krzyżowania GMO z organizmami występującymi naturalnie mogą być katastrofalne. Wśród nich można wymienić uodpornienie chwastów na środki ochrony roślin czy też ewolucję szkodników i patogenów. W skrajnych przypadkach wprowadzenie GMO może być przyczyną wymarcia lokalnych odmian uprawnych, a także ich dzikich odpowiedników oraz organizmów od nich

zależnych. W ten sposób zagrożenie z genetycznego poziomu bioróżnorodności zostaje przeniesione na wyższy poziom – gatunkowy. Liczba potencjalnych interakcji między gatunkiem zmodyfikowanym genetycznie a innymi gatunkami i pozostałymi elementami ekosystemu jest tak duża, że przewidzenie skutków dla całego środowiska staje się niemożliwe. Zwolennicy i przeciwnicy GMO mieli spotkać się w pół drogi dzięki technologii usuwającej obce geny z pyłku i nasion (*GM-gene-deletor*) opracowanej w 2007 roku. Jednak obecnie ta technologia nadal wymaga potwierdzenia swojej skuteczności w testach polowych.

Introdukcja

Zwykle z dobrą intencją, ale z opłakanym skutkiem – historia zna wiele przypadków, w których człowiek przyczynił się do zachwiania równowagi ekosystemu, wprowadzając do niego nowe gatunki bądź taksony niższego rzędu. Takie wprowadzenie nazywamy introdukcją. Niektórzy autorzy rozróżniają introdukcję jako celowe działanie od zawlekania, które jest przypadkowe. Inni używają odpowiednio pojęć introdukcji celowej i przypadkowej.

Introdukcja zwykle ma negatywne skutki, ponieważ wprowadzone taksony często nie mają w nowym środowisku naturalnych wrogów. W efekcie dochodzi do nadmiernego wzrostu ich liczebności. Ustalo-

Opakowanie żywności reklamujące, że produkt został wyprodukowany z polskiej kukurydzy i jest wolny od GMO



WERONIKA B. ŻUKOWSKA

na równowaga drapieżnik – ofiara zostaje zachwiana. Klasyczny przykład stanowią kozy, które sprowadzone na Guadalupe ogolociły wyspę z trawy, a także króliki w Australii. Z genetycznego punktu widzenia interesuje nas jednak zjawisko hybrydyzacji, czyli krzyżowania, w momencie, kiedy dochodzi do introdukcji taksonu na teren, na którym występują taksony blisko z nim spokrewnione. Istniejąca do tej pory bariera rozrodcza w postaci izolacji geograficznej zostaje przełamana. Jeśli mieszańce są płodne i preferowane przez dobór naturalny, wypieranie rodzimego taksonu na zasadzie konkurencji zostaje dodatkowo wzmocnione przez introgresję, czyli stopniowe włączanie obcych genów do puli genowej taksonu rodzimego w wyniku kolejnych krzyżowań wstecznych. W efekcie może dojść do szybkiego wyeliminowania genotypów rodzimych nawet przy początkowo niewielkiej liczbie taksonu introdukowanego.

Zjawisko introgresji jest zdecydowanie częściej i lepiej opisane wśród roślin niż zwierząt. Sztandarowym przykładem jest rodzaj *Helianthus* (słoneczniki). Jego naturalny zasięg obejmuje Amerykę Północną, jednak obecnie słoneczniki spotkamy w większości miejsc na świecie. Badania nad słonecznikami były prowadzone już w latach 40. ubiegłego wieku przez amerykańskiego botanika Charlesa Bixlera Heisera, który zaobserwował, że wiele gatunków może się krzyżować. Powstałe mieszańce co prawda wykazują bardzo niską płodność, jednak udowodniono, że krzyżówki wsteczne mogą prowadzić do utworzenia form inwazyjnych. Rozpowszechnianie roślin uprawnych i ozdobnych jest uważane obecnie za podstawową przyczynę ogólnoswiatowej inwazji. Ograniczenie konkurencji ze strony innych roślin w gospodarstwach i ogrodach pozwala im przetrwać nawet w niesprzyjających warunkach klimatycznych.

Odpowiednio przeprowadzona introdukcja umożliwia uzyskanie odmian roślin i ras zwierząt o pożądanym bądź nowych cechach. W przedsiębiorstwach hodowlanych często jednak brakuje zarówno zaplecza technicznego, jak i odpowiednio wykwalifikowanej kadry. Badania nad kontrolowaną introdukcją są trudne do przeprowadzenia i słabo finansowane. Jednocześnie postęp hodowlany jest niewielki i powolny. Jednak ze względu na wyższe koszty oraz dylematy etyczne i problemy natury prawnej wykorzystanie narzędzi inżynierii genetycznej nadal ustępuje tradycyjnym metodom hodowli.

Introdukcja bywa także wykorzystywana jako tzw. ratunek genetyczny (*genetic rescue*) w przypadku małych, izolowanych populacji, które są narażone na wyginięcie. Strategia celowego zanieczyszczenia ich puli genowej jest realizowana przede wszystkim przez introdukcję osobników mających odmienną pulę genową. Ich liczba nie może być jednak zbyt wysoka, ponieważ wymieszanie pul genowych populacji wywodzących się z obszarów o różnych

optimach środowiskowych często prowadzi do tzw. depresji outbredowej, czyli zmniejszenia dostosowania mieszańców.

Geny udomowione

Uprawiając rośliny, człowiek uzyskał tysiące odmian. Spośród nich wiele znacząco różni się od swoich pierwotnych form. Skutkiem selekcji jest znaczne ograniczenie zmienności genetycznej gatunków uprawnych. Szacuje się, że wyginęło około 90 proc. odmian kukurydzy, pszenicy i grochu. Ostatnie stulecie doprowadziło do wymarcia około 50 proc. ras zwierząt hodowlanych, a wiele z nich jest obecnie rzadkich lub znikających. W przypadku niektórych gatunków próżno szukać ich dzikich odpowiedników. Przykładem takiej rośliny jest kukurydza zwyczajna, której intensywna uprawa zaczęła się już w starożytności w kulturach Majów i Azteków.

Tysiące lat udomawiania co prawda zmieniło genom roślin uprawnych, jednak nadal pozostają one na tyle blisko spokrewnione ze swoimi dzikimi odpowiednikami, że mogą się z nimi krzyżować. Mogłoby się wydawać, że dzikie rośliny mogą na tym tylko zy-



skaać, przejmując korzystne cechy odmian uprawnych. Dzikie odmiany są jednak odporniejsze na choroby czy szkodniki, a także na stresy abiotyczne, takie jak susza czy zasolenie. Przez krzyżowanie z odmianami uprawnymi ta naturalna odporność może ulec znacznemu obniżeniu. W rzeczywistości zatem bilans zysków i strat może być ujemny. W związku z powyższym obecnie kładzie się duży nacisk na ochronę zasobów genowych dzikich odmian roślin uprawnych, a ich nasiona są gromadzone w bankach genów na całym świecie.

Interesującym przykładem zanieczyszczeń genetycznych wśród fauny jest pszczoła miodna – jedyny gatunek pszczół spośród około 20 tys. hodowany na masową skalę. W jego obrębie można wyróżnić kilka linii ewolucyjnych, które krzyżują się między sobą.

Podwójna nić DNA

Zbiorniki kriogeniczne
w Leśnym Banku Genów
„Kostrzyca”, służące
zachowaniu naturalnej
różnorodności genetycznej



MONIKA LITKOWIEC

Badania genetyczne wskazują jednak na to, że istnieją ograniczenia w przepływie genów, a krzyżowanie odbywa się raczej w ramach poszczególnych podgatunków. Dotychczas jednak nie stwierdzono jednoznacznie, jaka jest przyczyna istniejących barier rozrodczych. W wielu krajach, w tym w Polsce, rodzime pszczoły zostały przynajmniej częściowo zastąpione przez pszczoły introdukowane. Zanik rodzimych pul genowych jest niepokojący ze względu na to, że importowane populacje pochodzą z miejsc o innych warunkach klimatycznych, w związku z czym często mają trudności z adaptacją w nowym miejscu. Wzrasta także ryzyko wspomnianej wcześniej depresji outbredowej. Ochrona zasobów genowych zwierząt jest zdecydowanie trudniejsza ze względu na ograniczone możliwości kontroli kojarzeń.

Przystosowania do zmian klimatu

Czy w obliczu zmian klimatu „czyste” genotypy, które wyewoluowały na drodze wielu pokoleń selekcji naturalnej, nadal stanowią wartość samą w sobie? Na to pytanie nie ma dobrej odpowiedzi. Z jednej strony widzimy zagrożenia związane z utratą tych naturalnie przystosowanych genotypów, z drugiej uważa się chociażby, że uprawy GMO mogą znacznie spowolnić zmiany klimatu przez ograniczenie emisji gazów cieplarnianych oraz zmianę użytkowania gruntów. W czasach katastrofy ekologicznej konwencjonalne rolnictwo nie jest w stanie zaspokoić potrzeb rosnącej populacji ludzkiej, aczkolwiek każdy z nas ma świadomość tego, jak wiele żywności marnujemy.

Prognozuje się, że w wyniku zmian klimatu zmieni się zasięgi wielu gatunków, co może spowodować utworzenie nowych stref hybrydyzacji międzygatunkowej. O ile w przypadku części taksonów będą one zagrożeniem dla ich zasobów genowych, o tyle stanowią także unikatową szansę na ewolucję nowych taksonów, które lepiej poradzą sobie w zmienionych warunkach klimatycznych. Problemem może jednak okazać się ich zwiększony potencjał inwazyjności. Brakuje wyczerpujących badań zgłębiających tę kwestię, a sama ocena, kontrola i zapobieganie inwazji są niezwykle trudne i skomplikowane. W pierwszym etapie typowania taksonów potencjalnie inwazyjnych można wykorzystać modelowanie nisz ekologicznych, najlepiej wsparte danymi genetycznymi. Potencjał inwazyjności zależy jednak od wielu czynników, takich jak zdolność rozprzestrzeniania się czy efektywnego konkutowania o zasoby. Z tego względu nawet najbardziej złożone modele mogą okazać się zawodne.

Zanieczyszczenia genetyczne budzą uzasadnione kontrowersje przede wszystkim w przypadku GMO w produkcji żywności. Mniejszy opór stanowią modyfikacje genetyczne w przemyśle i farmakologii. Strach przed konsekwencjami zanieczyszczeń genetycznych w dalszym ciągu wygrywa z rzetelnymi badaniami naukowymi. Z kolei wyniki badań naukowych, nawet jeśli przełomowe, stają w kolejce po zmiany zapisów prawnych. Geny żyją niejako własnym życiem i brak możliwości ich kontroli stanowi naszą największą obawę. Tymczasem matka natura pewnie znajdzie sposób na wyjście z sytuacji bez ingerencji człowieka, nie dbając zbytnio o przetrwanie gatunku ludzkiego. ■

Chcesz wiedzieć
więcej?

Kovak E., Blaustein-Rejto D.,
Qaim M., *Genetically modified
crops support climate change
mitigation*, „Trends in Plant
Science” 2022.

Lewandowski A., Chmura D.,
Wójkiewicz B., Żukowska W.B.,
*Hodowla lasu w zmieniającym się
klimacie*, „Academia” 2019.

Żukowska W.B., *Hybrydyzacja
drzew leśnych*, „Las Polski” 2022.

Żukowska W.B., Pers-Kamczyc E.,
*Różnorodność genetyczna jako
podstawa bioróżnorodności*,
„Magazyn Drzewo Franciszka”
2022.

NIEWIDOCZNE DLA OCZU



DMITRIY KANDINSKIY/SHUTTERSTOCK.COM

Tereny poprzemysłowe są atrakcyjne gospodarczo, deweloperzy, idąc z duchem czasu, budują tam stylowe apartamentowce. Niestety, poprodukcyjne zanieczyszczenia w glebie utrzymują się przez dziesięciolecia.

Wojciech Wołkowicz

Państwowy Instytut Geologiczny
– Państwowy Instytut Badawczy w Warszawie

W drugiej połowie XIX i w XX wieku obserwowaliśmy dynamiczny rozwój przemysłu. Na całym świecie technologie były dostosowane do uzyskania jak największej efektywności. Jeszcze w połowie XX wieku idea, że ludzkie działania mogą spowodować trwałe szkody w środowisku, nie była rozpowszechniona. Nie zwracano wówczas uwa-

gi na zagrożenia dla środowiska wynikające zarówno z działalności instalacji, jak i generowanych przez nie dużych ilości szkodliwych odpadów.

Zmiany rozpoczęły się w połowie lat 70. Pojawiły się wówczas pierwsze przepisy regulujące działalność instalacji przemysłowych pod kątem zagrożenia dla środowiska, a także gospodarkę odpadami. W Polsce taki proces rozpoczął się w sposób zorganizowany w 2001 roku wraz z uchwaleniem ustawy Prawo ochrony środowiska.

Skutkiem braku poszanowania dla środowiska we wczesnej fazie rozwoju przemysłu w krajach Unii Europejskiej jest ponad 340 tys. zidentyfikowanych zanieczyszczonych terenów historycznych. W Polsce Główny Dyrektor Ochrony Środowiska prowadzi



**dr Wojciech
Wołkowicz**

Jest geologiem i geochemikiem. Zajmuje się badaniami wpływu składowisk odpadów na jakość gruntów i wód podziemnych, badaniami historycznych zanieczyszczeń na terenach poprzemysłowych oraz wpływem na środowisko współczesnych instalacji produkcyjnych.
wojciech.wolkowicz
@pgi.gov.pl

rejestr historycznych zanieczyszczeń powierzchni ziemi, w którym zinwentaryzowano ponad 1300 takich obszarów.

Przepisy

Współcześnie obowiązujące przepisy ochrony środowiska stawiają bardzo wysokie wymagania dla działających instalacji przemysłowych. Konieczne jest uzyskanie specjalnych pozwoleń (tzw. pozwoleń zintegrowanych), w ramach których przedsiębiorca jest zobowiązany do stosowania najlepszych możliwych technik, które minimalizują oddziaływanie na środowisko, a także nakładają konieczność okresowych badań jakości środowiska (gruntów i wód podziemnych). W takiej sytuacji ryzyko powstawania współczesnych zanieczyszczeń jest bardzo niewielkie i ogra-

niczone raczej do awarii technicznych czy katastrof, zwłaszcza komunikacyjnych.

Wraz ze zmianami gospodarczymi na początku lat 90. upadło wiele zakładów przemysłowych, często zlokalizowanych w centrach miast. Na atrakcyjnych terenach poprzemysłowych rozpoczęto budowę budynków mieszkalnych, biurowych i handlowych.

Rewitalizacja takich terenów wiąże się często z ryzykiem występowania zanieczyszczeń. Jednak dobre praktyki realizowane przez firmy deweloperskie oraz obowiązujące przepisy wymuszają badania stanu środowiska przed rozpoczęciem inwestycji i doprowadzenie terenu do standardów wymaganych prawem.

W wielu przypadkach budynki i instalacje na terenach dawnych fabryk są rozbierane, a archiwalne dokumenty o instalacjach podziemnych ulegają zniszczeniu. Po kilku latach na taki teren wkracza naturalna roślinność i o jego poprzemysłowej przeszłości przypominają jedynie zanieczyszczenia w gruntach i wodach podziemnych.

Rewitalizacja

W Warszawie sytuacja taka pojawiła się m.in. w trakcie budowy centrum handlowego Arkadia na terenie dawnej kolejowej stacji przeładunkowej. W trakcie wstępnych badań podłoża gruntowego stwierdzono tu występowanie zanieczyszczeń z grupy lotnych związków aromatycznych, głównie ksyłenu, wykorzystywanego jako rozpuszczalnik w produkcji farb i klejów. Zanieczyszczenia w gruntach i wodach podziemnych wymusiły przeprowadzenie prac remedacyjnych (czyli usunięcia zanieczyszczeń). Polegały one na wydobyciu zanieczyszczonych gruntów i uformowaniu z nich specjalnych pryzm bioremediacyjnych, gdzie zastosowano preparaty bakteryjne rozkładające zanieczyszczenia. Oczyszczone grunty wykorzystano następnie w pracach ziemnych.

Do podobnej sytuacji doszło podczas budowy galerii Bonarka w Krakowie, gdzie w trakcie wstępnych badań geologicznych zidentyfikowano występowanie dużych ilości odpadów oraz zanieczyszczeń metalami ciężkimi. W tym przypadku odpady i zanieczyszczone grunty wydobyto i wywieziono do unieszkodliwienia.

Również w trakcie budowy wielu budynków mieszkalnych stwierdzano zanieczyszczenia wymagające usunięcia. W przypadku remediacji terenów w bezpośrednim sąsiedztwie zamieszkałych budynków bardzo ważna jest wnikliwa analiza historii terenu, a także szczegółowe rozpoznanie zasięgu występowania zanieczyszczeń oraz ich charakterystyka chemiczna, co pozwala w razie konieczności na zaprojektowanie dodatkowych zabezpieczeń w trakcie prac oraz unikanie sytuacji konfliktowych i zagrożenia dla zdrowia okolicznych mieszkańców. Podczas wykonywania wykopów i usuwania skażonych gruntów w rejonie historycznej niewielkiej fabryki chemicz-



Rejon Wałbrzycha. Górne zdjęcie przedstawia obraz z 1984 roku z dużą ilością instalacji przemysłowych, po których w 2017 roku na powierzchni terenu nie pozostały żadne ślady



Rondo Radosława w Warszawie. Porównanie zagospodarowania terenu w rejonie ronda Radosława z lat 1955 i 1997. Na czerwono zaznaczono strefy, z których wydobyto zanieczyszczone grunty

nej przy ul. Ostroroga w Warszawie doszło do emisji do powietrza szkodliwych lotnych zanieczyszczeń o silnej woni. Wywołało to protesty i interwencje służb miejskich oraz służb sanitarnych i ochrony środowiska. Firma realizująca prace była zmuszona do zmiany stosowanych technik i eliminację zagrożenia dla ludzi. Zbudowano wówczas specjalny namiot, w którym wywołano podciśnienie, by zanieczyszczone powietrze nie wydobywało się na zewnątrz. Było ono pompowane do specjalnych filtrów i po oczyszczeniu uwalniane do atmosfery. Po zastosowaniu opisanych zabezpieczeń dalsze prace przebiegły bez zakłóceń i środowisko zostało przywrócone do właściwego stanu. Przypadki stwierdzania zanieczyszczeń na terenach planowanej zabudowy są rozwiązywane zazwyczaj przez podmioty prywatne zaangażowane w proces budowlany.

Szara strefa

Jednak poza dużą liczbą stosunkowo niewielkich obszarów historycznie zanieczyszczonych na terenie Polski występują również wielkoobszarowe tereny zdegradowane, na których są także obecne duże ilości odpadów, w tym niebezpiecznych. Są one nazywane niekiedy bombami ekologicznymi. Takich obiektów na terenie kraju jest kilka i wszystkie łączy poważne zanieczyszczenie środowiska gruntowo-wodnego, skomplikowana sytuacja formalnoprawna oraz bardzo wysokie koszty oczyszczenia środowiska. W związku z czym jest wymagana modyfikacja istniejących przepisów, tak by umożliwić sprawne przeprowadzenie procedury naprawy środowiska w sensie formalnym i technicznym oraz zapewnić środki finansowe dla realizacji zaplanowanych prac, gdyż w obecnie obowiązującym porządku prawnym jest to niemożliwe i od niemal 20 lat nie udało się przeprowadzić skutecznej remediacji takich terenów.

Mimo pewnych niedoskonałości przepisów regulujących kwestię historycznych terenów zanieczyszczonych i działalność współczesnych obiektów prze-

mysłowych można uznać, że środowisko na terenie takich obiektów jest zarządzane w sposób efektywny.

W ciągu ostatnich kilku lat poważnym zagrożeniem wpływającym na zanieczyszczenie środowiska jest jednak szara strefa lub wręcz czarny rynek gospodarki odpadami rozwijający się w ostatnich kilkunastu latach.

Na terenie kraju powstało ponad 400 dzikich składowisk, w których zalegają setki tysiące ton toksycznych odpadów pochodzących zarówno z kraju, jak i z zagranicy. Najczęściej są to hale magazynowe lub place składowe w ustronnych lokalizacjach bez specjalistycznych zabezpieczeń przed migracją ewentualnych zanieczyszczeń do gruntów. Pierwotnie zazwyczaj były to miejsca tymczasowego magazynowania odpadów w celu ich dalszego przetworzenia, na których są umieszczane beczki lub paletopojemniki o pojemności 1000 litrów. Taki proces może trwać maksimum trzy lata. Najczęściej firmy zajmujące się taką działalnością znikają i z problemem pozostają lokalne samorządy i właściciele gruntów, na których zgromadzono odpady. Koszty ich usunięcia i unieszkodliwienia są ogromne i sięgają dziesiątków milionów złotych w przypadku jednego obiektu średniej wielkości. Ze względu na duże ryzyko wycieków płynnych zanieczyszczeń do gruntów i wód podziemnych, a także zagrożenie pożarowe konieczne wydaje się kompleksowe podejście do rozwiązania tego problemu na poziomie państwa. Sytuacja przypomina nieco problem tzw. mogilników, czyli składowisk, w których gromadzono do lat 80. przeterminowane środki ochrony roślin. Takich obiektów było około 400 i zostały one zlikwidowane do 2015 roku, a gromadzone w nich toksyczne odpady wywieziono do unieszkodliwienia w specjalistycznych spalarniach odpadów niebezpiecznych. Jako że było to dziedzictwo minionego systemu, proces został sfinansowany z krajowych środków publicznych. Wszystko wskazuje na to, że ze względu na zagrożenia dla środowiska naturalnego i ludzi odpowiedzialność za nielegalne składowiska spadnie na budżet państwa. ■

Chcesz wiedzieć więcej?

Bardos P., Spencer K.L., Ward R.D., Maco B.H., Cundy A.B., *Integrated and Sustainable Management of Post-industrial Coasts*, *Frontiers in Environmental Science* 2020, doi: 10.3389/fenvs.2020.00086

Payá Pérez A., Rodríguez Eugenio N., *Status of local soil contamination in Europe. Revision of the indicator „Progress in the management contaminated sites in Europe”* 2018, doi: 10.2760/093804

Starczewski K., Rogatka T., Kukulska-Koziół A., Noszczyk T., Cegielska K., *Urban green resilience: Experience from post-industrial cities in Poland*, *„Geoscience Frontiers”* 2023.

**mgr Mariusz Słonina**

Ekspert ds. bezpieczeństwa kosmicznego pracujący w firmie Sybilla Technologies. Uczestniczył w wielu projektach Europejskiej Agencji Kosmicznej, nadzorował też budowę dla Polskiej Agencji Kosmicznej sieci obserwatoriów mającej zwiększyć bezpieczeństwo kosmiczne – Polish Optical Network. Odpowiada za rozwój usług opartych na danych polskiej sieci obserwatoriów Panoptes-Solaris pod kątem zagadnień kosmicznej kontroli ruchu (space traffic control).
mariusz.slonina
@sybillatechnologies.com

KOSMICZNE

Patrząc w czyste, błękitne niebo, nie zdajemy sobie sprawy, ile śmieci krąży w przestrzeni kosmicznej wokół Ziemi.

Mariusz Słonina

Sybilla Technologies sp. z o.o. w Bydgoszczy

Przestrzeń kosmiczna wokół Ziemi jest wykorzystywana nie tylko w celach naukowych, np. podczas prowadzenia badań na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej czy obserwacji astronomicznych głębokiego kosmosu z wykorzystaniem teleskopu Hubble'a. Przede wszystkim jest domem dla satelitów, które wspomagają nasze współczesne życie. Z danych satelitarnych korzystamy na co dzień – gdy podróżujemy, trenujemy, szukamy dogodnego połączenia w komunikacji miejskiej, rekomendacji atrakcji tury-

stycznych czy sprawdzamy prognozę pogody. Informacje pozyskiwane z satelitów obserwacyjnych Ziemi pomagają też w badaniach nad klimatem, są szeroko stosowane w rolnictwie i lotnictwie. Stały się również podstawowym narzędziem walki z klęskami żywiołowymi, np. pożarami lasów. Trudno sobie obecnie wyobrazić brak dostępu do usług takich jak nawigacja satelitarna czy telekomunikacja szczególnie w ratownictwie, z dala od infrastruktury miejskiej – w górach czy na morzu. Ale korzyści, które wynikają z wykorzystania danych satelitarnych, mają też swoją cenę.

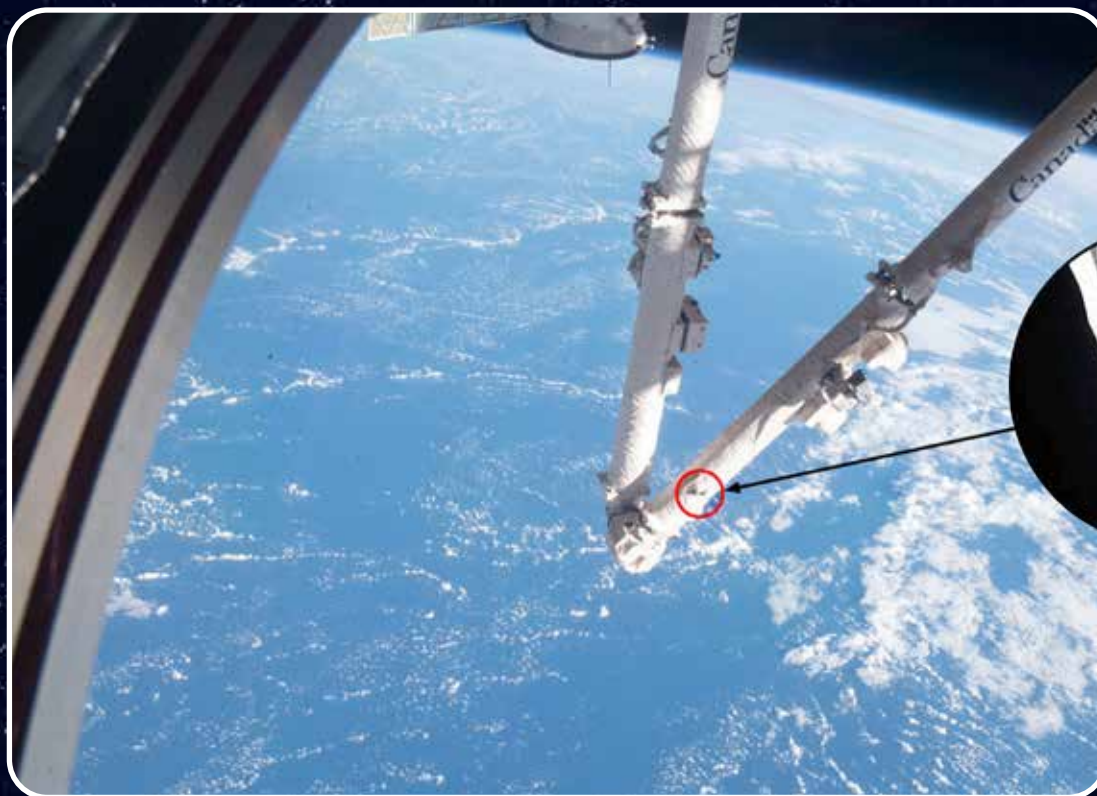
Śmieci

Druga połowa XX wieku to okres działalności człowieka w przestrzeni kosmicznej. Od wystrzelenia pierwszego satelity w 1957 roku umieściliśmy na orbicie

Polskie teleskopy systemu POLON (Polish Optical Network) Polskiej Agencji Kosmicznej, Deep Sky Chile



WYSYPISKO



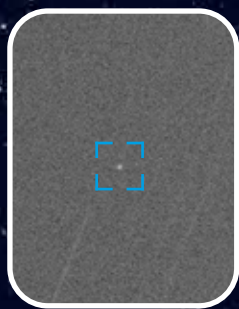
Ramię robotyczne Canadarm2 przedziurawione śmieciem kosmicznym, NASA

okołoziemskiej blisko 60 tys. obiektów. Połowa z nich pozostaje tam do dzisiaj, ale tylko 9 tys. to tzw. satelity aktywne, dostarczające dane do usług i aplikacji. Reszta to śmieci kosmiczne: niedziałające już satelity, człony rakiet, śrubki, zgubione przez astronautów narzędzia, a nawet odpryski farby czy resztki paliwa. Poruszając się w niekontrolowany sposób po zbliżonych orbitach co działające satelity, z podobną do nich prędkością, wynoszącą około 8 km/s, stanowią dla nich bezpośrednie zagrożenie. Zderzenie ze śmieciem kosmicznym może nie tylko uszkodzić aktywnego satelitę, skracając czas jego funkcjonowania. W skrajnym przypadku może doprowadzić do jego zniszczenia i pojawienia się kolejnych odłamków tworzących zagrożenie.

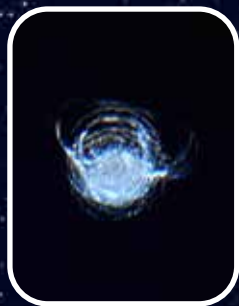
Problem ten jest szczególnie dotkliwy w pasie niskiej orbity Ziemi (*low Earth orbit* – LEO), rozciągającym się od mniej więcej 100 do 2000 km od powierzchni naszej planety. To tutaj orbituje większość satelitów obserwacyjnych dostarczających dane, z których korzystamy. Tutaj również od przeszło 20 lat pracują astronauta na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej, wykonując badania naukowe np. w dzie-

dzinie medycyny czy materiałoznawstwa. Zagrożenie kolizją ze śmieciem kosmicznym jest już na tyle duże, że astronauta są alarmowani o nich nawet kilka razy w ciągu roku i zwykle oznacza to przygotowanie się do ewakuacji. Mikroodłamki stale zderzają się z poszyciem stacji, skonstruowanym w taki sposób, by zmniejszyć skutki uderzenia i ochronić część mieszkalną. Ale panele słoneczne czy odsłonięte elementy stacji nie są chronione. Zderzeń nie uniknęły więc okna modułu Cupola pozwalające na obserwację powierzchni Ziemi, a jeden z odłamków w 2021 roku przedziurawił ramię robotyczne Canadarm2.

W ciągu ostatniej dekady niska orbita Ziemi stała się również obszarem intensywnej rozbudowy konstelacji satelitów obsługujących internet, np. systemu Starlink, czy projektów badawczych wynoszących małe obiekty o rozmiarach około 10 cm (tzw. cubesaty). W samym tylko 2022 roku wykonano ponad 180 startów rakiet, przy czym celem większości z nich był obszar LEO, na który dostarczano satelity, infrastrukturę stacji kosmicznych i ludzi. Szacuje się, że do 2030 roku liczba aktywnych satelitów może przekroczyć próg nawet 100 tys. obiektów. Wraz z nimi wzrośnie



Śmieć kosmiczny
Cubescout-1 o rozmiarach
12,5×5×5 cm
zaobserwowany
teleskopami sieci POLON



Szyba modułu Cupola,
w którą uderzył śmieć
kosmiczny, ESA

też ilość różnego rodzaju kosmicznych śmieci. Coraz częstszym problemem staną się kolizje satelitów czy ich fragmentacje, czyli oderwanie się niektórych elementów od stacji kosmicznych czy satelitów. Żeby uniknąć tych pierwszych, agencje kosmiczne wykonują już teraz kilka manewrów rocznie, skracając czas życia satelitów. Obecnie obserwujemy jedną czy dwie fragmentacje rocznie, ale liczba ta może wzrosnąć nawet 10-krotnie, powodując lawinowy wzrost ilości śmieci na orbicie.

Kolizje na orbicie

Kolizje ze śmieciami kosmicznymi już teraz nie należą do rzadkości. W 2016 roku nowy europejski satelita obserwacyjny Sentinel-1A został trafiony odłamkiem wielkości jednego milimetra w panel słoneczny. Energia zderzenia była jednak na tyle duża, że średnica uszkodzenia wyniosła ponad 40 cm. Mikrośmieci stanowiły też główne ryzyko misji wahadłowców i odpowiadają często za nagłe wyłączenie satelity na orbicie. Europejska Agencja Kosmiczna (European Space Agency – ESA) szacuje, że odłamków tej wielkości może być ponad 130 mln, a zderzenia z nimi trzeba brać za pewnik.

Im większy rozmiar śmiecia kosmicznego, tym większe są nie tylko skutki kolizji, lecz także wzrasta szansa znalezienia i śledzenia takich obiektów. Robi się to po to, by wykonać manewr zmiany orbity zagrożonego satelity, unikając zderzenia. Informacje te są już wykorzystywane na etapie planowania nowych misji. O ile odłamków o rozmiarach poniżej 1 cm nie jesteśmy w stanie śledzić żadnymi obecnie dostępnymi technikami obserwacyjnymi, o tyle obiekty większe niż 5 cm są skatalogowane i regularnie obserwowane przez sieci obserwatoriów astronomicznych czy radarów. Obserwacje takie są prowadzone m.in. przez amerykańską sieć Space Surveillance Network; a w Europie – przez Europejskie Konsorcjum SST (European

Union Space Surveillance and Tracking), do którego należy również Polska, posiadając jedną z najbardziej rozległych sieci obserwatoriów astronomicznych na świecie. Łącznie obserwatoria naziemne dostarczają do operatorów satelitów czy agencji kosmicznych dane orbitalne na temat około 26 tys. śmieci.

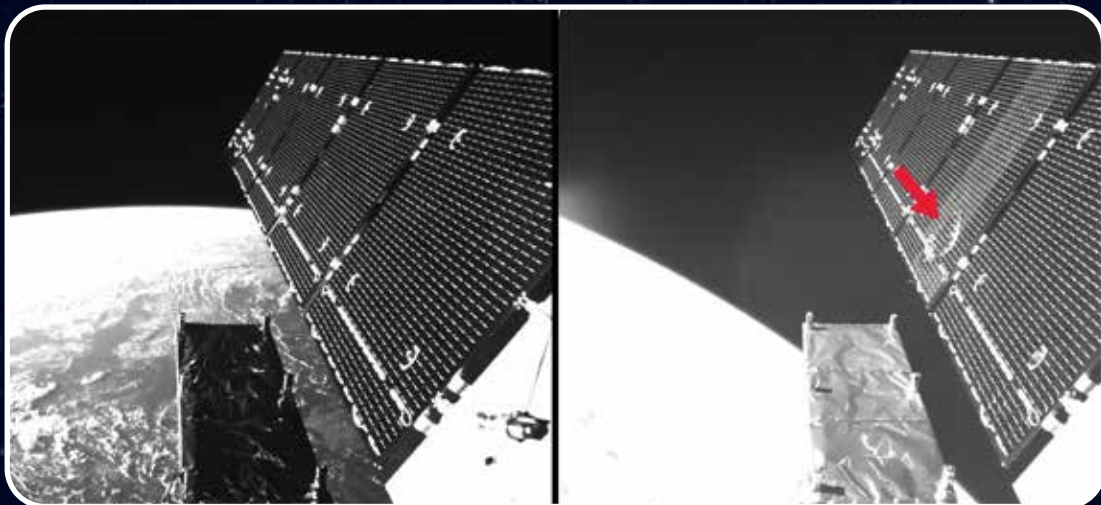
Nie zawsze jednak manewr zmiany orbity się udaje lub jest możliwy. W 2009 roku dwa satelity telekomunikacyjne – Iridium 33 i nieaktywny już Kosmos 2251 – zderzyły się przypadkowo na orbicie około 800 km nad powierzchnią Ziemi, powodując powstanie przeszło 2 tys. odłamków. W grudniu 2020 roku polski satelita Brite-PL uniknął zderzenia z członem rakiety Pegasus. Odległość między obiektami wyniosła wtedy jedynie 4,5 m. O ile kolizji w pierwszej sytuacji można było uniknąć, uruchamiając silniki manewrowe odpowiednio wcześniej, o tyle w drugiej – satelita naukowy, który ich nie posiada, byłby bez szans.

Kolizje na orbicie są również wywoływane celowo, w ramach testów broni antysatelitarnej. Ocenia się, że około jednej czwartej śmieci kosmicznych pochodzi z takich zdarzeń. Niechlubnych przykładów dostarczyła tutaj większość światowych mocarstw, a szczytki Fengyun-1C z 2007 roku, Microsat-R z 2019 roku czy Kosmos 1408 z 2021 roku zagrażają wszystkim satelitom z pasa LEO.

Posprzątać kosmos

Czas życia śmieci kosmicznych i satelitów różni się w zależności od orbity, na której się znajdują. Im bliżej powierzchni Ziemi, tym większe jest tarcie z ziemską atmosferą, które powoduje stopniowe obniżanie wysokości aż do momentu spalania. Dla obiektów nieposiadających napędu, umieszczonych do wysokości 500 km, typowy czas opadania wynosi 25 lat. Na wysokości 800 km czas ten rośnie do 100–150 lat, a powyżej 1200 km przekraczają już dwa tysiąclecia. Satelity umieszczone na orbicie geostacjonarnej, od-

Satelita Sentinel-1A
uszkodzony po uderzeniu
śmiecia kosmicznego, ESA



34 tys. obiektów
900 tys. obiektów
128 mln obiektów
2000 mld obiektów



Skala problemu śmieci kosmicznych (symulacja), ESA

ległej o ponad 36 tys. km od powierzchni naszej planety, prawdopodobnie zostaną tam na zawsze. W ich wypadku pod koniec misji przesuwa się je na tzw. orbitę cmentarną, zlokalizowaną około 300 km powyżej.

To wieloletnie orbitalne zagrożenie skłoniło organizacje państwowe i międzynarodowe, takie jak NASA, ESA, UE, ONZ czy OECD, do podjęcia działań w kierunku redukcji ilości śmieci kosmicznych. Nawet przy braku umieszczania nowych satelitów na orbicie liczba śmieci kosmicznych szybko nie spadnie, a istniejące będą podlegać kolizjom czy nawet samoistnym fragmentacjom. Wprowadza się zatem zalecenia, które nie tyle rozwiążą problem śmieci na orbicie, ile mają pomóc w jego opanowaniu na najbliższe dekady.

Jednym z nich jest zalecenie dotyczące konstrukcji satelitów, tak by po zakończeniu misji (maksymalnie 25 lat) dało się je bezpiecznie i w sposób kontrolowany sprowadzić w atmosferę. Najnowszym przykładem tutaj jest niedawna deorbitacja satelity meteorologicznego Aeolus. Stopniowo wzrasta również ilość spalanych po starcie fragmentów ракет, redukując liczbę najbardziej niebezpiecznych odłamków. Odbywa się to kosztem fragmentu Oceanu Spokojnego, tzw. punktu Nemo, gdzie celuje się z najcięższymi obiektami kosmicznymi, jak stacja Mir czy w przyszłości Międzynarodowa Stacja Kosmiczna. Zanieczyszcza to środowisko planety, zaleca się więc, żeby nowe satelity były konstruowane w taki sposób, żeby proces spalania się w atmosferze był całkowity. Do małych śmieci krążących na niskiej orbicie planuje się też zastosować wiązki laserowe, stopniowo obniżając ich orbitę, a projektowana na 2025 rok misja ClearSpace-1 (Adrios) ma zademonstrować deorbitację istniejącego śmiecia kosmicznego za pomocą specjalnego satelity.

Zasób naturalny

Planując trasę przejazdu za pomocą nawigacji satelitarnej, nie odczuwamy bezpośrednio skutków zanieczyszczenia przestrzeni wokół Ziemi. Ale jej rosnące

wykorzystanie bez stosowania się przynajmniej do minimalnych zaleceń dotyczących deorbitacji satelitów, unikania kolizji czy nieprzeprowadzania testów broni antysatelitarnej doprowadzi do stanu, w którym orbita okołozemska przestanie być używalna. To tzw. syndrom Kesslera opisany pod koniec lat 70., w którym wzrost ilości śmieci kosmicznych jest niekontrolowany i przebiega jak reakcja łańcuchowa. W tym scenariuszu nie tylko nie będziemy w stanie nic wysłać w kosmos, lecz także usługi bazujące na danych satelitarnych przestaną działać. Sytuacja taka może się utrzymywać nawet setki lat.

Scenariusz opisany przez Kesslera nie jest niestety odległy, a może go wywołać np. kolizja największych śmieci pozostających na orbicie (satelita Envisat-1 o wadze przeszło ośmiu ton) albo tego typu katastrofa w ramach konstelacji satelitów. Dlatego w świadomości społeczności międzynarodowej zaczyna się rozważać orbitę okołozemską jako jeden z zasobów naturalnych, o który należy dbać na równi z czystym powietrzem czy klimatem. I nie za 50 czy 100 lat, ale tu i teraz. ■



Wynik testu symulującego zderzenie małego fragmentu śmieci kosmicznych ze statkiem kosmicznym, ESA

Chcesz wiedzieć więcej?

https://www.esa.int/Space_Safety/Space_Debris

PURYZM JĘZYKOWY

W jaki sposób zanieczyszczenia wzbogacają język?

SYLWIA PIWOWAR



M. KAZMIERCZAK

**prof. dr hab.
Mirosław Bańko**

Językoznawca, leksykograf. W latach 1991–2010 kolejno szef redakcji słowników języka polskiego w Wydawnictwie Naukowym PWN, a następnie redaktor naczelny. W latach 2012–2020 dyrektor Instytutu Języka Polskiego UW. Zajmuje się m.in. zagadnieniami kontaktów językowych.
m.banko@uw.edu.pl

Mirosław Bańko

Uniwersytet Warszawski

Przewrażliwienie na punkcie czystości – czy to w sporcie, czy w jakiejś doktrynie, w literaturze, sztuce lub w języku – to puryzm (od łacińskiego *purus* – „czysty”). Sportowy purysta może nie akceptować zawodowości albo dyscyplin innych niż uprawiane przez starożytnych Greków. Doktrynalny purysta będzie bronił pierwszych zasad lub podstaw doktryny niezależnie od ich funkcjonalności w dzisiejszym świecie. Purystycznie nastawiony krytyk schłoszcze dzieło, w którym autor skrzyżował różne style lub gatunki. A językowy purysta powie: dość zapożyczeń, neologizmów, kolokwializmów, dialektyzmów! Wszystkiego, co uzna za niepożądane i groźne dla języka.

Niechęć

W dyskursie naukowym „puryzm” i „purysta” to słowa w zasadzie obiektywne, choć i tu zdarza się ich użycie w roli epitetów (epitetem o przeciwnym znaku jest wówczas „liberał”). W publicystyce terminy te często służą jednak deprecjonowaniu przeciwnika i bywają naginane do bieżących potrzeb. Polityk, który nie oglądając się na uwarunkowania prawne, prze do celu, może swoich oponentów określać ironicznie jako purystów prawnych (przykłady na to są w sprawozdaniach z obrad naszego Sejmu).

W społecznym odbiorze purysta to często dziwak i natręt, który swoje fobie i fiksacje próbuje zaszczepić

innym, pisząc do gazet (dawniej) lub na forach internetowych (dziś), apelując do różnych gremiów, niestrudzenie i z poczuciem misji do spełnienia.

Z różnych rodzajów tej postawy puryzm językowy skupił na sobie najwięcej uwagi i stał się przedmiotem badań. Świadczy to o znaczeniu języka w naszych oczach: uważamy, że jest on wartością, o którą należy dbać, więc zdarza się, że ktoś wyolbrzymia zagrożenie lub fałszywie kreuje wroga.

I tak jak puryzm językowy może być modelem, czyli typowym przykładem puryzmu w ogóle, tak typowym przykładem puryzmu językowego jest puryzm ksenofobiczny – niechęć do wyrazów obcego pochodzenia. Dla niektórych autorów jest to tak oczywiste, że pomijają przmiotnik i potrafią napisać całą książkę o puryzmie w języku, pomijając zupełnie inne jego odmiany, np. puryzm tradycjonalistyczny, elitarystyczny, egocentryczny (nazwy mówią same za siebie).

Historia polskiego puryzmu obejmuje pięć wieków, czyli zaczyna się w czasie, gdy kształtował się polski język literacki. Nic dziwnego – puryzm ma ścisły związek z językowym standardem, z normą i jej kodyfikacją w słownikach i gramatykach.

Aprobata

W galerii naszych purystów są ciekawe postacie, niestety nie tak dobrze znane, ale z innych swoich dokonań. Nie będziemy ich tu wskazywać palcem, gdyż brak miejsca na zniuansowane charakterystyki, a prosta kwalifikacja byłaby nadmiernym uproszczeniem. Warto jednak podkreślić, że są nie tylko różne odmiany puryzmu językowego, lecz także różne stopnie nasilenia tej cechy. W jakiejś mierze wszyscy jesteśmy purystami, bo chyba nikt nie jest gotów aprobować

wszystkiego. Na przykład autora tego tekstu, choć uchodzi za językowego liberała, do mdłości doprowadza zwrot „pochylić się nad czymś”, powracający w mediach, ilekroć mowa o tym, by się czymś zająć, zainteresować, zaopiekować. Oto przykład z witryny internetowej: „Rząd pochylił się ponownie nad kredytobiorcami” (tym mniej fortunny, że narzuca się sens dosłowny, niemal widać premiera i ministrów schylonych nad frankowiczami).

Co sprzyja postawom purystycznym, jakie jest ich źródło? O związku puryzmu językowego ze standardem i z poczuciem zagrożenia już była mowa. Niektóre inne czynniki udało się zbadać empirycznie, np. mniejszą tolerancję dla zapożyczeń wykazują osoby silnie identyfikujące się ze swoją grupą etniczną. Warto tu przypomnieć słowa Karola Libelta: „Naród żyje, dopóki język jego żyje”, zrozumiałe w Polsce okresu zaborów, ale dziś zaskakujące przy bliższym oglądzie, gdyż sugerują, że każdy naród ma swój język (co na to Szwajcarzy?).

Mniejszą tolerancję dla zapożyczeń językowych mają też osoby o zachowawczych poglądach, deklarujące się np. jako niechętne rozwodom, aborcji i związkowi partnerskim. Pociągający jest domysł, że puryzm koreluje z plastycznością umysłu, łatwością adaptacji do zmieniających się warunków, ale takiej zależności nie udało się uchwycić w badaniach.

Liczne sondaże pokazują za to, że mniejszą tolerancję dla zapożyczeń językowych mają osoby słabiej wykształcone, słabiej znające języki obce i rzadko spotykające się z zapożyczeniami w swoim otoczeniu. To ostatnia zależność może zaskakiwać i prowadzić do przewrotnej konkluzji: jeśli chcemy zmniejszyć stopień społecznej frustracji spowodowanej napływem wyrazów obcych, to puszczajmy ich w obieg jak najwięcej. Psychologowie znają podobne zjawisko, nazywają je efektem czystej ekspozycji. Na przykład ta sama melodia słuchana po raz trzeci zwykle podoba się bardziej niż za pierwszym razem, choć oczywiście nie można pominąć tu indywidualnych upodobań i kultury muzycznej słuchacza.



SYLWIA PIWOWAR

Wielokrotnie podważano przesłanki postaw purystycznych, np. wskazując, że nie ma języków „czystych” i że trudno o wzorzec czystości. Bywał nim często język dworu królewskiego, język stolicy, wybitnych pisarzy, nawet wpływowej gazety. Za wzorzec dla języka norweskiego można by uznać dziś język islandzki, bardziej podobny do norweskiego, którym mówiono w wiekach średnich, niż do dzisiejszej książkowej odmiany tego języka (*bokmål*), zmienionej pod wpływem dolnoniemieckiego. Tylko czy przeciętny Norweg zareaguje na taką wiadomość z entuzjazmem?

Bogactwo

Paradoksalnie puryści bogacą język, gdyż wymyślając rodzime słowa z intencją zastąpienia nimi niechcianych zapożyczeń, często nie osiągają celu. Mamy w polszczyźnie i „bibliotekę”, i „księżnicę”, choć dru-

W jakiejś mierze wszyscy jesteśmy purystami, bo chyba nikt nie jest gotów aprobować wszystkiego.

gim z tych słów usiłowano zastąpić pierwsze. Mamy „uniwersytet” i „wszechnicę”, mimo że Jacek Przybylski, sam będąc profesorem szkoły wyższej, dążył do usunięcia pierwszego z nich na rzecz drugiego. Język okazuje się dostatecznie pojemny, by zagospodarować takie pierwotne dublety, przydzielić im różne zakresy kompetencji.

I skoro o bogactwie języka wspomniano, to należy postawić pytanie, czy jest ono w ogóle do pogodzenia z czystością. Nie ma tu miejsca na dłuższą dyskusję, ale zwróćmy uwagę, że choć czystość jest kojarzona na ogół pozytywnie (por. „czystość” jako wstrzemięźliwość płciowa w etyce chrześcijańskiej, „czyste dźwięki”, „czyste sumienie”, „mieć czyste ręce”), to kojarzy się też z jednorodnością, a więc z monotonią i w konsekwencji z ubóstwem.

Czystość może być ideałem, ale bywa też niebezpieczną ułudą (por. „czystość rasy”), w imię której ludzie są gotowi do czynów haniebnych. Dlatego czasem warto zejść z wyżyn idei na ziemię i docenić wartości najbanalniejsze. Takie, o których Jerzy Paczkowski pisał (jeszcze przed wojną):

„Są dwa poważne powody,
Dla których Polska mi zbrzydła:
Za dużo święconej wody,
Za mało zwykłego mydła”. ■

Chcesz wiedzieć więcej?

Lipczuk R., *Walka z wyrazami obcymi w Niemczech i w Polsce – historia i współczesność*, 2014.

Markowski A., *Postawy wobec języka*, w: *Nowy słownik poprawnej polszczyzny PWN*, red. A. Markowski, 1999.

Nowowiejski B., *O stosunku do zapożyczeń z języków obcych w świetle historii języka polskiego*, w: *Z zagadnień kontaktów językowych*, red. B. Nowowiejski, 2010.

Witzlack-Makarevich K., *Sprachpurismus im Polnischen: Ausrichtung, Diskurs, Metaphorik, Motive und Verlauf. Von den Teilungen Polens bis zur Gegenwart*, 2021.

ZANIECZYSZCZENIE ŚWIATŁEM I HAŁASEM

Wiele badań pokazuje, że hałas jest szkodliwy dla ludzi i zwierząt. Również nadmiar sztucznego światła wpływa destrukcyjnie na ekosystemy.

Rozświetlone centrum
Ad-Dauhy, stolicy Kataru



MAŁEK KUCHARCZYK

Marek Kucharczyk Marcin Polak

Instytut Nauk Biologicznych
Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie

Swiatło, szczególnie to widzialne, ma podstawowe znaczenie dla funkcjonowania życia na Ziemi, będąc nośnikiem energii koniecznej do fotosyntezy roślin. Światło, a także dźwięk są także nośnikami informacji o środowisku otaczającym żywe organizmy. Dlatego też każde zmiany naturalnego promieniowania oraz drgań ośrodków przenoszących dźwięk możemy traktować jako zanieczyszczenie środowiska.

Rozświetlona Ziemia

Rozwój cywilizacyjny nierozzerwalnie wiąże się z użyciem sztucznych źródeł światła. Światło daje ludziom poczucie bezpieczeństwa (szczególnie nocą), pozwala na znaczące wydłużenie aktywności i jest nośnikiem większości informacji, które docierają do ludzkiego organizmu. Użycie na masową skalę sztucznych źródeł światła powoduje, że w krajach wysoko rozwiniętych większość populacji nie doświadcza nocy ciemniejszej niż przy pełni Księżyca. Na początku XXI wieku dotyczyło to 80 proc. mieszkańców USA i 67 proc. UE, a obecnie dotyczy ponad 70 proc. mieszkańców UE. Powierzchnia obszarów oświetlonych nocą wzrasta rocznie o 2,2 proc., a intensywność emitowanego światła o 1,8 proc.

Oddziaływanie zanieczyszczenia światłem rozciąga się na większość organizmów, które żyją w otoczeniu człowieka. Konsekwencje tego zjawiska można rozpatrywać na kilku poziomach: fizjologicznym, osobniczym, populacyjnym i ekosystemowym. W przypadku roślin, które funkcjonują w oparciu o energię światła widzialnego, wzrost ilości światła nie wpływa znacząco na ich funkcjonowanie. Jednak zaburzenie rytmiki sezonowej długości dnia i nocy skutkuje zaburzeniem wzrostu roślin, kwitnienia, rozwoju pąków, zaburzeniem stanu uśpienia czy alokacji zasobów. Przez zaburzenie regulacji szparkowej rośliny tracą więcej wody w wyniku transpiracji. Może to prowadzić do ujemnego bilansu wodnego, a także narażenia na ciągłe wnikanie zanieczyszczeń gazowych.

Fizjologiczne reakcje na wydłużenie aktywności dziennej i skrócenie nocy jest dobrze poznane w przypadku człowieka. Zaburzeniu ulega działanie zegara biologicznego, który steruje produkcją melatoniny w szyszynce – hormon jest wytwarzany i wydzielany do krwi wyłącznie w ciemnej części doby. Jest to substancja o działaniu antyoksydacyjnym, cytostatycznym, regulującym równowagę komórkową od pro-

liferacji do różnicowania, może także promować apoptozę komórek nowotworowych. Dobrze jest udokumentowany związek pracy nocnej i zmniejszenia produkcji melatoniny z ryzykiem rozwoju raka piersi, raka prostaty i innych nowotworów. Międzynarodowa Agencja ds. Badań nad Rakiem IARC (WHO) zaliczyła zaburzenia rytmu dobowego do grupy 2A – „prawdopodobny czynnik kancerogeny”.

Praca zmianowa obejmująca pracę nocną wiąże się także z ryzykiem rozwoju zespołu metabolicznego, nadciśnienia, niewłaściwego poziomu lipidów w krwi, otyłości i cukrzycy typu II. Badania w Wielkiej Brytanii na liczbie ponad 100 tys. kobiet wskazują na związek jasności sypialni z otyłością. Tłumaczy się to desynchronizacją wewnętrznych zegarów, skróceniem snu i nienaturalnymi porami posiłków, co sprzyja zaburzeniom metabolizmu.

Nocne życie zwierząt

Wzrost intensywności światła ponad naturalny poziom wpływa na zachowania drapieżników i ich ofiar. Możliwość żerowania w godzinach nocnych w warunkach sztucznego oświetlenia jest określana jako *light night niche* (lekka nocna nisza). Jeśli jednak poziom światła jest zbyt wysoki, występuje reakcja unikania – zwiększa się ryzyko wykrycia drapieżnika przez potencjalne ofiary. Sztuczne oświetlenie może powodować opóźnienie lub nawet unikanie rozpoczęcia nocnej aktywności ofiar, np. motyli nocnych. Także aktywność rozrodczą płazów zmniejsza się pod wpływem sztucznego oświetlenia, np. w otoczeniu stale oświetlonych dróg czy obiektów przemysłowych i handlowych. Znany efekt przywabiania owadów do punktowych źródeł światła, np. do ulicznych lamp, skutkuje obniżeniem lokalnej różnorodności. Jak wskazują badania wykonane w Niemczech, lampy uliczne w mieście zamieszkałym przez blisko 240 tys. osób mogą być przyczyną śmierci nawet 360 mln owadów rocznie.

Warto zwrócić uwagę na widmo spektralne sztucznych źródeł światła i wywołane tym reakcje. Postrzeganie światła znacząco różni się w różnych grupach zwierząt i od percepcji ludzkiej. Dobrym przykładem są ptaki, które dzięki posiadaniu czterech typów czopków w siatkówce oka rejestrują światło ultrafioletowe. Szerokie spektrum percepcji mają owady, szczególnie motyle.

Informacje, które odbierają zwierzęta w zakresie światła ultrafioletowego czy spolaryzowanego, mogą być maskowane lub zniekształcane przez sztuczne źródła światła. Orientacja ptaków w przestrzeni bazuje na systemie rejestrującym pole magnetyczne Ziemi, a systemem kalibrującym jest zróżnicowanie naturalnego oświetlenia. Duże aglomeracje miejskie, silne, punktowe źródła światła maskują informacje, które niesie np. spolaryzowane światło nieba, a to zaburza



**dr hab.
Marek Kucharczyk**

Pracuje w Katedrze Zoologii i Ochrony Przyrody UMCS. Tematyka badawcza, którą się zajmuje, obejmuje wiele różnorodnych zagadnień związanych z ekologią gatunków, ochroną przyrody i środowiska.

marek.kucharczyk@mail.umcs.pl



dr hab. Marcin Polak

Pracuje w Katedrze Zoologii i Ochrony Przyrody UMCS. Zajmuje się ekologią i wokalizacją słabo poznanych, skrytych i zagrożonych gatunków ptaków.

marcin.polak@mail.umcs.pl

wędrówkę wielu gatunków ptaków. Zróżnicowanie światła dochodzącego z nocnego nieba nad morzem czy oceanem jest zbiorem informacji, na podstawie której wylęgające się na plaży żółwie kierują się do wody.

Spolaryzowane światło odbite od powierzchni wody jest sygnałem dla wielu gatunków o odpowiednim środowisku do składania jaj (co najmniej 300 gatunków owadów), dla drapieżników na nich żerujących, a także dla ptaków wodno-błotnych, które poszukują miejsc do odpoczynku lub żerowania. Gładkie, odbijające światło powierzchnie, takie jak fasady nowoczesnych budynków, duże przeszklenia, mokre nawierzchnie dróg czy parkingów, a nawet plamy oleju czy karoserie samochodowe są pułapkami ekologicznymi dla takich gatunków.

Przekrzyczeć hałas

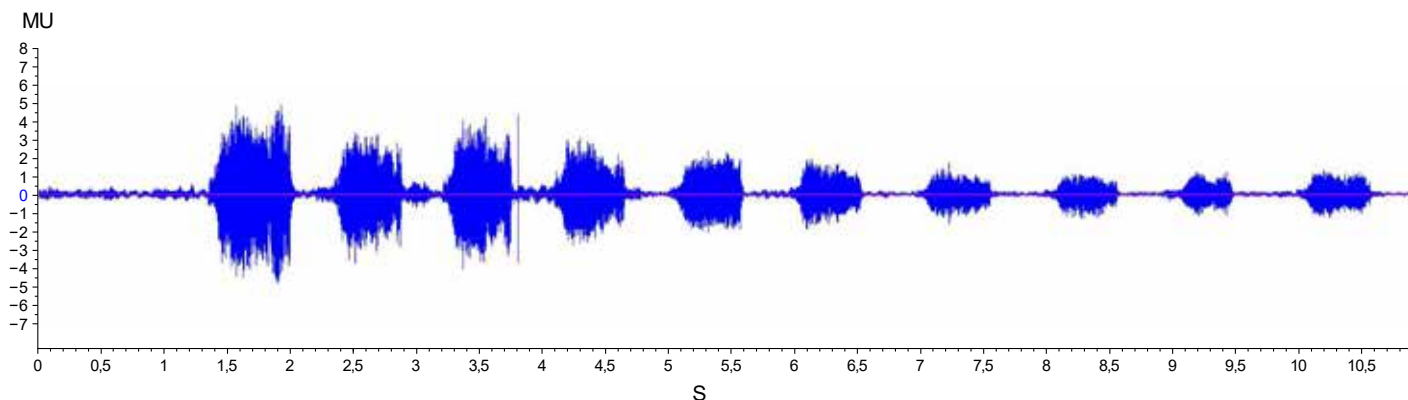
W ciągu ostatniego stulecia nadmierny poziom natężenia hałasu pochodzenia antropogenicznego stał się jednym z głównych problemów środowiskowych w ekosystemach wodnych i lądowych na całym świecie. Różnorodne systemy komunikacji zwierząt ewo-

luowały w naturalnych środowiskach dźwiękowych. Przez miliony lat organizmy dostosowały wybrane parametry oraz strukturę swoich głosów i pieśni godowych do lokalnych profili tła akustycznego. Niektóre gatunki zwierząt są bardzo dobrze przystosowane do życia w warunkach wysokiego natężenia otaczających je (naturalnych i sztucznych) dźwięków. Przykładowo rozpoznanie głosów swojego potomstwa w gwarach, wielotysięcznych koloniach lęgowych ptaków jest z pewnością dużym wyzwaniem dla ich rodziców. Ponadto każdy, kto w naszych szerokościach geograficznych w maju o świcie odwiedził stary las lub park, zauważył, że ptaki są zmuszone codziennie śpiewać swoje strofy w głośnym chórze serenad innych gatunków.

Jednak dynamiczny wzrost populacji ludzkiej na Ziemi, gwałtowny rozwój aglomeracji miejskich, konflikty zbrojne, ekspansja i wzrost zagęszczenia morskich i lądowych szlaków komunikacyjnych przyczyniają się do wzrostu globalnego zanieczyszczenia hałasem. Współcześnie różnym organizmom coraz trudniej żyć w świecie przepełnionym sztucznymi dźwiękami, generowanymi przez działalność i aktywność ludzi.

Mapa zanieczyszczenia światłem w Polsce w 2020 roku (według World Atlas of the Artificial Night Sky Brightness, <https://djllorenz.github.io/astronomy/lp2020/overlay/dark.html>)





Oscylogram głosu terytorialnego wodnika emitowanego przez samca i samicę w duecie

Liczne badania wskazują, że nadmierna emisja dźwięków w wyniku urbanizacji oraz rozwoju transportu i przemysłu zaburza komunikację dźwiękową i wpływa negatywnie na liczebność i rozmieszczenie, sukces lęgowy, dostosowanie, kondycję i zdrowie wielu gatunków owadów, ryb, płazów, ptaków oraz morskich i lądowych ssaków. Najwięcej projektów badawczych skupia się na określeniu oddziaływania hałasu na komunikację dźwiękową ptaków, u których mamy do czynienia z niezwykle złożonymi strategiami wymiany informacji między osobnikami.

Podstawowym problemem dla osobników żyjących w środowisku silnie zanieczyszczonym hałasem jest zagłuszanie transmisji bodźców dźwiękowych w sieciach komunikacyjnych zwierząt złożonych z nadawców, odbiorców i podsłuchujących. Ostatnie badania pokazują, że w gwarnych miejscach samice nie słyszą lub słabo słyszą nawoływania swoich potencjalnych partnerów i nie są w stanie dobrze ocenić ich kondycji i atrakcyjności. Samce mogą mieć problem z usłyszeniem swoich rywali oraz sąsiadów. Karmiący rodzice nie są w stanie dostosować tempa karmienia swoich piskląt, gdyż głosy żebrzące młodych są zagłuszone przez hałas. Towarzyskie ptaki żyjące w grupach nie słyszą głosów ostrzegawczych, emitowanych, by poinformować współtowarzyszy o zbliżającym się drapieżniku.

Ptasie slumsy

W połowie lat 90. XX wieku holenderscy badacze zauważyli, że zagęszczenie i bogactwo gatunkowe zespołów ptaków zasiedlających sąsiedztwo autostrad i dróg szybkiego ruchu są relatywnie niskie. Wskaźniki te stopniowo wzrastają wraz ze zwiększaniem się odległości od krawędzi drogi. Potwierdziły to liczne badania przy trasach komunikacyjnych w innych częściach świata. Zaczęto wyróżniać trzy grupy ptaków: (1) wrażliwe i stenotopowe gatunki, które unikają sąsiedztwa dróg, (2) gatunki neutralne, które gnieźdzą się w podobnych zagęszczeniach zarówno blisko, jak i daleko od szlaków komunikacyjnych, (3) kosmopolityczne gatunki eurytopowe, które preferują siedliska w pobliżu dróg i linii kolejowych (tzw. efekt krawędzi). Budowa i eksploatacja szlaków komunikacyjnych

powodują przecięcie jednolitego płatu siedliska, modyfikując też dostępność i obfitość bazy pokarmowej, zmienia strukturę roślinności, cechy mikroklimatu (np. nasłonecznienia), presji ze strony drapieżników itp. Przykładowo wiele gatunków ptaków wykorzystuje linie przesyłowe wzdłuż nasypów kolejowych jako czatownie i miejsce żerowania, a padlinożercy regularnie patrolują otoczenie korytarzy transportowych w poszukiwaniu ofiar kolizji. Sąsiedztwo dróg może jednak działać jak pułapka ekologiczna, gdyż zwabione pewnymi zasobami ptaki mogą ginąć w zderzeniach z pojazdami i/lub osiągać niższy sukces lęgowy.

Henrik Brumm jako pierwszy wykazał możliwość aktywnego dostosowania poziomu natężenia śpiewu ptaków do zróżnicowanego tła akustycznego. Okazało się, że samce słowików rdzawych w terytoriach zanieczyszczonych hałasem drogowym śpiewały o 10–20 dB głośniejsze niż w cichych i spokojnych miejscach Berlina. Jest to tzw. efekt Lombarda, który swoją nazwę zawdzięcza francuskiemu chirurgowi i otolaryngologowi Étienne'owi Lombardowi. W 1911 roku opisał on zjawisko, które polega na tendencji do zmiany parametrów emisji głosu, by poprawić jego słyszalność. To dlatego na koncertach i imprezach domowych staramy się mówić głośniejsze. Efekt Lombarda może dotyczyć także modyfikacji innych parametrów oraz struktury śpiewu, np. bogatki zasiedlające hałaśliwe obszary w Lejdzie (zachodnia Holandia) śpiewały piosenki godowe o wyższej minimalnej częstotliwości niż osobniki w cichych i spokojnych rewirach. Dzięki temu elastyczni śpiewacy mogą przezwyciężyć tzw. efekt maskowania. Hałas drogowy charakteryzuje się niskim spektrum częstotliwości, a śpiewanie w wyższej tonacji pomaga im ominąć ten problem oraz skuteczniej dotrzeć do potencjalnych odbiorców.

Coraz więcej zwierząt na naszej planecie znajduje się w zasięgu negatywnego oddziaływania zaburzeń akustycznych pochodzenia antropogenicznego. Naukowcy wciąż odkrywają nowe przystosowania i adaptacje organizmów do życia w zanieczyszczonych hałasem ekosystemach, a także nowe źródła hałasu, np. wojna w Ukrainie powoduje, że walenie w Morzu Czarnym są zagłuszane i dezorientowane przez sonary łodzi podwodnych. ■

Chcesz wiedzieć więcej?

Duquette C.A., Loss S.R., Hovick T.J., *A meta-analysis of the influence of anthropogenic noise on terrestrial wildlife communication strategies*, „Journal of Applied Ecology” 2021, vol. 58.

Gaston K.J., Duffy J.P., Gaston S., Bennie J., Davies T.W., *Human alteration of natural light cycles: causes and ecological consequences*, „Oecologia” 2014, vol. 176.

Gill S.A., Job J.R., Myers K., Naghshineh K., Vonhof M., *Toward a broader characterization of anthropogenic noise and its effects on wildlife*, „Behavioral Ecology” 2015, vol. 26.



prof. Lidia Morawska

Wykłada na Uniwersytecie Technologicznym w Queensland w Australii, jest również dyrektorką Międzynarodowego Laboratorium Jakości Powietrza i Zdrowia (International Laboratory for Air Quality and Health – ILAQH). W 2021 roku znalazła się wśród 100 najbardziej wpływowych osób na świecie według magazynu „Time”. Laureatka międzynarodowej nagrody L’Oréal-UNESCO For Women in Science w dziedzinie nauk o ziemi i środowisku jako reprezentantka regionu Azji i Pacyfiku. l.morawska@qut.edu.au

CZYM ODDYCHAMY?

O tym, jak ciekawość prowadzi do ważnych odkryć naukowych, opowiada **prof. Lidia Morawska**, wykładowczyni na Uniwersytecie Technologicznym w Queensland w Australii oraz dyrektorka Międzynarodowego Laboratorium Jakości Powietrza i Zdrowia.

W jaki sposób zanieczyszczenia wpływają na rozwój infekcji dróg oddechowych?

LIDIA MORAWSKA: To jest interdyscyplinarne zagadnienie i mogę odpowiedzieć na pytanie z perspektywy fizyka, a nie lekarza czy epidemiologa. Obszar moich badań dotyczy samej ekspozycji człowieka na szkodliwe cząsteczki znajdujące się w powietrzu. Najważniejsza informacja jest taka, że nie ma w ludzkim organizmie żadnego układu, który nie byłby w jakiś sposób zagrożony przez zanieczyszczenia. Najbardziej narażony jest układ oddechowy, ale pozostałe układy również, ponieważ zanieczyszczenia dostają się do nich przez krew. Na przykład ołów, który dostałby się tą drogą do mózgu, spowoduje opóźnienia w rozwoju. Ale każdy inny układ jest równie narażony na działanie szkodliwych cząstek, a więc zanieczyszczenia wpływają na każdy aspekt działania żywego organizmu.

Co skłoniło panią do zajęcia się badaniem zanieczyszczeń w powietrzu?

Odkąd byłam dziewczynką, marzyłam, żeby zostać fizykiem jądrowym. Ten cel udało się osiągnąć, bo skończyłam fizykę jądrową na Uniwersytecie Jagiellońskim. Ale już podczas studiów szczególnie zaintrygowała mnie promieniotwórczość środowiska. Tak więc z fizyki reaktorowej skierowałam zainteresowania właśnie tam. W szczególności zajęłam się badaniami nad radonem, który jest radioaktywnym gazem szlachetnym. Radon rozpada się na krótko żyjące pochodne, które są metalami ciężkimi, również radioaktywnymi. Był to temat mojej pracy doktorskiej, a potem pogłębiałam temat na Uniwersytecie w Toronto. Nie ulegało dla mnie wątpliwości, że obecność radonu w powietrzu jest zagrożeniem dla naszego zdrowia. Jednak nie bardzo widziałam, w którym kierunku można dalej rozwijać poszukiwania

badawcze na ten temat. Na Uniwersytecie w Toronto mogłam korzystać z bardzo nowoczesnej w tamtym czasie aparatury do badania koncentracji i rozkładu wielkości cząsteczek ultramających. Od tego, czy te cząsteczki są obecne w powietrzu, zależał los pochodnych radonu, ponieważ atomy tych pierwiastków się do nich przyłączają i wtedy ich dynamika w powietrzu jest inna. Tego dotyczyły moje poszukiwania, ale to były badania pomiarowe w komorze. Kiedyś z ciekawości wystawiłam próbnik tego urządzenia przez okno na zewnątrz. Okazało się, że koncentracja cząsteczek o szerokim zakresie rozmiarów była ogromna. To mnie zaskoczyło, bo mimo że do pewnego stopnia można było się tego spodziewać w wielkim mieście, to jednak żadnych oficjalnych badań z użyciem takiej aparatury dotychczas nie przeprowadzono.

Jak małe są te cząsteczki?

Mówimy o cząsteczkach, które mają niewielkie rozmiary – to było bardzo ciekawe naukowo, a jednocześnie niezwykle ważne, bo przecież tymi cząsteczkami oddychamy. W kolejnym miejscu pracy, Uniwersytecie Technologicznym w Queensland, założyłam grupę badawczą, która zajęła się badaniem tego zagadnienia. Dziś nazywa się ona International Laboratory for Air Quality and Health (ILAQH).

Co ciekawe, podczas epidemii SARS w 2003 roku zostałam zaproszona przez WHO do uczestniczenia w rozwiązaniu pewnej zagadki. Próbowano zrozumieć, w jaki sposób w Hongkongu w kompleksie budynków Amoy Gardens w ciągu nocy od jednej osoby zaraziło się aż 300 kolejnych, które nie miały z sobą bezpośredniego kontaktu. Epidemiolodzy nie potrafili tego wytłumaczyć, dlatego zmontowano grupę eks-

pertów od aerozoli, czyli od cząsteczek, którzy mogliby powiedzieć więcej o tym, jak wirus przenosił się za pośrednictwem powietrza nawet bez pośredniego kontaktu między chorymi. To znów skłoniło mnie do szukania w literaturze, co wiemy o cząsteczkach, które ludzie emitują podczas oddychania i mówienia. Okazało się, że wiemy o nich bardzo niewiele, co dało przyczynek do kolejnych kierunków poszukiwań naukowych.

Nie ma w ludzkim organizmie żadnego układu, który nie byłby w jakiś sposób zagrożony przez zanieczyszczenia.

A czym oddychamy na ulicach dużych miast?

To zależy od miasta. Jeśli weźmiemy pod lupę Brisbane, niemałe miasto, ale takie, które nie dorównuje wielkością światowym metropoliom, bo ma zaledwie dwa miliony mieszkańców, okaże się, że jakość powietrza jest bardzo dobra. Wynika to z tego, że jest ono bardzo rozległe jak wiele miast Nowego Świata. Z tego powodu cząsteczki i produkty gazowe emisji samochodowych są rozproszone, a jakość powietrza jest dobra. Ale jeśli się przeniesiemy do miast europejskich, w tym polskich, okaże się, że oddychamy



PORNPRASERT KHANCHITTHAI/SHUTTERSTOCK.COM

System wentylacyjny
na dachu Uniwersytetu
Technologicznego
w Queensland



LYNDON MECHIESEN

bardzo złym powietrzem. Gazowe zanieczyszczenia powietrza, które są najczęściej spotykane, to tlenki azotu, dwutlenek siarki, tlenek węgla oraz węglowodory jako lotne związki organiczne. Głównym źródłem zanieczyszczeń powietrza są emisje z różnych źródeł spalania energii, z transportu, przemysłu i elektrowni.

A czym oddychamy wewnątrz pomieszczeń?

W dużej mierze tym, co na zewnątrz, bo powietrze przenika do budynków nawet przy zamkniętych oknach. O tym się nie myśli, ale to jest oczywiste, bo gdyby tak nie było, wewnątrz budynków nie mielibyśmy czym oddychać. Tym samym zanieczyszczenia powietrza na zewnątrz są obecne również wewnątrz, ale to nie wszystko. Wewnątrz pomieszczeń dochodzą problemy z innymi zanieczyszczeniami. Ich źródłami jesteśmy przede wszystkim my sami, poczynając od wydychanego dwutlenku węgla po patogeny, wirusy i bakterie. Na zewnątrz one również występują, ale nie są groźne w tym samym stopniu, ponieważ są rozcieńczane do poziomu, który jest dużo mniej groźny. Dlatego np. jesienią, gdy jest więcej zachorowań, zaleca się częste wietrzenie mieszkań i domów, by usunąć patogeny na zewnątrz. Jeśli jest to niemożliwe, ryzyko infekcji emitowanymi przez ludzi bakteriami i wirusami wzrasta. Okazuje się więc, że wewnątrz budynków powietrze może być zanieczyszczone nie tylko szkodliwymi pyłami, lecz także patogenami.

Co możemy zrobić, żeby się chronić?

Można na to pytanie odpowiedzieć na dwóch poziomach: indywidualnym i społecznym. Ogromną rolę

odgrywa tu świadomość. Przecież my nie tylko nie wiemy, jak się chronić, lecz także często sami sobie szkodzimy, np. paląc papierosy. Niestety, jak odwiedzam Polskę, odczuwam ogromną różnicę, jeśli chodzi o liczbę palaczy i powszechność palenia. W Australii, gdzie mieszkam i pracuję, od bardzo dawna istnieją przepisy zakazujące palenia zarówno wewnątrz, jak i w okolicy budynków. I to jest absolutnie podstawowa sprawa.

Ale istnieje granica tego, co my jako jednostki możemy zrobić, żeby się chronić. Dużo więcej możemy działać kolektywnie. Najważniejsze jest to, żeby zminimalizować wszelkie emisje, czyli powinniśmy przejść na czystą energię. Dodatkowo budynki przyszłości powinny być zaprojektowane tak, żeby nie wpuszczać zanieczyszczeń z zewnątrz, a także dobrze wentylować to, co sami emitujemy. Najprostsze rozwiązanie, czyli otwarte okno, sprawdza się wyłącznie w sytuacji, gdy mamy do czynienia z czystym powietrzem na zewnątrz. Jeśli je zamkniemy – brakuje wentylacji. Nie mówię o rozwiązaniach nie z tej ziemi, odpowiednie technologie istnieją już dzisiaj. Najtrudniejsze pozostaje pokonanie barier mentalnych i świadomościowych. Przede wszystkim musimy uznać, że oddychanie czystym powietrzem jest dla nas ważne. Biorąc oddech średnio 12 razy na minutę, bez przerwy wprowadzamy do organizmu zanieczyszczone powietrze. Jest to więc zupełnie podstawowa sprawa. Musimy to zrozumieć, żeby chronić własne zdrowie na najbardziej podstawowym poziomie.

ROZMAWIAŁA DR JUSTYNA ORŁOWSKA



EM CAMPOS/SHUTTERSTOCK.COM

„ZANIECZYSZCZENIA” STAREGO TESTAMENTU

Michał Anioł, *Mojżesz*
(kościół San Pietro in Vincoli,
Rzym)

Biblia jest przykładem długiej transmisji tekstu,
której towarzyszyły „zanieczyszczenia” wynikające
m.in. z jego wyjątkowej roli.



Łukasz Niesiołowski-Spanò

Uniwersytet Warszawski

**dr hab. Łukasz
Niesiołowski-Spanò,
prof. UW**

Pracuje na Wydziale
Historii Uniwersytetu
Warszawskiego. Zajmuje
się głównie historią
starożytnej Palestyny
w I tys. p.n.e.
Członek Rady
Upowszechniania Nauki
przy Prezydium PAN.
l.niesiolowski@uw.edu.pl

Karta greckiego tekstu Biblii
z Kodeksu Synajskiego

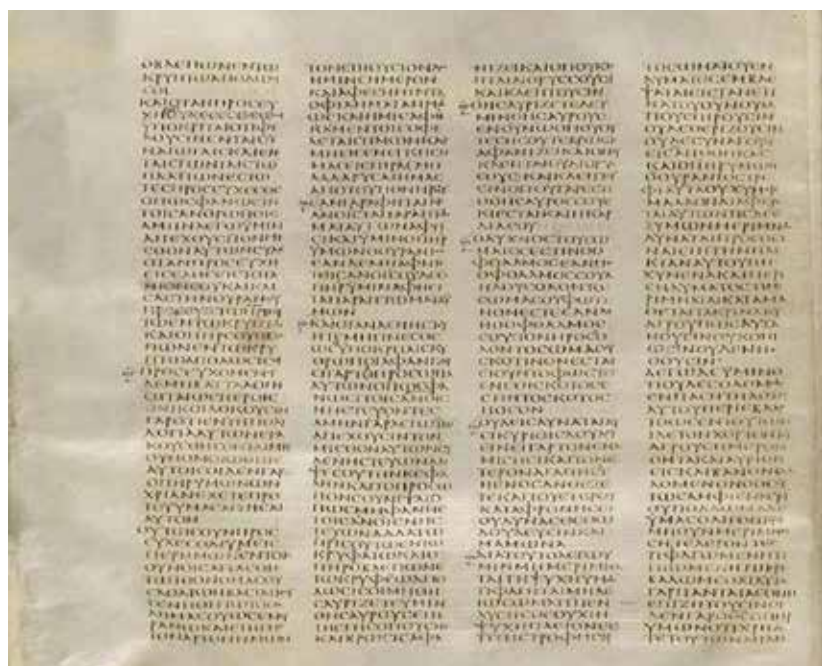
Dla historyka oczywiście jest dążenie do zrozumienia znaczenia tekstu w jego najstarszej wersji. Służy temu krytyka tekstu, którą konwencjonalnie dzielimy na zewnętrzną i wewnętrzną. Krytyka zewnętrzna polega na opisie nośnika tekstu, który leży przed historykiem, a krytyka wewnętrzna polega na wydobywaniu z jego treści informacji pozwalających zrekonstruować czas i miejsce powstania, autorstwo oraz okoliczności ważne dla rekonstrukcji znaczeń tekstu. W wypadku Starego Testamentu krytyka tekstu jest procesem dość skomplikowanym. Najpowszechniejsze – przez stulecia – w Europie wersje tekstu nie były tekstami oryginalnymi, lecz tłumaczeniami: Wulgatę przetłumaczył na łacinę Hieronim (IV/V wiek n.e.), a nad Septuagintą, pochodzący jeszcze ze starożytności przekład na grekę, pracowało wielu autorów (co zapewne było procesem długotrwałym). Jest również – dla części Starego Testamentu – wersja hebrajska, której użytkownikami przez wieki byli głównie Żydzi. Od czasów przełomu protestanckiego w Europie Zachodniej pojawił się postulat odchodzenia od wersji łacińskiej Biblii na rzecz przekładów na języki narodowe (łatwiejsze w percepcji dla odbiorców), lecz przekłady te miały opierać się na wersji oryginalnej Biblii, a zatem na tekście hebrajskim. Postulat *veritas hebraica*, czyli prymatu wersji tekstów biblijnych zapisanych przez Żydów po he-

brajsku, zakłada, że starożytne tłumaczenia na grekę i łacinę zniekształcały pierwotne przesłanie, a tekst hebrajski przechował brzmienie oryginalne – w domyśle tekst natchniony.

Paradoksem jest jednak fakt, że w teorii bliższy oryginałowi tekst hebrajski opieramy głównie na rękopisach spisanych dopiero w średniowieczu. Najstarszy pełny tekst Biblii hebrajskiej (hebr. *TaNaCh*, od: *Tora* – prawo, *Nebiim* – prorocy i *Ketuwwim* – pisma) zawiera tzw. Kodeks Petersburski (przez pewien czas nazywany również Kodeksem Leningradzkim), który został napisany przez skrybę Ben Aszera w 1008 roku. Nieco starszy jest Kodeks z Aleppo (I połowa X wieku), lecz z uwagi na jego niekompletność krytyczne edycje naukowe opierają się na Kodeksie Petersburskim. Wcześniej niż o kilka stuleci są najstarsze greckie rękopisy Starego (i Nowego) Testamentu zebrane w tzw. Kodeksach: Synajskim, Aleksandryjskim czy Watykańskim. Rękopisy tych kodeksów pochodzą z IV i V wieku, są zatem starsze od najstarszych znanych nam pełnych tekstów Biblii hebrajskiej o ponad pół tysiąclecia. Analogicznie przekład na łacinę został dokonany 600 lat przed spisaniem Kodeksu Petersburskiego. Dlaczego zatem, szukając tekstu oryginalnego, korzystając z tekstu spisanego później, lecz w języku oryginału, a nie wcześniej (czyli bliżej czasów powstania starożytnego pierwowzoru), ale w wersji tłumaczonej?

Nowe dane

XX wiek przyniósł badaczom nowe dane, a w efekcie wymusił nowe podejście do analizy tekstu Biblii. Wśród rękopisów odnalezionych w połowie XX wieku w jaskiniach nieopodal brzegów Morza Martwego (często łączonych z osadą w Qumran) znaleziono bowiem liczne fragmenty Starego Testamentu. Przeważały teksty napisane po hebrajsku, lecz były tam również teksty biblijne po grecku. Wszystkie one są datowane na II wiek p.n.e. – I wiek n.e. Są zatem rękopisami odzworowującymi praktyki używania tekstów biblijnych przez mieszkańców Palestyny mniej więcej w czasach życia Jezusa. Badania nad biblijnymi rękopisami znad Morza Martwego wykazały ciekawą prawidłowość: niemal połowa hebrajskich rękopisów biblijnych nie zgadzała się w pełni z wersją zachowaną w Kodeksie Petersburskim, czyli standardowym tekście Biblii hebrajskiej. Pamiętając przy tym o rękopisach spisanych po grecku i aramejsku, które również pochodziły od innej wersji tekstu hebrajskiego niż ta, którą znamy z rękopisu Ben Aszera, należy uznać, że hipoteza o *veritas hebraica* jest oparta na chwiejnych podstawach. Zanim zatem powstało pojęcie tekstu kanonicznego, a więc zamkniętej listy ksiąg oraz – w teorii – niezmiennego tekstu, w świecie wyznawców judaizmu istniała duża różnorodność tradycji literackiej, która składała się na zróżnicowaną literaturę biblijną.



Płynie z tego pesymistyczny wniosek, że to, co uchodzi za najlepsze źródło, bo kontynuuje rabiniczną transmisję tekstu hebrajskiego, nie musi być najbliższe wersji oryginalnej. Może być przecież tak, że „zanieczyszczenia” tekstu, które wdarły się do niego podczas tysiąca lat rękopiśmiennej transmisji, na tyle zniekształciły detale, że trudno je obecnie odczytać. Czytając krytyczne wydania hebrajskiego tekstu biblijnego, posługujemy się przy tym systemem wokalizacji tekstu spółgłoskowego, nazywanym Masorą. Jest to opracowany przez tzw. tannaitów – uczonych w piśmie działających w I–II wieku n.e. – zestaw znaków diakrytycznych wskazujących na wokalizację, akcentowanie i interpunkcję. Jest to zatem kolejny filtr, który może wskazywać na właściwą interpretację poszczególnych słów, może również stanowić ich zmianę wobec intencji autorów. Dobrze znanym przykładem ingerencji w oryginalne brzmienie słów w Biblii hebrajskiej jest zmiana imienia „Iszbaal” na „Iszboszet”, by usunąć z tekstu człon „baal”, sugerujący imię boga konkurującego z Jahwe, i zastąpić je słowem „boszet” – wstyd.

W poszukiwaniu oryginału

W poszukiwaniu oryginalnej, a więc najbardziej prawdziwej formy tekstu, należy zatem wyjść poza wynikające z teologicznej oceny wartości tekstów biblijnych jako nośników słowa Bożego i sięgać do możliwie wielu wersji, by za pomocą narzędzi filologicznych oraz historycznych doszukiwać się pierwotnych brzmień i intencji. Bywa bowiem tak, że np. jakaś nazwa miejscowa lub imię osoby zostało zachowane w brzmieniu najbliższym oryginałowi w tłumaczeniu koptyjskim, gruzińskim lub aramejskim. Wskazane powyżej „zanieczyszczenia” Biblii są zjawiskiem dobrze znanym biblistom, stąd współczesne badania nad tekstem stały się z konieczności zespołowymi pracami wykorzystującymi wiele różnych wariantów i odmian tekstu w wielu językach.

Jest jeszcze inny sposób „zanieczyszczenia” tekstu, na który historyk musi być specjalnie wyczulony. Chodzi mianowicie o zniekształcenia wynikające z tradycji interpretacyjnej. Biblia jest niezwykle ważnym tekstem kultury i centralnym źródłem treści objawionych dla wyznawców kilku religii. Z tego też powodu badacze znacznie silniej niż w przypadku innych tekstów starożytnych są uwikłani w tradycyjne interpretacje. Kontynuowane przez stulecia rozumienie Biblii ma wpływ na współczesnych badaczy, niekiedy bardzo silnie „zanieczyszcza” im obraz. Przykładem dobrze ilustrującym to zjawisko mogą być „rogi” Mojżesza. Właśnie z nimi przedstawił Mojżesza Michał Anioł, literalnie odczytując łaciński tekst w Wj 34,29, gdzie hebrajski zwrot o promieniującej twarzy zastąpiono terminem *cornuta esset facies sua*. Innego rodzaju konwencja nakładająca na nas interpretacyjne ogra-



niczenia wiąże się z Dekalogiem. Tradycyjnie mówimy o 10 przykazaniach, mimo że dwie – nieco różniące się od siebie – wersje w Wj 20,2–17 oraz Pwt 5,6–21 – zawierają większą liczbę poleceń.

Tradycyjne podejście

Wyraźnie widać różne echa tradycji w analizie miejsc o kluczowej roli dla treści teologicznych. Chrześcijańska teologia wybija wątki Starego Testamentu, które przez wieki interpretowano jako zapowiadające nadejście Mesjasza. W judaizmie z kolei akt stworzenia opisany w Rdz 1 nieco wbrew tekstowi interpretowano jako *creatio ex nihilo*. Ale i wcześniej, w czasie formowania się Biblii hebrajskiej, dochodziło do różnych ingerencji w tekst, co wynikało ze zmieniających się okoliczności politycznych czy koncepcji religijnych. Dla przykładu, *passusy* zawierające wątki ideologii monarchicznej ulegały redakcji w czasach, gdy Judejczycy rządili się bez królów, a dworski utwór o charakterze erotyku – *Pieśń nad Pieśniami* – ubrano w konwencję tekstu parareligijnego. Odpowiednio też przemodelowano narracje o najdawniejszej mitycznej przeszłości, by te wspierały aktualną sytuację społeczną, polityczną i religijną czasów redakcji tekstu.

Praca historyka posługującego się źródłami biblijnymi jest zatem szczególnie trudna właśnie z uwagi na „zabrudzenia” tekstu źródłowego i samego sposobu jego analizy. Przekopywanie się przez warstwy staje się przy tym nie tylko doszukiwaniem się znaczeń pierwotnych, zawartych w najdawniejszych warstwach tekstu, lecz także odczytywaniem intencji, politycznych i religijnych poglądów redaktorów, przez których ręce Biblia przechodziła. Odkrywanie intencji osób, które modyfikowały wcześniejszy tekst, też stanowi bezcenną wiedzę o ówczesnych poglądach, literackich narzędziach, światopoglądzie odbiorców oraz celach, które stawiali sobie starożytni redaktorzy. ■

Karta tekstu
Biblii hebrajskiej
z Kodeksu Petersburskiego

Chcesz wiedzieć
więcej?

Bazyliński S., *Wprowadzenie do studium Pisma Świętego*, 2010.

Niesiołowski-Spanò Ł., Stebnicka K., *Historia Żydów w starożytności. Od Thotmesa do Mahometa*, 2020

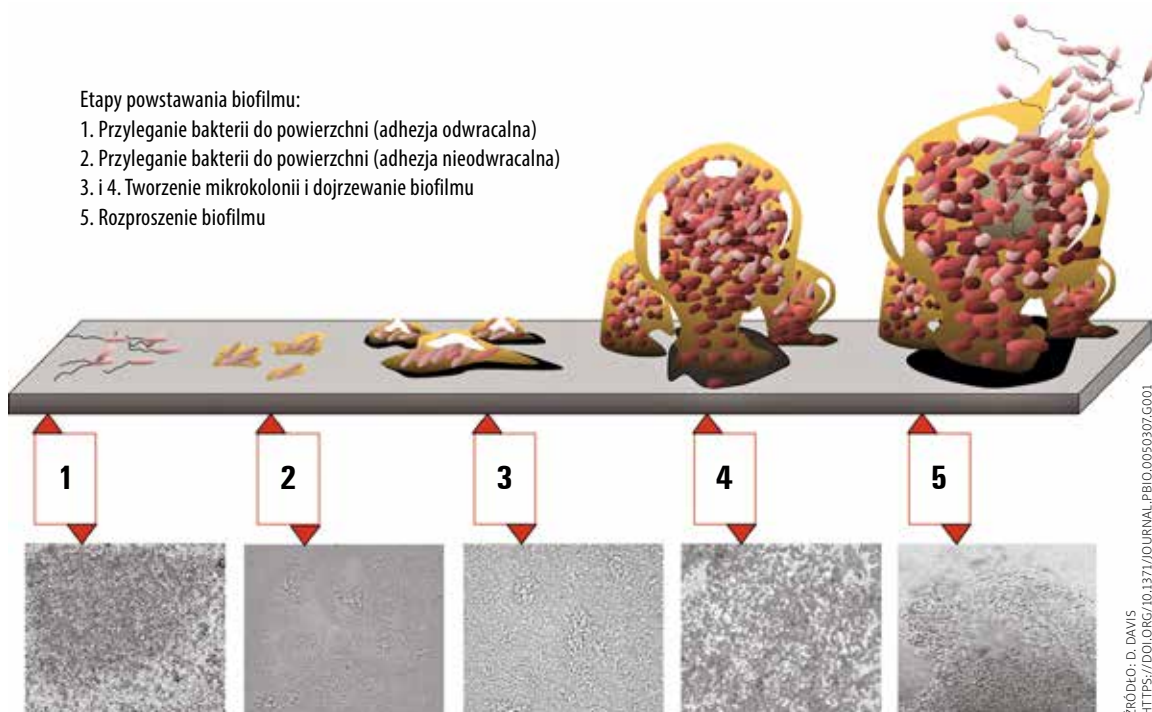
Rogerson J.W., *Powstanie Pięcioksięgi: cztery wykłady*, 2006.

**mgr inż.****Mateusz Gemba**

Specjalista ds. żywienia człowieka i oceny żywności, doktorant w Instytucie Nauk o Żywieniu Człowieka SGGW w Warszawie, wykładowca w Wyższej Szkole Inżynierii i Zdrowia w Warszawie, nauczyciel w Powiatowym Zespole Szkół Ponadpodstawowych im. Jerzego Siwińskiego w Legionowie.
mateusz.gemba@wsiiz.pl

Etapy powstawania biofilmu:

1. Przyleganie bakterii do powierzchni (adhezja odwracalna)
2. Przyleganie bakterii do powierzchni (adhezja nieodwracalna)
3. i 4. Tworzenie mikrokolonii i dojrzewanie biofilmu
5. Rozproszenie biofilmu



ŹRÓDŁO: D. DAVIS
HTTPS://DOI.ORG/10.1371/JOURNAL.PBIO.0050307.G001

BAKTERYJNE MIASTA ŚLUZU

Choroby przenoszone przez żywność stanowią poważny problem dla zdrowia publicznego zarówno w krajach rozwiniętych, jak i rozwijających się. Bakterie tworzące biofilmy są szczególnie trudne do zwalczenia i wymagają starannych środków zaradczych.

Mateusz Gemba

Wyższa Szkoła Inżynierii i Zdrowia w Warszawie

Bakterie potrafią przystosować się do zmieniających warunków otoczenia, co umożliwia im osiedlanie się w prawie całej biosferze. Żeby przetrwać w zmiennych i zróżnicowanych warunkach środowiskowych, bakterie wytwarzają mechanizmy obronne,

tw. biofilm. Zdefiniowano go jako zbiór mikroorganizmów, które przylegają do siebie oraz do powierzchni stałej. Drobnoustroje, tworzące biofilm, potrafią zaadaptować się do warunków otoczenia. Często są osadzone w wytworzonej przez siebie substancji polimerycznej (*extracellular polymeric substances* – EPS), nazywanej śluzem lub glikokaliksem. EPS sprawia, że biofilm jest układem nieruchomym, który ma również zdolność dostosowywania się do warunków środowiska. Biofilm zapewnia fizyczną i strukturalną barierę przed bodźcami mechanicznymi i fizycznymi oraz sprzyja ochronie genotypu. EPS powoduje unie-

ruchomienie biofilmu na powierzchni, jednocześnie umożliwiając mu dostosowanie się do zmieniających się warunków środowiskowych. Ponieważ bakterie żyjące w złożonym trójwymiarowym biofilmie są liczne i tworzą swego rodzaju społeczność, biofilmy można traktować jako małe bakterijne „miasta śluzu”. Biofilmy powstające m.in. w środowiskach, gdzie przetwarza się żywność, mają szczególne znaczenie, ponieważ mogą działać jako trwałe źródło skażenia mikrobiologicznego, co może prowadzić do psucia się żywności lub przenoszenia chorób.

Biofilm

Większość bakterii żyje w biofilmie, by przystosować się do trudnych warunków środowiskowych. Biofilmy najczęściej występują na wilgotnych powierzchniach, takich jak żywność, sprzęt do przetwórstwa żywności, rurociągi wodne i przemysłowe, urządzenia medyczne, wentylacja, tkanki i narządy ludzkie. Tworzenie biofilmu przez bakterie jest procesem uwarunkowanym wieloma czynnikami, począwszy od cech mikroorganizmów, właściwości podłoża, na którym powstaje biofilm, a na warunkach środowiskowych i dostępności substratów pokarmowych dla komórek bakterijnych skończywszy.

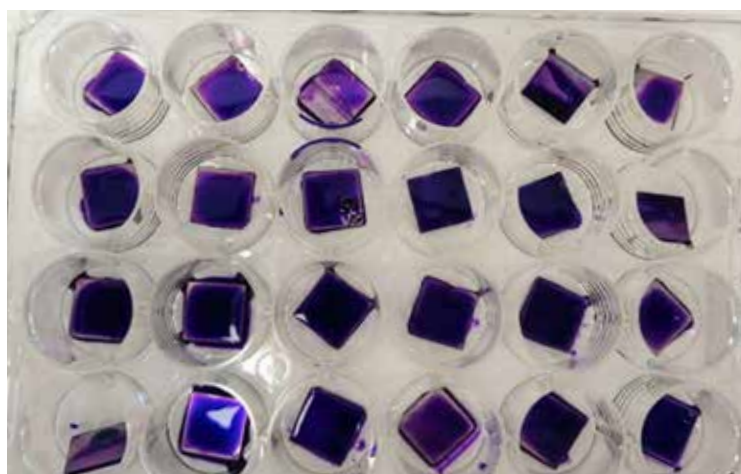
Tworzenie biofilmu obejmuje głównie cztery etapy: adhezję bakterii (przyleganie bakterii do powierzchni), tworzenie mikrokolonii, dojrzewanie biofilmu bakterijnego i rozproszenie. Początkowy etap tworzenia biofilmu zależy od interakcji między zmianami środowiskowymi a regulacją sygnałów bakterijnych. Na przyczepność wpływają przede wszystkim właściwości powierzchni, takie jak chropowatość i oddziaływanie hydrofobowe. Przyłączenie komórek zachodzi szybciej na powierzchniach hydrofobowych niż hydrofilowych. Przy powierzchniach hydrofobowych woda spływa z materiału, powłoka hydrofobowa odpycha cząsteczki wody. Z kolei powierzchnie hydrofilowe mają skłonność do łączenia się z cząsteczkami wody. Hydrofobowość powierzchni komórek, obecność fimbrii (włosowatej struktury bakterii, która umożliwia przyleganie bakterii do innej komórki/powierzchni) i wici (organelli komórkowych wystających z powierzchni komórek bakterii, umożliwiających ruch bakterii), a także poziom wytworzonych polimerów zewnątrzkomórkowych są głównymi czynnikami, które mają wpływ na szybkość oraz stopień adhezji bakterii do różnych podłoży. Adhezja bakterii do powierzchni może być odwracalna i nieodwracalna. W przypadku odwracalnego przylegania bakterie przypadkowo przyklejają się do powierzchni dzięki niektórym organelom zewnątrzkomórkowym, takim jak wici, pilusy, i niewielkiej ilości EPS. Na tym etapie można jeszcze łatwo pozbyć się biofilmu przy użyciu środków chemicznych i fizycznych. Gdy komórki bakterii znajdują się w odległości 1,5 nm od powierzchni

adhezyjnej, zwiększa się działanie wiązań wodorowych i oddziaływań hydrofobowych. Bakterie pokrywają zasiedlaną powierzchnię pojedynczą warstwą, następnie wzrasta synteza i wydzielanie EPS, które powoduje adhezję kolejnych komórek mikroorganizmów. Adhezja staje się nieodwracalna, a mikroorganizmy silnie przylegają do powierzchni. Następnie tworzą się mikrokolonie. Na tym etapie występuje zjawisko quorum sensingu – jest to bakteryjny system komunikacji wewnętrznej. Wynikiem quorum sensingu jest wydzielanie cząsteczek sygnałowych regulujących ekspresję odpowiedniego genu i wydzielanie EPS. W kolejnym etapie tworzenia biofilmu następuje namnażanie komórek bakterii oraz ich różnicowanie. Nabyte właściwości są przekazywane komórkom sąsiednim lub potomnym. Proces dojrzewania biofilmu i jego architektura są regulowane głównie przez sygnały przekazywane przez różne bakterie. Ostatnią fazą w rozwoju biofilmu jest oderwanie komórek od błony biologicznej oraz ich rozproszenie w środowisku. Mechanizmy działające na tym etapie dzielą się na dwie kategorie: aktywne i pasywne. Aktywne rozproszenie wiąże się z mechanizmami inicjowanymi przez bakterie, które potrafią aktywnie oderwać się od biofilmu, by rozpocząć nowy cykl kolonizacji. Pasywne rozproszenie ma miejsce, gdy do oderwania komórek przyczyniają się siły zewnętrzne. Dyspersja biofilmu może nastąpić w wyniku zwiększonego naprężenia ścinającego, braku składników odżywczych lub wewnętrznych zmian biochemicznych w komórkach bakterii.

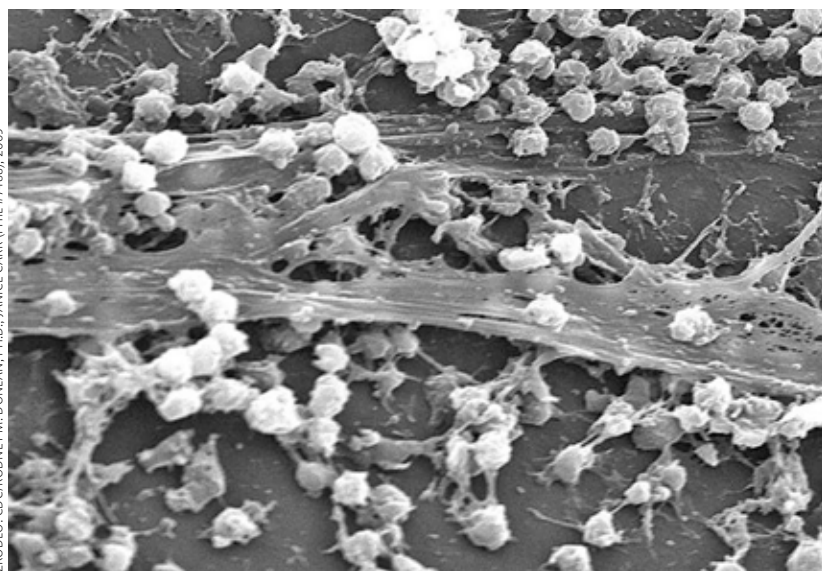
Żywność

Rozwinięty biofilm niekorzystnie wpływa na warunki higieniczne w przemyśle spożywczym i prowadzi do zanieczyszczenia krzyżowego produktów. Mleko należy do produktów łatwo psujących się oraz podatnych na skażenie mikrobiologiczne. W przetwórnictwie mleczarskim izoluje się bakterie z rodzaju *Enterobacter*, *Listeria*, *Micrococcus*, *Streptococcus*, *Bacillus*,

Analiza tworzenia biofilmu przez szczepy patogenne na powierzchni stali nierdzewnej



MATEUSZ GE M&A



Biofilm
Staphylococcus aureus

Pseudomonas i *Staphylococcus*. Rozwój biofilmu tych patogenów może doprowadzić do ich rozpowszechnienia oraz zatruc pokarmowych. Wrażliwymi produktami pod względem mikrobiologicznym są ryby i owoce morza. W przetwórstwie rybnym szczególnie należy zwrócić uwagę na higienę sprzętu i używaną wodę, ponieważ mogą przyczyniać się one do zakażeń krzyżowych surowców bakteriami: *Vibrio cholerae*, *V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus*, *V. alginolyticus*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp., *Bacillus* spp., *Aeromonas* i *Pseudomonas* spp. Mimo wielu zabiegów oczyszczania oraz dezynfekcji woda morska pozostaje zanieczyszczona biofilmem utworzonym przez *Vibrio* spp. w systemie dystrybucji wody. *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* i *Salmonella* spp. wyizolowane z surowych ryb oraz powierzchni w zakładach przetwórstwa ryb są zdolne do wytwarzania biofilmu. Głównym problemem w zakładach przetwórstwa drobiu jest zanieczyszczenie bakteriami *Salmonella* spp. i *Campylobacter jejuni*. Najczęstszymi źródłami patogenów są kurcz, pasza, odchody oraz transport żywego drobiu. Poważnym zagrożeniem mikrobiologicznym może być żywność typu *ready to eat*. Z krewetek gotowych do spożycia wyizolowano szczepy *Vibrio parahaemolyticus*, *V. vulnificus*, *V. fluvialis*, *V. alginolyticus*, *V. cholerae*, *V. mimicus*, *V. harveyi*, z których ponad 90 proc. było zdolnych do produkcji biofilmu. Z owoców morza wyizolowano również zdolne do tworzenia biofilmu *Enterococcus faecalis*, *E. faecium*, *E. gallinarum*, *E. casseliflavus*, *E. hirae* i *E. durans*. Żywność typu *ready to eat* może być także zanieczyszczona biofilmem *Listeria monocytogenes*.

Zapobieganie zakażeniom

Tworzenie biofilmu jest procesem dość szybkim, dlatego w większości przypadków nie jest możliwe

czyszczenie i dezynfekowanie powierzchni i sprzętu wystarczająco często. Należy dokładnie określić odpowiednią częstotliwość dezynfekcji, by uniknąć dojrzewania biofilmu i gromadzenia się wchłoniętego materiału organicznego (pozostałości produktu), co może wpływać na stan higieniczny materiału i dostępność składników odżywczych dla bakterii. Zaleca się kontrolowanie czasu pracy między myciem a dezynfekcją linii technologicznych, np. linii pasteryzacyjnych w mleczarni. Uważa się, że mycie powierzchni w krótkich odstępach czasu jest skutecznym podejściem do zapobiegania tworzenia biofilmu. Dobór odpowiedniej konstrukcji i powierzchni sprzętu może ułatwiać procesy mycia i dezynfekcji oraz zmniejszać ryzyko tworzenia biofilmu. W przemyśle spożywczym są stosowane różne środki dezynfekujące, np. środki utleniające (nadtlenek wodoru, ozon, kwas nadoctowy), związki chloru, związki powierzchniowo czynne. Związki chloru pozwalają skutecznie usunąć biofilm *Staphylococcus aureus* i *Salmonella enterica*, ale tylko z powierzchni polipropylenu i stali nierdzewnej. Zaleca się stosowanie do dezynfekcji kombinacji różnych środków, np. połączenie podchlorynu sodu, siarczanu miedzi i nadtlenku wodoru umożliwia usunięcie początkowych biofilmów *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*. Stosowanie kombinacji różnych substancji może okazać się korzystne w przypadku uodpornienia się szczepu bakterii na jeden ze związków.

Najlepszym sposobem zapobiegania tworzeniu się biofilmu jest zahamowanie rozwoju bakterii. Dodatki do żywności mogą mieć działanie bakteriobójcze w przemyśle spożywczym. Pomarańczowy barwnik ekstrahowany z *Monascus* hamuje wzrost i rozwój *E. coli*. Estrы kwasów tłuszczowych i sacharozy, powszechnie stosowane jako środki powierzchniowo czynne, wykazują hamowanie wzrostu i rozwoju patogenów przenoszonych przez żywność: *B. cereus*, *B. subtilis*, *S. aureus*, *E. coli* O157:H7 i *S. typhimurium*. Nizyna w połączeniu z aldehydem cynamonowym (35 µg/ml) lub kwasem cytrynowym (175 µg/ml) może zwalczać biofilm *L. monocytogenes*. Dodanie i stosowanie dodatków do żywności pozwala na znaczne zmniejszenie liczby patogenów przenoszonych przez żywność, zmniejszając możliwości tworzenia się biofilmu.

Biofilmy powstałe w środowisku produkcyjnym, na powierzchniach użytkowych, elementach maszyn są odpowiedzialne za rozprzestrzenianie się mikroorganizmów chorobotwórczych, które mogą zagrażać zdrowiu np. konsumentów. Profilaktyką rozwoju biofilmu w zakładach produkcyjnych powinien być odpowiednio przygotowany plan utrzymania higieny powierzchni i sprzętu oraz stosowanie się do reżimu sanitarnego. Działania mające na celu zapobieganie powstawaniu biofilmu zapewniają jakość i bezpieczeństwo żywności. ■

Chcesz wiedzieć
więcej?

Beyenal H., *Fundamentals of Biofilm Research*, 2007.

Maciejczuk A., *Mikrofilm bakteryjny – społeczność komórek czy organizm?*, Laboratorium BioCEN on-line.

Thiele S., *Jak wirusy i bakterie rządzą naszym życiem. Nowe i zdumiewające ustalenia o naszych mikroskopijnych współlokatorach*, 2020.

KŁOPOT W PORADNICTWIE GENETYCZNYM

Nasz indywidualny genom jest uważany
za niezmienny, ale czasami pojawiają się mutacje.
Ich identyfikacja może stanowić wyzwanie.



**dr hab.
Janusz G. Zimowski**

Był asystentem
w Instytucie Biochemii
Wydziału Biologii UW
i asystentem
w Zakładzie
Genetyki IPIŃ.
Specjalizuje się
w genetyce chorób
rzadkich,
m.in. DMD/BMD, SMA
oraz chorób
prionowych.

janusz.zimowski
@cskmswia.gov.pl



24K-PRODUCTION/SHUTTERSTOCK.COM

Janusz G. ZimowskiZakład Genetyki i Genomiki
Państwowy Instytut Medyczny CSK MSWiA
w Warszawie

Bardzo często słyszymy, że otrzymany od naszych rodziców zestaw genów mamy dany raz na zawsze i że jest on niezmienny przez całe życie. W zasadzie to stwierdzenie jest prawdziwe, ale są od niego pewne odstępstwa.

Pierwszym wyjątkiem – mimo działania systemów naprawczych, które mamy – jest wpływ szeroko rozumianego środowiska na nasz genom. Są to czynniki powodujące mutacje (światło UV, czynniki oksydacyjne, wiele związków chemicznych itp.), które mogą w poszczególnych komórkach naszego ciała prowadzić do zmian w sekwencji nukleotydowej DNA. Zmiany mogą być nieistotne i nigdy się o nich nie dowiemy, ale mogą też mieć poważne konsekwencje dla funkcjonowania komórek i prowadzić do procesów chorobotwórczych. W ten sposób tworzą się mutacje somatyczne, a więc takie, które powstają w komórkach budujących nasze ciało. Organizm stara się pozbyć uszkodzonych komórek, do czego wykorzystuje mechanizm programowanej śmierci komórki, czyli proces apoptozy. Niekiedy zmieniona genetycznie komórka wymyka się spod kontroli i staje się komór-

ką nowotworową, zaczyna żyć życiem niezależnym od pozostałych komórek tego organizmu.

Mutacje

Innym wyjątkiem zmienności naszego genomu jest zbieranie informacji o tym, co spotkało organizm w czasie jego życia i „wpisywanie” tego w genom. Dzieje się tak przez chemiczną modyfikację DNA polegającą na metylowaniu niektórych odcinków bogatych w nukleotydy C i G (tzw. wyspy CpG). Proces ten jest najczęściej odwracalny i służy do regulacji działania wielu genów. On też może wymykać się spod kontroli organizmu i prowadzić do zmian patogenicznych. Powyższe modyfikacje, jeżeli nie dotkną komórek rozrodczych, nie są przekazywane potomstwu. Mogą jedynie wpływać na zdrowie osoby, w której genomie się pojawiają.

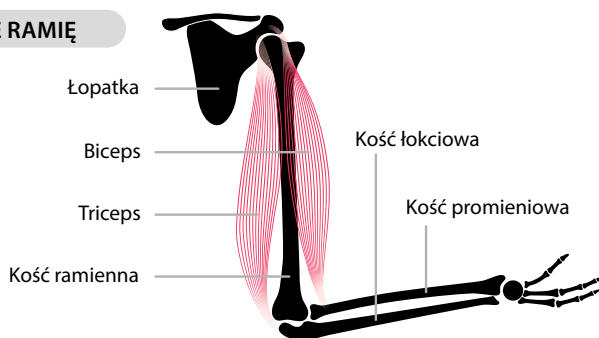
Inaczej przedstawia się sytuacja ze zmianami genetycznymi, które mogą pojawić się podczas powstawania komórek rozrodczych. Proces podziału komórek jest bardzo niedoskonały i może generować liczne błędy, tworząc poza prawidłowymi wadliwe komórki rozrodcze. Komórka zawierająca zmianę genetyczną, biorąc udział w zapłodnieniu, daje życie nowemu organizmowi i wprowadza do jego genomu ową zmianę. Część takich zmian wystąpi w sekwencjach niekodujących lub niemających znaczenia w procesach regulacji działania genomu i się nie ujawni (nie wpłynie na funkcjonowanie organizmu), część będzie miała znaczenie w połączeniu z odziedziczonymi po przodkach (wcześniej powstałymi) mutacjami i da efekt fenotypowy (zachorowanie), ale będą i takie, które dadzą efekt patogeniczny.

Oddzielną grupą zmian genetycznych jest wystąpienie mutacji w czasie embriogenezy, gdy dzielące się komórki różnicują się, tworząc klony komórek będących początkiem poszczególnych tkanek. Gdy zmiana sekwencji nukleotydowej DNA wystąpi w komórce, która jest jedną z pierwszych komórek klonu prowadzącego do powstania np. gonady, to zmiana ta będzie tylko wśród komórek powstającego organu. Pozostałe komórki tego organizmu będą – w znaczeniu genetycznym – prawidłowe i organizm rozwinie się bez widocznych zmian. Nosiciel/nosicielka takiej zmiany nie będzie mieć świadomości, że w jego/jej organizmie są zmutowane komórki. Ta zmiana genetyczna może ujawnić się dopiero w następnym pokoleniu i to pod warunkiem, że w zapłodnieniu weźmie udział zmutowana komórka rozrodcza.

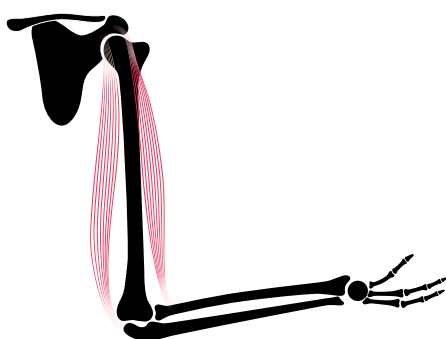
Choroby genetyczne

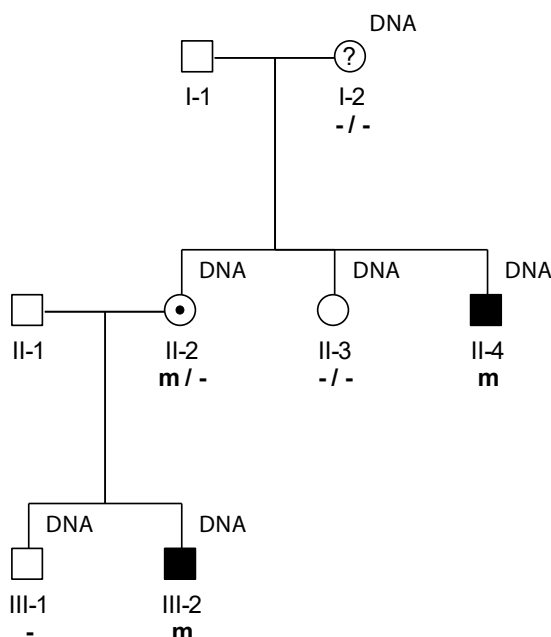
Wśród wielu poznanych chorób uwarunkowanych genetycznie znajduje się dystrofia mięśniowa Duchenne’a/Beckera (DMD/BMD). Dziedziczny się ona w sposób recesywny sprzężony z płcią, co oznacza,

NORMALNE RAMIĘ



DYSTROFIA MIĘŚNIOWA





że dotyczy chłopców, a kobiety pozostają zdrowe. Choroba w swojej ostrej postaci (DMD) ujawnia się – a właściwie jest rozpoznawana – przed końcem trzeciego roku życia, mimo że pewne dyskretne jej objawy mogą być zauważone wcześniej. Choroba powoduje postępujący i nieodwracalny zanik mięśni szkieletowych, prowadząc do unieruchomienia w 10. roku życia oraz do nieuchronnej śmierci w trzeciej dekadzie życia chorego. Podłożem tej choroby są zmiany w sekwencji nukleotydowej genu, położonego na chromosomie X odpowiedzialnego za kodowanie informacji o syntezie białka nazwanego dystrofina. Zmiany te powodują całkowity brak białka koniecznego do prawidłowego funkcjonowania komórek mięśniowych. Utrzymująca się stała częstość zachorowania (około 1 na 3500 żywo urodzonych chłopców) mimo bezpotomnej śmierci chorych mężczyzn świadczy o systematycznie nowo powstających tego typu mutacjach. Dodatkowo wyjątkowo ciężki przebieg choroby i brak terapii opartej na usunięciu przyczyny zachorowania powoduje wysokie zainteresowanie diagnostyką kobiet, które są nosicielkami, zwłaszcza w rodzinach dotkniętych DMD/BMD.

Diagnostyka molekularna nosicielstwa DMD/BMD polega na poszukiwaniu w genomie kobiety mutacji w genie dystrofiny. Oczywiście kobiety, mając dwa chromosomy X (mężczyźni mają jeden chromosom X i jeden chromosom Y), posiadają dwie kopie tego genu, a nosicielki DMD/BMD jedną uszkodzoną, a drugą prawidłową. Produkowane białko z nieuszkodzonej kopii genu zapewnia kobietom nosicielkom prawidłowe funkcjonowanie komórek mięśniowych. Niestety, kobieta nosicielka DMD/BMD ma wysokie, bo 50-proc. ryzyko urodzenia syna cierpiącego na tę chorobę.

Kobieta w rodzinie dotkniętej dystrofią mięśniową Duchenne'a/Beckera, w której np. chory jest brat i syn,

jest na pewno nosicielką choroby, a mutację odziedziczyła po swojej matce. Pojawienie się pierwszego zachorowania w rodzinie (brak informacji o innych chorych krewnych w rodzinie matki) stawia pytanie, czy matka chorego syna ma w swoim genomie ukrytą mutację i jest zagrożona ryzykiem urodzenia kolejnego dziecka, które będzie mieć to schorzenie, czy też jest to przypadek spowodowany nowo powstałą mutacją i ryzyko wystąpienia kolejnego zachorowania jest bardzo niskie, równe populacyjnemu. Uwzględniając stałą częstość wystąpienia DMD/BMD i bezpotomną śmierć chorych osób, teoretyczne prawdopodobieństwo nosicielstwa przez matkę (u syna dotkniętego chorobą) wynosi 66 proc. Oznacza to, że 33 proc. matek chorych chłopców nie jest obciążona nosicielstwem choroby. Rozstrzygającą odpowiedzią na to pytanie może dać badanie molekularne.

Diagnostyka

Analizę rozpoczyna się od zidentyfikowania mutacji u chorego chłopca, by potwierdzić rozpoznanie kliniczne postawione przez lekarza. W dalszej kolejności prowadzi się badania nosicielstwa u kobiet z nim spokrewnionych. Badanie nosicielstwa tak jak i badanie molekularne chorego wykonuje się z użyciem DNA wyizolowanego z komórek krwi. Przyjmuje się, że są one reprezentatywne dla wszystkich komórek badanego organizmu. Znalezienie w tak skonstruowanym badaniu mutacji u chorego i jego matki daje jednoznaczny informację – pewny status nosicielstwa. Inaczej jest w przypadku nieznalesienia mutacji zidentyfikowanej u chorego syna. Zwykle jest to interpretowane jako wykluczenie nosicielstwa, jednak taki wniosek może być obciążony błędem wynikającym z użycia do badania DNA materiału genetycznego nie pochodzącego z komórek rozrodczych badanej osoby. Kobiety, u których w badaniu molekularnym nie wykryto mutacji genu dystrofiny, a które rodzą kolejne dziecko z mutacją powodującą DMD/BMD, mają tzw. mozaikowość germinálną, czyli klony komórek zmutowanych wśród komórek prawidłowych. Możemy taką sytuację określić mianem ukrytego nosicielstwa. Szacuje się, że częstość mozaikowości germinálnej wśród kobiet, u których wykluczono nosicielstwo dystrofii mięśniowej Duchenne'a/Beckera, wynosi powyżej 10 proc.

Przedstawione zjawisko mozaikowości germinálnej stanowi istotny problem w poradnictwie genetycznym, uniemożliwiając pewne wykluczenie statusu nosicielstwa. Z tego powodu kobiety, które urodziły syna dotkniętego dystrofią mięśniową Duchenne'a/Beckera i u których w badaniu molekularnym ich genomu nie wykryto mutacji powodującej chorobę, należy zawsze poinformować, że mają podwyższone ryzyko urodzenia syna dotkniętego DMD/BMD lub córki nosicielki tej choroby. ■

Przykładowy rodowód rodziny dotkniętej dystrofią mięśniową Duchenne'a/Beckera. Kwadrat symbolizuje osobę płci męskiej, kółko osobę płci żeńskiej. Zaczernione symbole oznaczają osoby chore, czarna kropka wewnątrz symbolu oznacza nosicielstwo mutacji. Znak zapytania umieszczono wewnątrz symbolu kobiety, która – jak wynika z badania molekularnego – nie jest nosicielką mutacji, a której dwoje dzieci ma w swoim genomie mutację chorobotwórczą, co oznacza ukryte nosicielstwo spowodowane mozaikowością germinálną.

Chcesz wiedzieć więcej?

Bal J. (red. nauk.), *Genetyka medyczna i molekularna*, 2019.

Bermúdez-López C., García-de Teresa B., González-del Angel A., Alcántara-Ortigoza M.A., *Germinal Mosaicism in a Sample of Families with Duchenne/Becker Muscular Dystrophy with Partial Deletions in the DMD Gene*, „Genetic Testing and Molecular Biomarkers” 2014.

Melis M.A., Cau M., Congiu R., Puddu R., Muntori F., Cao A., *Germinal mosaicism in a Duchenne muscular dystrophy family: implications for genetic counselling*, „Clinical Genetics” 1993.

Zlotogora J., *Germ line mosaicism*, „Human Genetics” 1998.

**dr inż. Anna Juras**

Pracuje w Instytucie
Biologii i Ewolucji
Człowieka na Wydziale
Biologii Uniwersytetu
im. Adama Mickiewicza
w Poznaniu jako
adiunkta.
Z wykształcenia
biotechnolożka
i antropolożka. Zajmuje
się badaniami
kopalnego ludzkiego
DNA. Interesuje się
pochodzeniem
populacji historycznych
i pradziejowych
z Europy Centralnej oraz
ich migracjami
w okresie od neolitu
do średniowiecza.
anna.juras@amu.edu.pl

HISTORIA ZAPISANA W KOŚCIACH



Badacze w laboratorium
kopalnego DNA na Wydziale
Biologii UAM

Uzyskanie z kopalnych ludzkich szczątków materiału genetycznego do badań jest trudne głównie z powodu zanieczyszczenia próbek.

**Anna Juras
Maciej Chyleński**

Instytut Biologii i Ewolucji Człowieka
Wydział Biologii
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Kwas deoksyrybonukleinowy, czyli DNA, występuje w komórkach wszystkich żyjących organizmów. Jest on polimerem składającym się z czterech rodzajów podjednostek zwanych nukleotydami: tyminy (T), cytozyny (C), guaniny (G) i adeniny (A), za pomocą których jest zakodowana informacja przechowywana w DNA. Jest on także obecny po śmierci w szczątkach kostnych i wówczas nazywamy go kopalnym DNA (z angielskiego *ancient DNA* – aDNA). W przeciwieństwie do materiału genetycznego pochodzącego z żywych organizmów aDNA jest silnie pofragmentowany i posiada charakterystyczne zmiany w swojej strukturze, które powstają w wyniku procesów depozycyjnych i postdepozycyjnych zachodzących po śmierci (*post-mortem*) organizmu. W pierwszej fazie DNA ulega fragmentacji pod wpływem enzymów tnących kwasy nukleinowe (w tym DNA), czyli tzw. endogennych nukleaz, które zostają uwolnione w wyniku śmierci komórkowej. Następnie DNA jest degradowany przez mikroorganizmy (głównie bakterie). W dalszej kolejności, wraz z upływem czasu, DNA ulega degradacji na skutek działania czynników środowiska, w tym wody, temperatury, tlenu czy promieniowania UV. Przykładowo pod wpływem wody może dochodzić do tzw. depurynacji hydrolitycznej, czyli przecinania DNA w miejscach, gdzie występują puryny, tj. G i A, lub do tzw. deaminacji nukleotydów. To drugie zjawisko najczęściej prowadzi do zamiany C w uracyl, czyli nukleotyd, który jest później interpretowany jako T. Dlatego ostatecznie w wyniku tych przemian na końcach fragmentów aDNA zamiast C występuje T, a na nici komplementarnej w miejscu G pojawia się A. Mutacje te następują stopniowo i są typowe dla aDNA. Dotyczą one głównie 10 ostatnich nukleotydów każdego fragmentu DNA.

Czas, który upłynął od momentu depozycji do pobrania próby do badań molekularnych, jest niewąt-

pliwie czynnikiem limitującym, choć to głównie środowisko, w którym zostały zdeponowane materiały kostne, ostatecznie decyduje o stanie zachowania aDNA. Co ciekawe, już po blisko 150 latach średnia długość fragmentów aDNA wynosi zaledwie około 40 do 80 par zasad. Powyższe cechy oraz fakt, że materiał kostny jest podatny na zanieczyszczenia współczesnym, egzogennym DNA, powoduje, że praca z kopalnym materiałem genetycznym jest jedną z najbardziej wymagających.

Zanieczyszczenia materiałów

Zanieczyszczenia współczesnym DNA były do niedawna – z uwagi na brak dobrych narzędzi do jego detekcji – przeszkodą w badaniach aDNA. Za najgroźniejsze uważa się zanieczyszczenie szczątków ludzkich przez DNA badaczy tych materiałów, począwszy od archeologów, przez antropologów fizycznych i muzealników, a na pracownikach laboratoriów kopalnego DNA skończywszy. Bezpośrednim źródłem zanieczyszczenia mogą być włosy,

Największe zagrożenie wiąże się z zanieczyszczeniami współczesnymi produktami już namnożonego DNA w laboratorium.

fragmenty naskórka, drobiny potu oraz oddech osób mających styczność z próbkami. Dlatego początkowe etapy pracy z materiałami kostnymi, w tym pobieranie próbek, powinno być wykonywane z zastosowaniem określonych środków ostrożności, które obejmują konieczność użycia kombinezonów, masek i jednorazowych rękawic oraz sterylnych narzędzi, np. do cięcia kości. Pobrane próby powinny być przechowywane w stanie zamrożenia, tak by zatrzymać dalszą degradację aDNA. Zanieczyszczenia współczesnym DNA są o tyle groźne, że metody amplifikacji materiału genetycznego (niezbędne do jego analizy i odczytania) mogą w preferencyjny sposób namnażać właśnie



dr Maciej Chyleński

Archeolog i genetyk, pracuje w Instytucie Biologii i Ewolucji Człowieka na Wydziale Biologii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Specjalizuje się w badaniach kopalnego DNA, a jego zainteresowania badawcze skupiają się głównie na rekonstrukcji struktury pokrewieństwa populacji pradziejowych oraz jej związków z procesami migracji. Zajmuje się również bioinformatycznymi analizami kopalnych genomów jądrowych, otrzymywanych w wyniku sekwencjonowania wysokoprzepustowego. maciej.ch@amu.edu.pl

tego typu materiał genetyczny. Największe zagrożenie wiąże się jednak z zanieczyszczeniami współczesnymi produktami już namnożonego DNA w laboratorium. Powstające w wyniku tzw. reakcji łańcuchowej polimerazy (PCR) stężenia DNA są nieporównywalnie większe niż ilości aDNA w badanych materiałach. Szacuje się, że jedna kropla aerozolu powstająca w wyniku otwarcia próbki zawierającej namnożony DNA może zawierać go więcej niż cały izolat aDNA. Dlatego też izolację kopalnego materiału genetycznego powinno się przeprowadzać w specjalnych laboratoriach zwanych czystymi, które muszą być fizycznie odseparowane od miejsc zwanych współczesnymi laboratoriami, w których pracuje się z namnożonym DNA. Separacja taka powinna polegać na lokalizacji

Dzięki szybkiemu rozwojowi technologii sekwencjonowania wysokoprzepustowego wzrasta ilość generowanych danych.

Pobieranie materiałów
kostnych do badań
kopalnego DNA

obu typów laboratoriów w innych budynkach (lub przynajmniej oddzielnych skrzydłach budynku) oraz instalacji osobnego, filtrowanego obiegu powietrza, wytwarzającego nadciśnienie w czystym laboratorium. Ponadto jest wymagane noszenie ubrań ochronnych, w tym pełnych kombinezonów, masek, środków ochrony oczu, podwójnych rękawic. Sama pracownia

aDNA powinna posiadać pomieszczenie zwane służące do przebierania się w strój ochronny. W trakcie pracy regularnie powinna być wykonywana dekontaminacja wszystkich powierzchni, sprzętów i narzędzi zarówno przez zastosowanie środków niszczących DNA, jak i naświetlania lampami wytwarzającymi promieniowanie UVC. Posiadanie sterylnej pracowni oraz przestrzeganie określonych procedur pracy pozwala na maksymalne zminimalizowanie ryzyka zanieczyszczenia materiałów kostnych współczesnym ludzkim DNA, a także na unikanie tzw. krzyżowych zanieczyszczeń między badanymi próbkami kostnymi.

Kolejnym typem zanieczyszczeń, z którymi spotykamy się w trakcie badań aDNA, są tzw. zanieczyszczenia środowiskowe i są one bezpośrednio związane z degradującą działalnością mikroorganizmów i ich wszechobecnym DNA. Próby kostne zwykle są mocno zanieczyszczone materiałem genetycznym pochodzenia bakteryjnego. Frakcja takiego materiału często stanowi ponad 90 proc. całkowitego izolatu DNA. Procedury stosowane w czystym laboratorium pozwalają na częściowe oczyszczenie prób z zanieczyszczeń środowiskowych znajdujących się na powierzchni materiałów kostnych, jednak ich całkowita eliminacja nie jest możliwa.

Weryfikacja autentyczności

Wszystkie kroki, które podejmujemy, pracując z kopalnym DNA, mają na celu uzyskanie izolatów DNA o najwyższej z punktu widzenia badań aDNA jakości. Oznacza to dążenie do uzyskania izolatów zawierających jak najmniejszy stosunek DNA środowiskowego do endogenego oraz ograniczanie ryzyka kontaminacji współczesnym DNA. W przypadku badania ludzkich szczątków odróżnienie fragmentów ludzkiego aDNA od materiału genetycznego bakterii nie przysparza trudności metodycznych, ale wymaga nakładu pracy i środków finansowych. Przyjmuje się, że do jakichkolwiek analiz nadają się materiały kostne zawierające przynajmniej 1 proc. endogenego ludzkiego DNA. Oznacza to, że w przypadku takich prób 99 proc. generowanych danych jest traktowane jako zanieczyszczenie środowiskowe.

Nieco więcej problemów może przysparzać weryfikacja autentyczności sekwencji aDNA i tym samym określenie poziomu ewentualnych zanieczyszczeń w postaci ludzkiego współczesnego DNA. Mimo to dysponujemy obecnie metodami i odpowiednimi narzędziami statystycznymi, które pozwalają na potwierdzenie faktu, że uzyskaliśmy autentyczny endogeny DNA. Sekwencjonowanie wysokoprzepustowe dostarcza nam sekwencji całych fragmentów DNA. Takie sekwencje zawierają w sobie dodatkowe informacje przydatne w wykrywaniu zanieczyszczeń. Ze względu na dużą ilość danych można te infor-





macje skwantyfikować i opracować statystycznie. Korzysta się w tym przypadku z cech typowych dla aDNA, a zatem mutacji *post-mortem*, w tym zmian C na T i G na A. Odpowiednio wysoka frakcja sekwencji posiadających tego typu zmiany świadczy o obecności aDNA. Ponadto analizujemy rozkład długości fragmentów DNA, który w przypadku kopalnego materiału genetycznego powinien pokazać przewagę fragmentów krótkich i bardzo krótkich. Poza tym liczba sekwencji, którą dysponujemy, umożliwia oszacowanie stopnia kontaminacji dzięki przyjrzeniu się sekwencjom zmapowanym do haploidalnych części badanych genomów, czyli takich, które powinny występować w jednym identycznym i niezmiennym wariancie u danej osoby. U ludzi takimi fragmentami genomu są mitochondrialny DNA oraz chromosomy X i Y (w przypadku osobników płci męskiej). Wszystkie niezgodności w sekwencjach pochodzących z tych części genomu mogą świadczyć o ich pochodzeniu od więcej niż jednej osoby, a więc zanieczyszczeniu izolatu DNA.

Rozwój badań

Badania aDNA (określane mianem archeogenetyki, paleogenetyki lub archeologii biomolekularnej) są jedną z najprężniej rozwijających się gałęzi bioarcheologii. Dzięki szybkiemu rozwojowi technologii sekwencjonowania wysokoprzepustowego wzrasta ilość generowanych danych, które możemy wykorzystywać w badaniach DNA. W konsekwencji w ciągu ostat-

niej dekady przeszliśmy od badania fragmentów pojedynczych genomów mitochondrialnych do badania pełnych genomów jądrowych setek osobników. Ilość generowanych danych pozwala też w jednoznaczny sposób określić autentyczność otrzymanych wyników, co przy użyciu starszej metodyki, opierającej się na bezpośrednim namnażaniu tylko wybranych fragmentów DNA, nie było możliwe. Przyrastająca ilość danych i spadające koszty sekwencjonowania pozwalają na analizy w coraz lepszej rozdzielczości. Badania ludzkiego aDNA dotyczą przede wszystkim populacji historycznych i pradziejowych głównie w kontekście ich pochodzenia, migracji czy rekonstrukcji pokrewieństwa biologicznego. Wszystkie jednak badania są zawsze wynikiem zmagania z zanieczyszczeniem zarówno DNA środowiskowym, jak i ludzkim, z czego – pobieżnie czytając wyniki takich analiz – nie zawsze zdajemy sobie sprawę. Przykładowo w projekcie dotyczącym badań populacji z epoki brązu, zamieszkujących tereny dzisiejszej Polski i Ukrainy 4200–3200 lat temu, ze 175 przebadanych izolatów DNA w 82 był obecny wysoki stopień zanieczyszczenia DNA środowiskowym, co wykluczyło je z dalszych analiz. Z kolei dwie próby musiały zostać wyłączone z badań z powodu zanieczyszczenia współczesnym ludzkim DNA. Ostatecznie jedynie kopalne genomy jądrowe 91 osób mogły zostać poddane dalszym analizom, co okazało się ilością wystarczającą do wykazania, że na przełomie wczesnej i środkowej epoki brązu (około 3800 lat temu) miała miejsce migracja, która w sposób istotny zmieniła europejską pulę genów. ■

Zęby i części skaliste kości skroniowych – najczęściej wykorzystywane materiały do izolacji kopalnego DNA

Chcesz wiedzieć więcej?

Chyleński M., Makarowicz P., Juras A. et al., *Patrilocality and hunter-gatherer-related ancestry of populations in East-Central Europe during the Middle Bronze Age*, „Nature Communications” 14/2023, doi: 10.1038/s41467-023-40072-9

POTRZEBA DYKTATURY EKOLOGICZNEJ

Zbyt duża wolność w produkcji i konsumpcji doprowadzi nas do zagłady, mówi **dr Magdalena Płonka** z Wydziału Nauk Historycznych i Społecznych Akademii Ekonomiczno-Humanistycznej w Warszawie.

Zarówno produkcja odzieży, jak i jej utylizacja truje środowisko, prawda?

MAGDALENA PŁONKA: To, co dzieje się z naszymi ubraniami po zakończeniu ich użytkowania, jest bardzo nieuregulowane. To dotyczy zarówno odzieży użytej, jak i tej, która nie została sprzedana. Może ona zalegać na wysypiskach śmieci z ogólnozmieszanymi odpadami albo trafić do punktów skupu związanych z działaniami handlowymi (second-hand) lub charytatywnymi. Ubrania przeznaczone na wysypisko często są wywożone tankowcami – a więc najbardziej

nieekologicznym środkiem transportu – do państw rozwijających się, które skupują i utylizują tekstylia w najprostszy możliwy sposób, paląc je. Emisja spalin z tankowców oraz pożarów zatruwa powietrze, a toksyczne związki spływają z deszczami do gleby i wody.

W jaki sposób produkcja tkanin wpływa na środowisko?

Żeby wyprodukować zwykłą koszulkę, wcześniej trzeba wyhodować krzew bawełny – w tym procesie zużywa się bardzo dużo wody i chemikaliów. Więk-





JACEK KURNIKOWSKI/AGP

szość konsumentów nie zdaje sobie sprawy z tego, że do zbierania bawełny stosuje się proces defoliacji. Jest to chemiczne pozabawianie krzewów wszystkich części zielonych po to, żeby na roślinach pozostały same kwiaty bawełny, które następnie zasysa kombajn przejeżdżający przez taką kilkuhektarową monokulturę. To agresywny proces, który ułatwia dalszą produkcję na masową skalę, ponieważ dzięki niemu bawełna jest mniej zanieczyszczona częściami zielonymi i szybciej zbierana. W kolejnym etapie bawełna jest odbarwiana, czyszczona chemicznie, żeby pozbyć się pozostałości celulozy. Proces zbiorów i obróbki włókna jest w dodatku wysoce energochłonny nie tylko ze względu na zużycie paliwa w maszynach, lecz także dalekosiężny transport oraz gręplowanie w fabryce. Co więcej, chemikalia stosuje się nawet na etapie końcowym obróbki materiału – barwienia, wykańczanego formaldehydem. Ten ostatni jest silnie toksyczny i rakotwórczy, a mimo to dopuszczony do użytkowania w branży odzieżowej.

Czyli bawełna, która kojarzy się z naturalnością, właściwie taka nie jest?

Przynajmniej połowa akademików wykładających materiałoznawstwo na całym świecie nie wie, że poliestr czy poliamid ma dużo mniejszy LCA (ang. *life cycle assessment*) niż bawełna, wełna czy jedwab, czyli popularne tkaniny naturalne. *De facto* wszystkie wymienione powyżej materiały mają drastycznie wysoki wpływ środowiskowy, często kilkunastokrotnie

wyższy niż przeciętny syntetyk. W praktyce oznacza to, że na wyprodukowanie kilograma bawełny trzeba zużyć dużo więcej wody, zniszczyć więcej ziemi i zanieczyszczyć więcej powietrza niż do wyprodukowania kilograma poliestru. Owszem, poliestr jest ropy pochodny, trudniej ulega biodegradacji, ale doskonale wpisuje się w politykę gospodarki cyrkularnej, która jest rekomendowana jako rozwiązanie przyszłości dla współczesnych gospodarek. Greenwashing dotyczący materiałów takich jak bawełna, wełna, jedwab czy skóry uprawia się celowo, poleca się je jako „naturalne”, zatajając prawdziwy, całociowy wpływ środowiskowy – LCA. To, jak dany materiał został wytworzony i jak funkcjonuje, świadczy o jego wpływie na środowisko, a nie to, jak się rozkłada. Biodegradacja jest ostatnim aktem w życiu produktu, a to jego pierwotne wytworzenie decyduje o tym, czy jest on eko, czy też nie. I tak np. w obliczeniach naukowych wpływ środowiskowy poliestru szacuje się na poziomie około 14 punktów LCA, a jedwabiu aż na 68.

Innym przykładem jest dyskusja wokół futer syntetycznych i naturalnych. W latach 60. Instytut Forda i Uniwersytet Michigan przeprowadziły badania, w których porównywano wpływ tych dwóch typów futra. Okazało się, że wpływ na środowisko futer naturalnych jest od 20 do 60 razy wyższy niż ich syntetycznych odpowiedników. Do obliczeń został wzięty pod uwagę także wpływ środowiskowy zwierząt wykorzystanych do produkcji futer, a także wszystkie usługi potrzebne po drodze do wytworzenia półproduktów.

Final Responsible Fashion Awards 2023, czerwiec 2023



AKPA

dr Magdalena Płonka

Tytuł doktora projektowania uzyskała na Kreatywnym Uniwersytecie w Portugalii (IADE Creative University). Pełni funkcję dziekana Wydziału Nauk Historycznych i Społecznych Akademii Ekonomiczno-Humanistycznej w Warszawie oraz wykładowczyni i dyrektorki w Międzynarodowej Szkole Kostiumografii i Projektowania Ubioru. Dwukrotna stypendystka Lion's Club, zdobywczyni wielu znaczących nagród i wyróżnień: Złotej Nitki, Srebrnej Pętli, Debiutów Mody, Gali Amberfif, Gali Martini, magazynu „Uroda”. Autorka publikacji z dziedziny etyki w przemyśle odzieżowym, biegła sądowa w specjalizacji projektowania ubioru.

m.plonka@mskpu.pl

Czy to znaczy, że poliestr jest materiałem przyszłości?

Tak mówi prof. Sandy Black, szefowa Center for Sustainable Fashion w London College of Fashion. I to nie jest jej odosobniona opinia. Najtęższe głowy tej dziedziny już do tego doszły. Poliester jest jednym z rozwiązań, choć istnieje wiele innych materiałów sztucznych i syntetycznych, opracowanych przez człowieka z myślą o zrównoważonej modzie – Lyocell, Mushroom Leather, SeaCell, Naia i wiele innych. O nich wkrótce będzie można przeczytać w książce, którą wydajemy razem z mgr Ewą Polkowską. Będzie to encyklopedia materiałów lepszych od tradycyjnej bawełny, wełny czy skóry. Są to tekstylia zdrowe dla człowieka, bezpieczne dla środowiska i mające wiele możliwości. Będzie też o niedocenianych tkaninach naturalnych, jak np. włókno konopi. Ma ono właściwości lecznicze – kojące i uspokajające. Jest też bardzo wytrzymałe, odporne na pleśń, świetnie odprowadzające wodę. To tkanina doskonała, a tak bardzo wyparta z rynku przez bawełnę. Podobnych przykładów jest wiele.

Na czym polega *fast fashion*?

W przypadku produkcji i utylizacji tekstyliów istnieje bardzo mało regulacji. W praktyce ubrania często są traktowane jak jednorazówki. *Fast fashion*, czyli szybka moda, jest kwintesencją nadprodukcji, niskiej jakości, która kończy się tym, że rzeczy są tak tanie, że nosi się je zaledwie dwa-trzy razy i nie opłaca się ich prać. Tak więc jeśli marynarka kosztowała 50–60 zł, a jej pranie kosztuje podobnie – bardziej opłacalne jest kupienie nowej. Na taki toksyczny stan rzeczy wpływają nie tylko złe przepisy, lecz także kultura konsumpcyjna.

W krajach, w których szaleje inflacja, rozwija się moda na odsprzedawanie odzieży, co ma niewiele wspólnego z ekologią. Platformy do odsprzedawania ubrań *de facto* zwiększyły sprzedaż nowych – jak wskazują liczne raporty i badania rynku, konsumenci w ten sposób pozbywają się starych ubrań z szafy i robią miejsce na nowe. Tak zwane wietrzenie szafy i oddawanie starych rzeczy w praktyce stymuluje konsumpcję, przez co również wpisuje się w greenwashing.

Jak wyglądałby idealny recykling?

W idealnym świecie firma, która wyprodukowała bluzkę, jest za nią od początku do końca odpowiedzialna. Nie zrzucałaby odpowiedzialności za produkt na konsumenta. Ubranie powinno mieć swój unikatowy kod (paszport) i po zakończeniu użytkowania konsument ma obowiązek zwrócić je do firmy lub komuś przekazać, co również byłoby zarejestrowane. Klienci powinni być odpowiedzialni za kupowane przez siebie rzeczy. Jeśli nabyłoby się kanapę, nie można by było jej tak po prostu wyrzucić. Powinien istnieć nakaz dostar-

czenia produktu do punktu recyklingu, który zadba o bezpieczne rozłożenie jej na czynniki pierwsze lub zapewni dalsze życie.

Zastanówmy się, w jakiej rzeczywistości i systemie funkcjonujemy obecnie. Korporacje, które drenują zasoby naturalne dla własnego zysku, korzystają bez ograniczeń z ziemi, która jest wspólna i jest źródłem wszystkiego, co najlepsze. Co więcej, wciągają nas do tego aktu niszczenia przez promowanie materialnego stylu życia opartego na posiadaniu. To, czego naprawdę potrzebujemy, to ubrań, które są piękne, unikatowe, mają w sobie pewien kod społeczny i są trwałe, nie zaś produktów *fast fashion*, które się niszczą po kilku praniach lub deaktualizują w kontekście trendów. Korporacje nie odpowiadają w żaden sposób za przestępstwa dokonywane na ekosystemie. Jest kwestią woli politycznej, żeby zacząć je kontrolować. Należałoby niezwłocznie ustalić limity na kupowanie rzeczy, paszporty dla przedmiotów, co zapewniłoby transparentność produkcji i użytkowania.

Czyli uratuje nas dyktatura ekologiczna?

Według mnie to jest po prostu zdrowy rozsądek i jedyny sposób na przetrwanie. Nie wszyscy mają dostęp do wiedzy na temat wytwarzania tekstyliów, dlatego ten, kto ją ma, powinien decydować. Po to żeby chronić nas wszystkich. Jak powiedział brytyjski naukowiec Jonathan Chapman: dawanie wolnej ręki w wyborach konsumenckich klientom jest trochę jak dawanie ferrari czterolatкови – to utopia wolności i demokracji. Bądźmy szczerzy, nie wszyscy mają kompetencje, żeby



VENTURA/SHUTTERSTOCK.COM

rozstrzygać o tym, w jaki sposób powinna przebiegać produkcja i konsumpcja dóbr oraz wyobrażać sobie, jak skutki niepokonanego kapitalizmu i absolutnego zakupoholizmu odbiją się na naszych dzieciach. Obecnie każdy biznes na świecie stoi przed zagadnieniem świadomego dewzrostu (*degrowth*). Uważam, że można uratować Ziemię i jednocześnie dobrobyt w firmach, znacząco zmniejszając produkcję, jednocześnie podwyższając ceny ubrań. Ale to temat na oddzielną rozmowę.

ROZMAWIAŁA DR JUSTYNA ORŁOWSKA



DONG NHAT HUYNH/SHUTTERSTOCK.COM

**mgr Blanka Pajda**

Ukończyła oceanografię na Uniwersytecie Gdańskim, specjalizacja chemia morza i atmosfery. Obecnie doktorantka w Międzynarodowej Środowiskowej Szkole Doktorskiej oraz członkini Pracowni Zanieczyszczeń Rejonów Polarnych w Instytucie Oceanologii PAN. Podczas studiów doktorskich skupia się głównie na zanieczyszczeniu środowiska morskiego Arktyki przez metale ciężkie.

blanka@iopan.pl

KAŻDY MOŻE

Wspólne działania krajów nadbałtyckich jest kluczem do ochrony unikatowego ekosystemu Bałtyku.

**Blanka Pajda
Agata Zaborska**

Instytut Oceanologii PAN w Sopocie

Morze Bałtyckie jest jednym z najbardziej unikatowych ekosystemów na świecie. Dla mieszkańców krajów nadbałtyckich jest też ważnym elementem środowiska przyrodniczego, kultury narodowej i całego sektora gospodarki morskiej (turystyki, transportu, przemysłu). Niestety, przez ostatnie dziesięciolecia Bałtyk był narażony na różne formy zanieczyszczeń, które poważnie zagrażają jego ekosystemowi oraz zdrowiu ludzi. Morze Bałtyckie

jest wystawiane na działanie szkodliwych substancji chemicznych i metali ciężkich, które pochodzą z działalności człowieka. Te substancje dostają się do morza z różnych źródeł, takich jak transport, oczyszczalnie ścieków, porty i stocznie, zakłady przemysłowe, rolnictwo, składowiska odpadów. Mogą również pochodzić z wraków statków czy zatopionej amunicji z II wojny światowej. Rozwój regionów nadmorskich oraz turystyki przyczyniają się do wzmożonej emisji tych zanieczyszczeń, utraty i zmiany siedlisk przybrzeżnych, a także do zwiększonego oddziaływania innych form stresu antropogenicznego, takich jak hałas czy zanieczyszczenie światłem. Zanieczyszczenia i składniki odżywcze (biogeniczne) mocno obciążają ekosystemy przybrzeżne. Kiedy trafiają do Morza Bałtyckiego, mogą powodować różnorodne szkody. Niektóre są łatwo zauważalne, np. w postaci wycie-



DBAĆ O MORZE



**dr hab.
Agata Zaborska,
prof. IO PAN**

Ukończyła oceanografię na Uniwersytecie Gdańskim, specjalizacja geologia morza. Od ponad 20 lat pracownica Instytutu Oceanologii PAN, kierowniczka Pracowni Zanieczyszczeń Rejonów Polarnych. Zajmuje się badaniem stopnia zanieczyszczania mórz, szczególnie metalami ciężkimi i izotopami promieniotwórczymi, oraz procesami wpływającymi na los zanieczyszczeń w morzu.

agata@iopan.pl

ków ropy, jednak inne mogą pozostać niezauważone lub ujawnić się dopiero wtedy, gdy obserwuje się ich negatywny wpływ na organizmy żywe. Wiele zanieczyszczeń rozkłada się powoli, a ich wpływ może się nasilać w miarę gromadzenia się w sieci pokarmowej wodnego ekosystemu. W Morzu Bałtyckim zidentyfikowano tysiące substancji, które stanowią potencjalne zagrożenie dla środowiska. Najszkodliwsze z nich są te trwałe i toksyczne, które gromadzą się w organizmach żywych. Ze względu na ograniczoną wymianę wód, małą głębokość oraz duży obszar zlewni Morze Bałtyckie jest szczególnie wrażliwym ekosystemem.

Zanieczyszczenia i eutrofizacja

Jednym z głównych problemów Bałtyku jest eutrofizacja. Nadmierne dopływy składników odżywczych, takich jak azot i fosfor, prowadzą do gwałtownego wzrostu glonów i sinic, powodując silne (niekiedy toksyczne) zakwity fitoplanktonu. Skutkuje to zmętnieniem wody, utrudnioną przenikalnością światła, ogranicza do niego dostęp roślinom. Gdy glony umierają i się rozkładają, proces ten prowadzi do niedoboru

tlenu, tworząc obszary o obniżonej jego zawartości lub wręcz martwe, beztlenowe strefy, w których nie ma życia. Przy niedoborach tlenu w wodzie dochodzi do wzrostu populacji bakterii beztlenowych, które wydzielają szkodliwe dla organizmów morskich siarkowodór. Od początku XX wieku obszary martwych stref w Morzu Bałtyckim powiększyły się ponaddziesięciokrotnie. Obecnie stanowią one prawie jedną piątą powierzchni naszego morza i zajmują obszar większy niż cała Dania, będąc tym samym najrozsleglejszym miejscem deficytu tlenu w europejskich akwenach morskich. Główne źródła eutrofizacji Bałtyku to rolnictwo, dopływ nieczystości oraz spływające rzekami substancje chemiczne. Polska dostarcza najwięcej związków biogenych do Bałtyku. Powodem tego zjawiska jest intensywna działalność rolnicza i obecność dwóch dużych rzek przepływających przez nasz kraj – Wisły i Odry. Inne duże rzeki, które dostarczają substancje biogenne do Bałtyku, to Dźwina, Newa i Niemen. Rzeki umożliwiają transfer substancji biogenych z lądu do Morza Bałtyckiego.

Kolejnym poważnym zagrożeniem dla Bałtyku są zanieczyszczenia chemiczne, które można podzielić

na organiczne oraz nieorganiczne. Większość zanieczyszczeń organicznych to substancje, które zostały wytworzone przez człowieka i są stosowane jako pestycydy, środki zmniejszające palność, środki powierzchniowo czynne, plastyfikatory, antyoksydanty, środki przeciwpodorostowe, farmaceutyki oraz środki higieny osobistej. Do najbardziej niebezpiecznych organicznych zanieczyszczeń zalicza się trwale zanieczyszczenia organiczne (TZO). TZO mają kilka cech, które warto zrozumieć. Po pierwsze, wykazują dużą odporność na różnego rodzaju rozkład: chemiczny, biologiczny czy fotolityczny (pod wpływem światła). To oznacza, że TZO mogą pozostawać w środowisku przez długi czas. Jedną z ważnych cech TZO jest ich hydrofobowość (niechęć do kontaktu z wodą), co powoduje ich niską rozpuszczalność. Substancje te za to dobrze rozpuszczają się w błonach fosfolipidowych, które występują szczególnie w tkankach tłuszczowych. W konsekwencji prowadzi to do bioakumulacji TZO w morskich organizmach. Stężenie TZO może zwiększać się w łańcuchu pokarmowym.

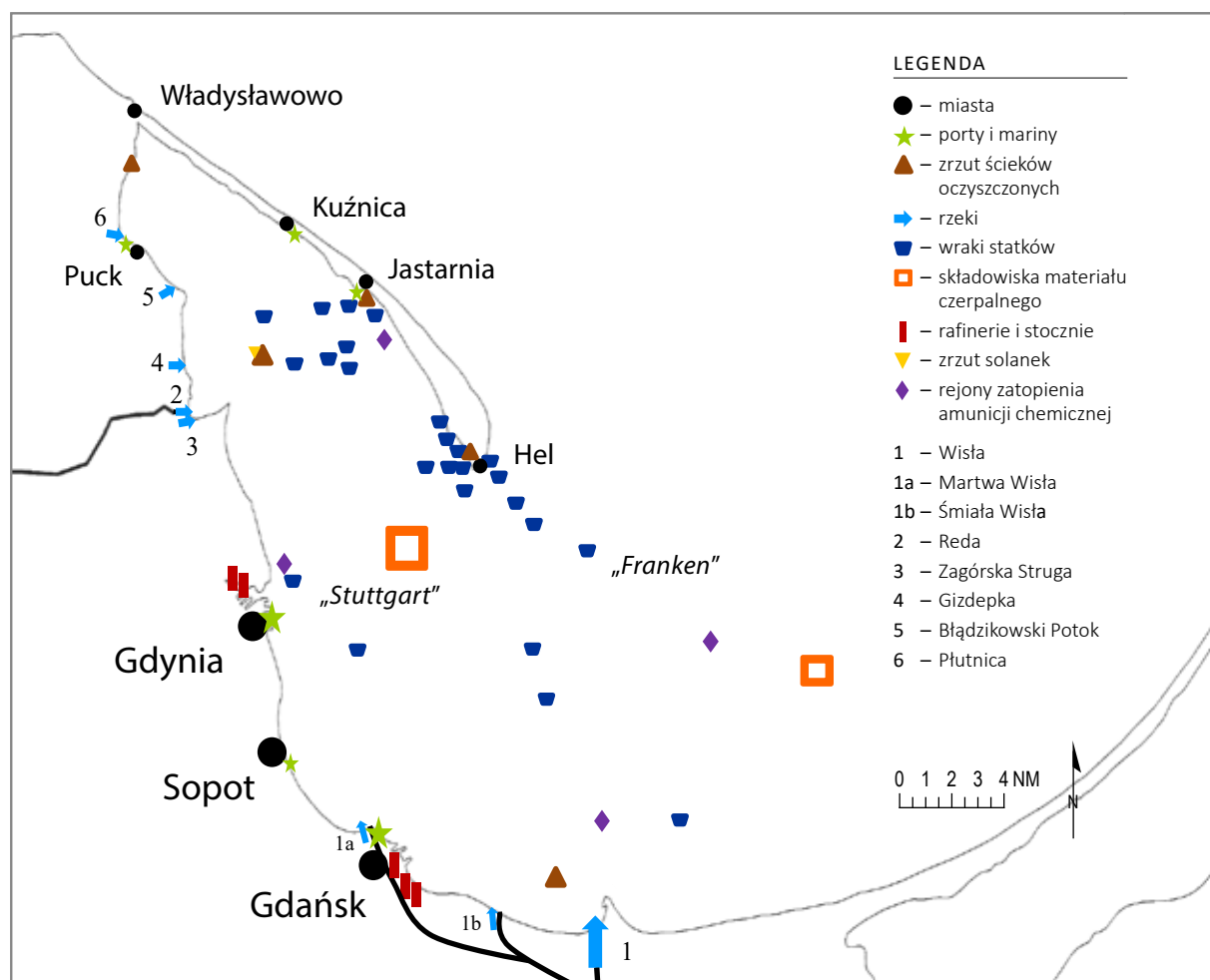
Na jego wyższych poziomach poszczególne organizmy mogą zawierać więcej TZO. Te substancje wywołują wiele schorzeń u organizmów morskich, m.in. zaburzenia hormonalne, nowotwory, problemy z rozrodem, osłabienie układu odpornościowego czy problemy neurologiczne. Za znaczny spadek populacji ryb czy ssaków morskich są obwiniane TZO. Ekosystem bałtycki przeszedł drastyczne zmiany w ciągu ostatniego stulecia z powodu antropogenicznego stresu chemicznego. Są one najlepiej widoczne u wybranych gatunków zwierząt: ryb, fok czy nawet orłów bielików, których populacje dramatycznie się zmniejszyły. Kontrola i ograniczenie dopływu szkodliwych substancji chemicznych jest więc niezwykle istotne dla zachowania zdrowia ekosystemu Bałtyku.

Metale ciężkie

Jedną z niebezpieczniejszych grup nieorganicznych zanieczyszczeń w Morzu Bałtyckim są metale ciężkie, m.in. rtęć (Hg), ołów (Pb), arsen (As) i kadm (Cd).

Źródła zanieczyszczeń chemicznych w Zatoce Gdańskiej

Mapa z podaną lokalizacją źródeł zanieczyszczeń w Zatoce Gdańskiej: większych i mniejszych miast, portów i marin, rafinerii i stocznii, kolektorów ścieków oczyszczonych, wraków statków, kolektorów solanek, składowisk urobku czerpalnego, składowisk amunicji oraz rzek i potoków



Pierwiastki te pochodzą głównie z działalności antropogenicznej (przemysłu metalurgicznego, spalania paliw kopalnych, transportu). Szacuje się, że do 95 proc. metali ciężkich w środowisku pochodzi z działalności człowieka. Mimo wprowadzenia skutecznych technik oczyszczania i zakazu stosowania niektórych substancji, np. benzyny ołowiowej w transporcie, nadal dopuszczalne stężenia metali są przekraczane. Niektóre metale ciężkie wykazują wysoką toksyczność już przy bardzo niskich poziomach koncentracji. Kadm i ołów mają zdolność do gromadzenia się w wątrobie organizmów morskich, co może prowadzić do uszkodzeń tego narządu. Z kolei rtęć akumuluje się głównie w mięśniach. Wysokie stężenia rtęci i ołowiu mogą uszkadzać układ nerwowy. Te pierwiastki mają również zdolność do bioakumulacji i w przypadku rtęci do biomagnifikacji, co oznacza, że mogą stanowić zagrożenie również dla ludzi. W Morzu Bałtyckim występują również w dużych ilościach sztuczne izotopy promieniotwórcze, takie jak cez (^{137}Cs) i stront (^{90}Sr). Te stworzone przez człowieka izotopy zostały wyemitowane do atmosfery w latach 50. i 60. XX wieku na skutek prób jądrowych (wyścigu zbrojeń). W przypadku Morza Bałtyckiego ważnym źródłem cezu jest katastrofa w Czarnobylskiej Elektrowni Jądrowej w 1986 roku. Stężenie ^{137}Cs i ^{90}Sr w wodach Bałtyku stopniowo maleje, jednak duża ilość tych zanieczyszczeń jest zakumulowana w morskich osadach dennych. Każde naruszenie dna morskiego przez człowieka (w wyniku trałowania dna, budowy infrastruktury morskiej) uwalnia te zanieczyszczenia z powrotem do wody, co stanowi realne zagrożenie dla życia organizmów morskich i w konsekwencji dla człowieka.

Innym problemem jest zanieczyszczenie przez odpady plastikowe. Plastik jest wszechobecny w naszym życiu i niestety często trafia do Bałtyku zarówno z rzek, jak i z przybrzeżnych obszarów. Zwierzęta morskie często pomyłkowo spożywają plastik, co prowadzi do ich śmierci. Plastik również rozpada się na drobne cząsteczki, tworząc tzw. mikroplastik, który jest trudny do usunięcia i może akumuluwać się w organizmach. Walka z plastikiem stała się jednym z priorytetów ochrony Bałtyku. Inicjatywy na rzecz ograniczenia jego obecności w morzu są podejmowane na różnych poziomach.

Przyszłość w działaniach

Żeby zmniejszyć zanieczyszczenie Bałtyku, konieczne są wspólne działania wszystkich zainteresowanych stron. Państwa nadbałtyckie i organizacje międzynarodowe (np. HELCOM, UE) podejmują liczne inicjatywy mające na celu ochronę tego unikatowego ekosystemu. Są to m.in. projekty mające na celu poprawę gospodarki wodno-ściekowej, wprowadzanie



środków ograniczających spływ zanieczyszczeń z rolnictwa i zakazów stosowania niebezpiecznych substancji chemicznych, kampanie edukacyjne na temat redukcji zużycia plastiku oraz działania rozwijające innowacyjne technologie recyklingu odpadów. Istotne jest również zaangażowanie społeczeństwa. Jesteśmy wszyscy odpowiedzialni za ochronę Bałtyku i musimy podejmować działania na rzecz zmniejszenia naszego śladu ekologicznego. Możemy to robić przez segregację i recykling odpadów, ograniczanie zużycia jednorazowych plastikowych opakowań, promowanie alternatywnych materiałów i technologii przyjaznych dla środowiska oraz dbanie o czystość naszych rzek i plaż m.in. przez regularne akcje sprzątania. Zanieczyszczenie Bałtyku to poważny problem, który wymaga pilnego działania. Wszystkie zaangażowane strony, w tym rządy, organizacje międzynarodowe i społeczność, muszą współpracować, by przywrócić zdrowie i piękno temu wyjątkowemu ekosystemowi. Czas działać, by przyszłe pokolenia mogły cieszyć się czystym i zrównoważonym Bałtykiem, który jest nie tylko naszym dziedzictwem, lecz także źródłem życia i inspiracji. ■

Fot. 1
Rozeta batymetryczna
do pobierania wody

Fot. 2
Siatka zooplanktonowa
do pobierania zooplanktonu

Chcesz wiedzieć
więcej?

HELCOM, <https://helcom.fi/>

WWF, <https://www.wwf.pl/>

Zaborska A., Siedlewicz G., Szymczycha B., Dzierzbicka-Głowacka L., Pazdro K., *Legacy and emerging pollutants in the Gulf of Gdańsk (southern Baltic Sea) – loads and distribution revisited*, „Marine Pollution Bulletin” 2019, vol. 139, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30686425/>



ŁUKASZ DRUCIS

**mgr Wojciech Pol**

Na co dzień psycholog
w SPP ZOZ
im. Stanisława Deresza
w Choroszczy,
a po godzinach
doktorant w Katedrze
Ekologii Wód Wydziału
Biologii Uniwersytetu
w Białymstoku, gdzie
prowadzi badania
dotyczące stopnia
zanieczyszczenia
środowiska
mikroplastikiem.
w.pol@uwb.edu.pl

CZY JEDNA SŁOMKA MA ZNACZENIE?

Plastik jest obecny wszędzie. Co się z nim dzieje
i jaki ma wpływ na otaczający nas świat?

Wojciech Pol
Karolina Mierzyńska

Wydział Biologii, Uniwersytet w Białymstoku

Pierwotnie uważano, że tworzywa sztuczne są krokiem w kierunku ekologiczności, a plastikowe torby zostały stworzone z myślą o powstrzymaniu masowych wycinek lasów, zastępując tym sa-

mym tradycyjne torby papierowe. Tworzywa sztuczne do tego stopnia zagościły w umysłach jako produkt nowoczesny i sprzyjający środowisku, że w latach 70. XX wieku powstała sztuczna rafa u wybrzeży Fortu Lauderdale na Florydzie utworzona z ponad 2 mln opon. Początkowo plan zakładał, że będzie ona korzystna dla podwodnej fauny i flory, jednakże szybko okazało się, że inwestycja ta miała katastrofalne skutki dla całego miejscowego ekosystemu wodnego. Z powodu prądów oceanicznych, fal i sztormów zrzucone do oceanu opony powodują nieodwracalne szkody dla raf koralowych i innych zagrożonych ekosystemów

morskich, które już wcześniej musiały się zmagać z antropogenezą wybrzeża, rozwojem rybołówstwa, zmianami klimatycznymi oraz ekstremalnymi zjawiskami pogodowymi. Szacuje się, że mimo wielu działań do chwili obecnej wciąż nie udało się wyciągnąć z dna ponad 500 tys. zrzuconych opon.

Można by przypuszczać, że znając już konsekwencje wprowadzania tworzyw sztucznych do środowiska, przez kolejne pół wieku zmieni się skala zanieczyszczenia. Nic bardziej mylnego. Odkąd tworzywa sztuczne pojawiły się w naszym codziennym życiu, ich produkcja i wykorzystanie rosły nieprzerwanie od lat 50. XX wieku. Szacuje się, że w 2020 roku produkcja plastiku wyniosła 367 mln ton, przy czym jest to wartość, która wciąż wzrasta. Niestety, recyklingowi podlega obecnie jedynie około 20 proc. wytworzonego plastiku. Bardzo duża część tych zanieczyszczeń trafia do środowiska wodnego, co według szacunków Fundacji Ellen MacArthur może prowadzić do tego, że do 2050 roku w morzach będzie występować więcej plastiku niż ryb. Warto sobie wyobrazić region pełen unoszących się na wodzie cząstek śmieci, o wielkości trzykrotności Francji, dryfujący po oceanie – a to nie jest nawet ostateczny rezultat, lecz tylko etap, na którym obecnie się znajdujemy. Region ten, znany jako Wielka Pacyficzna Plama Śmieci, znajduje się na Oceanie Spokojnym i gromadzi odpady z Azji oraz Ameryki Północnej i Południowej.

Od produkcji do degradacji

Chociaż niektóre plastikowe zanieczyszczenia są widoczne gołym okiem, to nie wszystkie pozostałości tworzyw sztucznych są tak łatwo dostrzegalne. Okazało się, że plastik ulega degradacji (rozpadowi) na coraz mniejsze fragmenty, tworząc mikroskopijne cząsteczki, które, jeśli są mniejsze niż 5 mm, nazywamy mikroplastikiem wtórnym, a nawet nanoplastikiem, jeśli są mniejsze niż 100 nm. Czasami tworzywa sztuczne celowo są wytwarzane w tak niewielkich rozmiarach, np. w produkcji kosmetyków – mówimy wówczas o mikroplastiku pierwotnym. Choć ten podział ma znaczenie przy szacowaniu ilości tego materiału w środowisku, dla organizmów narażonych na kontakt z plastikowymi odpadami nie jest to szczególnie istotne. Bez względu na rozmiar mikroplastik jak każdy materiał znajdujący się w wodzie może stać się atrakcyjnym nowym podłożem dla różnych grup mikroorganizmów, takich jak bakterie, sinice, grzyby czy glony. Organizmy te mogą zmieniać los mikroplastiku w ekosystemach wodnych, modyfikując jego właściwości fizykochemiczne i morfologię. W niektórych przypadkach kolonizowanie takich cząsteczek może spowodować ze względu na wzrost masy opadanie plastikowych fragmentów na dno, a w innych odwrotnie – wypieranie ich i unoszenie się w wodzie, np. z powodu gromadzenia się gazów.

W pierwszym przypadku tworzywa sztuczne wraz z otaczającymi mikroorganizmami stają się atrakcyjne dla organizmów bentosowych (występujących przy dnie), a w drugim stają się one łatwiej dostępne dla zooplanktonu.

Warto również wspomnieć, że cząsteczki te mogą być zasiedlane przez bakterie chorobotwórcze, a co za tym idzie – mogą stanowić realne zagrożenie dla ludzi znajdujących się na końcu łańcucha pokarmowego. Nie jest to jednak jedyne zagrożenie, które niesie za sobą spożywanie pokarmów zawierających w sobie plastik. Naukowcy już od kilku lat biją na alarm, badając wpływ mikroplastiku na organizmy żywe, wskazując na jego potencjał do uszkodzenia, a nawet perforacji przewodu pokarmowego. Według niektórych szacunków ludzie spożywają około 5 g mikro- i nanoplastiku na tydzień, co odpowiada wagowo karcie kredytowej czy plastikowej torbie na zakupy. Im mniejsze są cząsteczki, tym potencjalnie większe jest zagrożenie dla naszego zdrowia. Wyniki badań przeprowadzonych w ciągu ostatnich lat na myszach wskazują, że jeśli fragmenty tworzyw sztucznych są mniejsze niż jeden nanometr wówczas mogą pokonywać barierę krew-mózg. Jeśli założyć, że w przypadku ludzi jest podobnie, to tym bardziej należałoby zwrócić uwagę na plastik w naszym otoczeniu.

Na naukowym froncie

Właśnie dlatego te zanieczyszczenia są obecnie tematem tak wielu badań. Począwszy od określenia skali problemu – sprawdza się, jak wygląda problem mikroplastiku w środowisku lokalnym – a skończywszy a analizie jego wpływu na organizmy żywe w tym ludzi. Niestety, większość badań wykazuje, że mikroplastik



mgr Karolina Mierzyńska

Aktywna członkini Koła Naukowego Biologów im. dr. Włodzimierza Chętnickiego. Laureatka nagrody dla najlepszego absolwenta studiów II stopnia na kierunku biologia na Wydziale Biologii UwB w roku akademickim 2021–2022. Jej szczególnym zainteresowaniem są mikroorganizmy zasiedlające tworzywa sztuczne. karolina-mierzynska@wp.pl

Problem zanieczyszczenia plastikiem dotyka nawet stosunkowo „dzikie” Pojezierze Mazurskie
Fot. 1
Zanieczyszczenia wyraźnie widoczne w jeziorze Staw
Fot. 2
Zatopiony kadłub łodzi w jeziorze Staw.



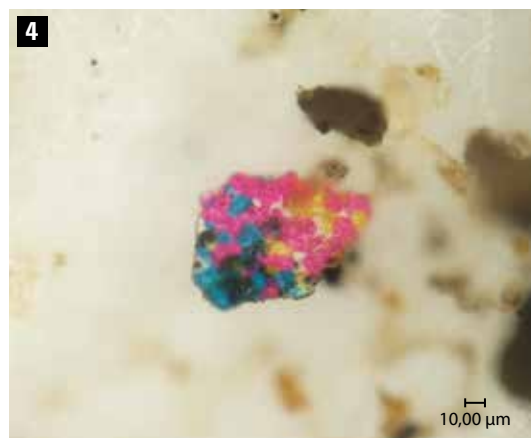
LUKASZ DRUCIS



Fot. 3
Mop pływający
w zbiorniku Sobolewo

Fot. 4
Fragment kolorowego
plastiku z rzeki
Czarna Hańcza

Fot. 5
Niebieskie włókno
plastikowe z rzeki Białej



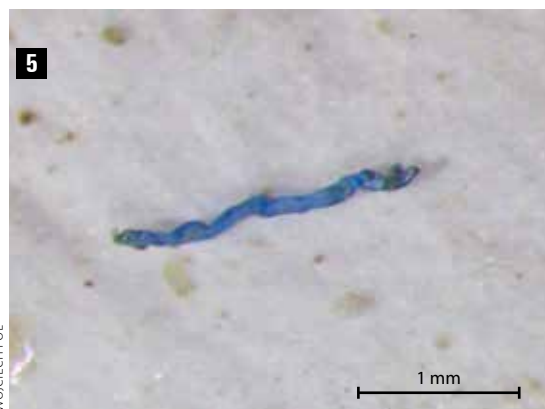
jest powszechny i występuje nawet w odległych rejonach świata, od lodowców i górskich jezior po obszary chronione czy oddalone od siedzib człowieka. W badaniu wód północno-wschodniej Polski okazało się, że na Pojezierzu Mazurskim mikroplastik był obecny we wszystkich 30 przebadanych jeziorach, a jego zawartość wahała się od 0,27 do 1,57 cząsteczek na litr wody. Choć te wyniki nie są tak niepokojące jak te zarejestrowane w niektórych jeziorach w Azji, gdzie liczba fragmentów tworzyw sztucznych w wielu przypadkach była nawet 10-krotnie większa, to jednak sam fakt, że plastik jest obecny na naszym terenie i to nawet w jeziorach oddalonych od miejsc intensywnej działalności ludzkiej, powinien zmuszać do refleksji.

Kolejnym istotnym aspektem obecnie prowadzonych badań jest identyfikacja źródła mikroplastiku oraz analiza gatunków, które są narażone na bezpośredni kontakt z tym zanieczyszczeniem. W dużej mierze badania koncentrują się na organizmach wodnych, sprawdza się m.in., jakim podłożem dla bakterii są różne tworzywa sztuczne czy jakie gatunki i w jakim tempie zasiedlają cząsteczki mikroplastiku. Naukowcy z całego świata interesują się również dalszą wędrówką tworzyw sztucznych w łańcuchu pokarmowym. W zeszłym roku opublikowano badania treści żołądkowej ptaków – kosa zwyczajnego (*Turdus merula*) i droz-

da śpiewaka (*Turdus philomelos*) na terenie Polski. Okazało się, że i tu nasze środowisko nie jest wolne od zanieczyszczeń, a gatunki te mogą potencjalnie posłużyć jako wskaźnik zanieczyszczenia mikroplastikiem w środowiskach lądowych. Pociągnęło to za sobą również inne badania mające na celu m.in. określenie bezpośredniego oddziaływania tworzyw sztucznych na ludzkie zdrowie. Choć analizy te dopiero niedawno zaczęły przybierać na intensywności, to wyniki jak do tej pory wskazują, że tak duże ilości tworzyw sztucznych w naszym życiu mogą mieć istotny wpływ na niemal wszystkie aspekty naszego funkcjonowania – od alergii po choroby nowotworowe.

Nasze wybory

Niezwykle istotne jest uświadomienie sobie, że w kwestii tworzyw sztucznych nie można polegać jedynie na naukowcach. Każdy z nas ma możliwość ratowania środowiska w codziennym życiu, wystarczy być czujnym i wprowadzić kilka zmian w nieekologicznych nawykach. Jedną z nich może być zrezygnowanie z używania jednorazowych produktów, takich jak plastikowe torby, sztucce, talerzyki, słomki czy kubeczki. Warto również zwrócić uwagę na inne produkty, np. napoje – jeśli to możliwe, lepiej wybierać te zapakowane w butelki zrobione ze szkła. Niektórych, takich jak choćby woda, właściwie w ogóle nie musimy kupować – lepiej dla środowiska byłoby czerpać wodę z kranu lub studni, a jeśli mamy obawy co do jej jakości, zawsze możemy skorzystać z filtrów czy też przygotowywać wodę. Gdy nie ma możliwości uniknięcia zakupu produktów pakowanych w tworzywa sztuczne, warto decydować się na jedno większe opakowanie zamiast kilku mniejszych lub – jak w przypadku jedzenia na wynos – korzystać z własnych pojemników. Istnieje wiele sposobów, by aktywnie wspierać ochronę środowiska, ale kluczem jest edukacja – zarówno nasza własna, jak i innych osób, gdyż świadomość tego, co robimy dla siebie i dla środowiska, będzie procentować w przyszłości. ■

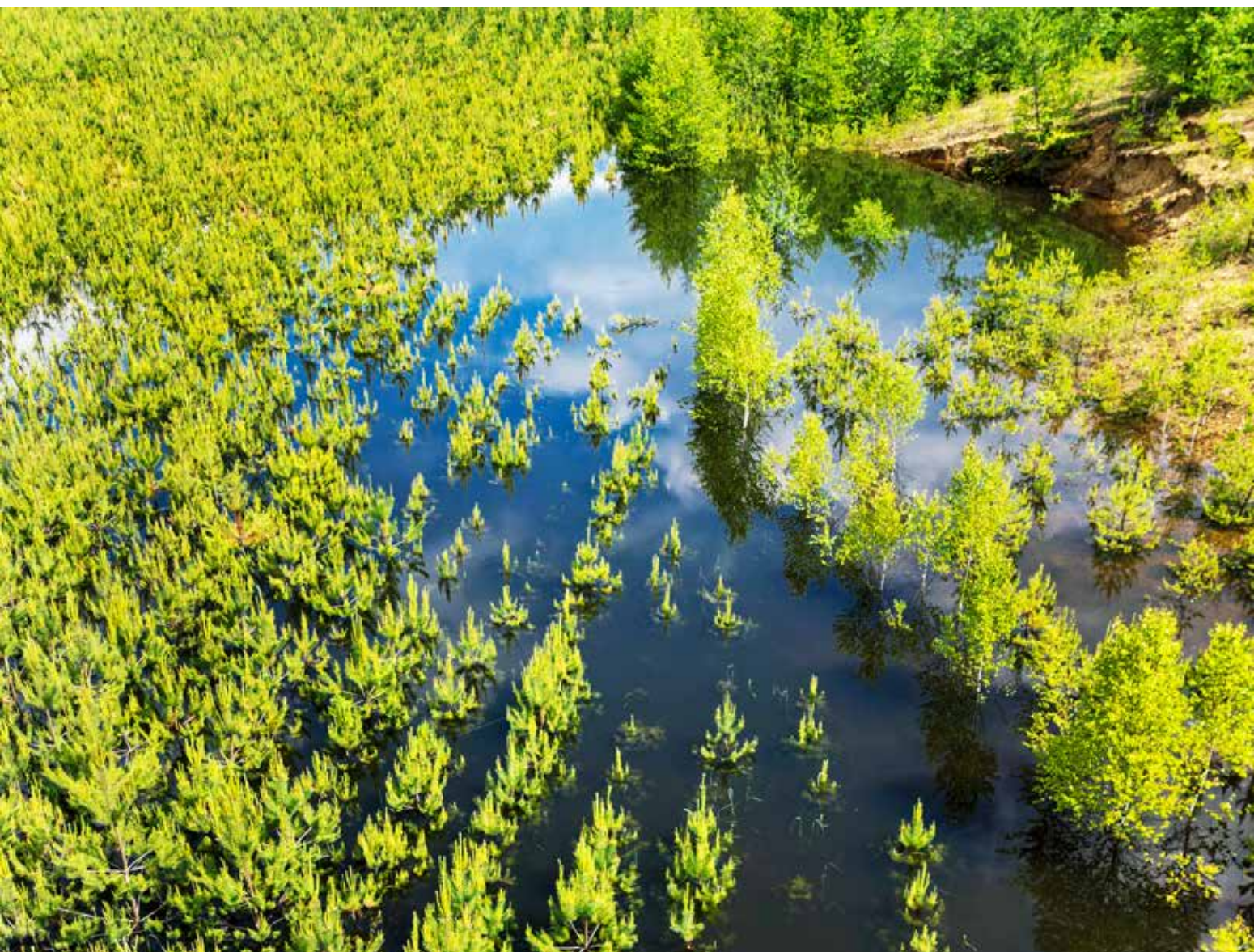


Chcesz wiedzieć
więcej?

Pol W., Żmijewska A.,
Stasińska E., Zieliński P., 2022.
*Spatial-Temporal Distribution
of Microplastics in Lowland Rivers
Flowing Through Two Cities
(NE Poland)*,
[https://doi.org/10.1007/
s11270-022-05608-7](https://doi.org/10.1007/s11270-022-05608-7)

Pol W., Stasińska E.,
Żmijewska A., Więcko A.,
Zieliński P., 2023, *Litter per liter
– Lakes' morphology and
shoreline urbanization index as
factors of microplastic pollution:
Study of 30 lakes in NE Poland*,
[https://doi.org/10.1016/j.
scitotenv.2023.163426](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163426)

Deoniziak K., Cichowska A.,
Niedźwiecki S., Pol W., 2022,
*Thrushes (Aves: Passeriformes) as
indicators of microplastic
pollution in terrestrial
environments*,
[https://doi.org/10.1016/j.
scitotenv.2022.158621](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158621)



FRANCISZEK ROZMUS

GÓRNICTWO I HUTNICTWO W ODLEGŁEJ PRZESZŁOŚCI

Powstające
w niekontrolowany sposób
„pojezierze olkuskie”



**dr hab.
Dariusz Rozmus,
prof. AH w Sosnowcu**

Archeolog specjalizujący się w szeroko aspektowych badaniach hutnictwa srebra i ołowiu we wczesnym średniowieczu. Badania archeologiczne prowadzi głównie na obszarze Zagłębia Dąbrowskiego. Od 2002 roku pracuje w dziale archeologii Muzeum Miejskiego Szttygarka w Dąbrowie Górniczej. Od 2015 roku wykłada również w Instytucie Nauk Prawnych Akademii Humanitas w Sosnowcu. rozmusd@poczta.onet.pl

Zapadająca się obwodnica Bolesławia pod Olkuszem. Wszystko wskazuje na to, że pozostanie ona zamknięta już na zawsze

Nic tak nie mówi o nas jak nasze śmieci, dlatego pradawne śmietniki są dla archeologów nieprzebranym źródłem informacji.

Dariusz Rozmus

Muzeum Miejskie Szttygarka
w Dąbrowie Górniczej
Instytut Nauk Prawnych, Akademia Humanitas
w Sosnowcu

Na obszarach występowania złóż kruszonośnych zawartość metali ciężkich w przyrodzie i w wodach jest w sposób naturalny podwyższona. Od dziesiątków lat stanowi ona przedmiot badań w makro- i mikroskali. Przykładowo w regionie olkuskim (gdzie występują złoża cynku i ołowiu) przed wielu laty oznaczano podwyższoną zawartość metali ciężkich w wodach podziemnych w kopalniach. Niestety, w wyniku eksploatacji i wytopu tych metali z rud ta naturalnie podwyższona zawartość pierwiastków zostaje zwielokrotniona.

Jeśli dodatkowo procesy hutnicze trwają przez wieki, trudno oddzielić zanieczyszczenia współczesne

od zanieczyszczeń powstałych w innych okresach historycznych. Przyroda potrafi się do takich sytuacji dostosować. Klasycznym przykładem jest zjawisko tzw. flory gleb galmanowych, czyli roślin, które intensywnie porastają obszary po wyrobiskach kopalń cynku i ołowiu. Obserwacja tego zjawiska jest istotna dla badań historycznych i archeologicznych. Niektóre rośliny przybyły na nasze ziemie wraz z wędrującą za pracą górniczą bracią.

Bomba ekologiczna

Kiedy przed wielu laty w 12 punktach Olkusza przeprowadzono analizy zawartości kadmu i ołowiu, okazało się, że czasami znacznie przekraczają dopuszczalne normy. W niektórych lokalizacjach przekroczenia były wysokie. Na Pazurku (w rezerwacie przyrody położonym na północ od Olkusza) zauważono przekroczenie norm o 66 proc., w centrum miasta – o 74,6 proc. Co w tych zanieczyszczeniach jest dziedzictwem związanym z wytopem srebra i ołowiu od ponad tysiąca lat, a co nowożytnym lub współczesnym jego komponentem, to niezwykle istotne pytanie.

Archeologiczne ślady metalurgii mają charakter chemiczny i czasami można je uznać za bombę ekologiczną pozostawioną w glebie przez wieki. Ślady górnictwa, od średniowiecza począwszy, można obserwować na wiele sposobów. Technika detekcji lidarowej jest tutaj najwydajniejsza. Lidar ujawnia dziesiątki tysięcy śladów po dawnej eksploracji złóż kruszcowych. Możemy to obserwować w rejonie Tarnowskich Gór, Olkusza, Dąbrowy Górniczej, Trzebinii, Jaworzna i Siewierza, wymieniając tylko te najlepiej uchwytnie pola wyrobisk.

Hutnictwo towarzyszyło pracom górniczym, a piece sytuowano nieopodal szybów. Na wiekową eksploatację nakładają się ślady działań z ostatnich dwóch wieków. Leje zapadliskowe powoli otaczają Olkusz, Trzebinę i inne regiony, w których od wieków trwała intensywna eksploracja. Woda, dotychczas pompowana z kopalń i kierowana w określone miejsca, po zamknięciu tychże wyrobisk stale podnosi swój poziom, zalewając okolice Olkusza.

W latach 2002–2009 odkryto w Łośniu, dzielnicy Dąbrowy Górniczej, średniowieczne piece hutnicze do wytopu ołowiu, w ich okolicy znajdowało się bardzo dużo zanieczyszczeń pohutniczych. Jeden z pieców został porzucony wraz ze wsadem. Powody tego w tej chwili nie są jasne. Mógł to być napad



FRANCISZEK ROZMUS



zbrojny na XII-wieczną hutę czy błędy technologiczne popełnione podczas wytopu. Znajezisko znajduje się w obejściu rodzinnym, kilkanaście centymetrów pod ziemią. Setki kilogramów toksycznych związków ołowiu zdeponowanych przed wiekami znajdowało się w bezpośrednim sąsiedztwie domu mieszkalnego.

Zyski i straty

Rozwój przemysłu wydobywczego i hutniczego, co oczywiste, miał i ma również swoje dobre strony. Zaznaczał to Georgius Agricola, autor słynnego XVI-wiecznego dzieła *De re metallica libri XII*, pisząc: „Że zaś górnictwo przyniosło wielu ludziom bogactwo, wiemy z historii, gdyż (...) na kruszczach lub wyrobach z nich wzbogaciło się kilka państw kwitnących, wielu królów i ogromna liczba prywatnych rzemieślników”. Stwierdzenie to wydaje się nad wyraz słuszne dla wszystkich epok i będzie moim zdaniem aktualne dla czasów, które nadejdą. W innym miejscu ten sam autor, wielki entuzjasta przemysłu, dodaje: „Lasy i gaje są wycinane, bo ogromna ilość drewna jest potrzebna na obudowę, na maszyny, na wytapianie rudy. Jeśli są wycinane lasy i gaje, wyprowadzają się ptaki i zwierzęta...”. A w dalszej konsekwencji i ludzie.

Te słowa idealnie pasują do największej pustyni Europy, czyli Pustyni Błędowskiej, średniowiecz-

nej i nowożytnej klęski ekologicznej. W okolicach Olkusza funkcjonowały jeszcze inne pustynie. Najbardziej znana i tylko niewiele mniejsza od Błędowskiej to Pustynia Starczynowska. Klęski ekologiczne nie są specjalnością jedynie gospodarki XX-wiecznej. Na błędowskiej katastrofie ekologicznej region olkuski obecnie próbuje turystycznie zarobić. Mamy nawet do czynienia z procesem rekultywacji pustyni.

Już w starożytności zwrócono uwagę na zależności między właściwościami metali a stanem zdrowia ludzi. Ołów to metal, którego związki mogą silnie zatrucić organizm człowieka. Jego oddziaływanie na zdrowie jest od lat badane również w aspekcie historycznym, już w starożytności zdawano sobie z tego sprawę. Klasyk architektury antycznej Witruwiusz wspomina, że w pobliżu kopalń złota, srebra i ołowiu często występują liczne źródła, z których wypływa bardzo szkodliwa dla zdrowia woda. Opisuje on nawet objawy zatrucia organizmu po jej wypiciu.

Do bajek można jednak zaliczyć teorie, jakoby upadek starożytnego Rzymu spowodowało picie przez ludzi wody doprowadzanej do Wiecznego Miasta ołowianymi rurami, które ją skażyły. Zdawano sobie jednak sprawę ze szkodliwości tych rur. Wspomniany powyżej Witruwiusz wyraźnie to akcentował: „Woda z rur glinianych jest znacznie zdrowsza niż rur ołowianych, gdyż z ołowiu powstaje biel

ołowiana, podobno dla zdrowia szkodliwa, jeśli więc to, co z ołowiu pochodzi, jest szkodliwe, to tym bardziej ołów nie może być zdrowy. (...) jako przykład mogą służyć pracujący przy ołowiu ludzie, którzy mają cerę bladą. Kiedy bowiem przy topieniu ołów staje się płynny, pary jego atakują członki ciała i prążąc je codziennie, pozbawiają krwi. Jeśli więc chcemy mieć zdrową wodę, wydaje się, że należy ją jak najrzadziej sprowadzać wodociągami z ołowiu. Na to, że woda z rur glinianych jest smaczniejsza, wskazuje jej codzienne użycie, gdyż nawet ci, co mają srebrną zastawę stołową, ze względu na smak wody używają do niej naczyń glinianych”. Również antyczny prekursor encyklopedystów Pliniusz twierdził, że gliniane rury są lepsze. Niewiele to dawało. Wiadomo, że ołowianych rur używano nie tylko w osadach, lecz także w obozach legionowych. Użytkowano takie instalacje praktycznie dalej, aż do czasów nowożytnych.

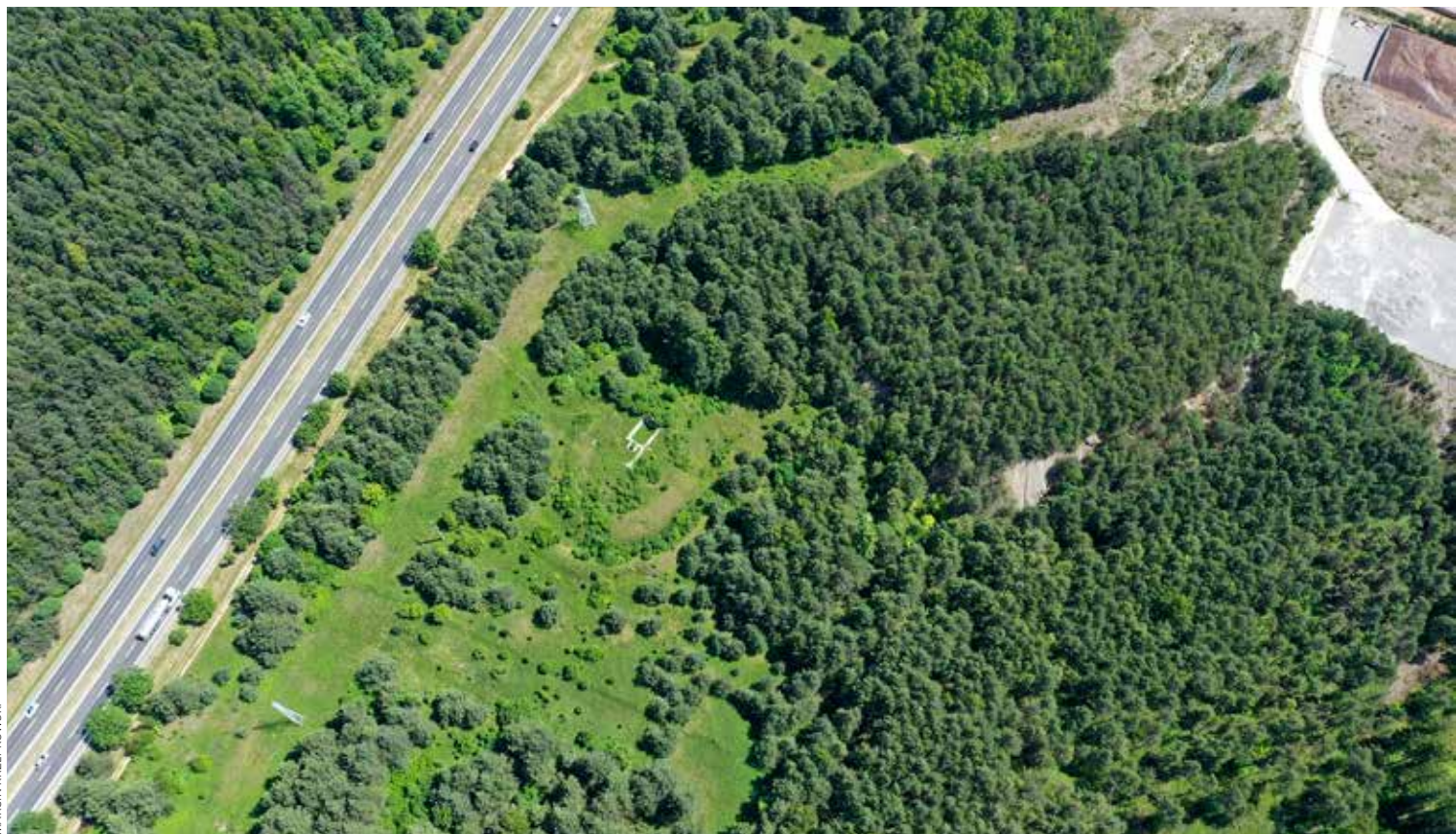
Starożytne kombinaty

Ślady działalności przemysłowej z dawnych epok występują w niektórych miejscach na ogromną skalę. Pozostałości produkcji hutniczej w postaci żużli, a także mikrośladów wyznaczają obszary zintensyfikowanego hutnictwa na różnych obszarach naszego globu. Dla zilustrowania warto podać kilka przykładów. W Khirbat Hamra Ifdan w Jordanii na stanowisku z epoki

brązu położonym niedaleko doliny rzeki Jordan znaleziono, jak się szacunkowo przyjmuje, około 5 tys. ton żużla pochodzącego z pieców hutniczych i pracowni brązowniczych. Setki ton hałd poprodukcyjnych odkryto także w wielu innych miejscach sprzed tysięcy lat m.in. w tureckim Kestel. W końcowej fazie okresu wędrówek ludów w rejonie naddunajskim działało wiele ośrodków metalurgicznych. Na podstawie pochodzącej z V wieku relacji Rutilusa Namatianusa Michael McCormick, historyk specjalizujący się w dziejach gospodarczych, podaje, że po hutniczym przetopie galeny na tym terenie miało pozostać ponad milion ton żużla.

Znaczne odpady pozostawiły po sobie również świętokrzyskie centra dymarkowej produkcji żelaza z okresu wpływów rzymskich. Były one na tyle znaczne, że zwróciły uwagę już na początku XIX wieku – pisał o nich w 1805 roku Staszic. W okresie międzywojennym huty Centralnego Okręgu Przemysłowego skupowały i dowoziły żużel żelazny wagonami. W 20-lecie międzywojennym do huty w Starachowicach (Wierzbniku) skupywano od rolników, płacąc 10 zł za tonę, żużel żelazny z pól świętokrzyskich. Nieznana jest w tej chwili skala nowożytnego odzysku ołowiu i cynku z hałd w okolicach Olkusza w XIX wieku, ale niewątpliwie do niego dochodziło. Żużel wykorzystywano w Olkuszu również do wysypywania ulic oraz samego rynku.

Gródek na Starym Olkuszu. Średniowieczne założenie obronne usytuowane na wczesnośredniowiecznej osadzie. Widać również relikty XIV-wiecznego kościoła pod wezwaniem św. Andrzeja. Nieopodal, po prawej stronie zdjęcia, widoczna częściowo zarosnięta hałda, która dotarła do gródka na odległość kilkudziesięciu metrów





Widoczne na lidarze ślady średniowiecznej i nowożytniej eksploatacji górniczej w rejonie Starego Olkusza

Budowa głębokich kopalń kruszcowych oraz węglowych zmieniła stosunki wodne. Efekty tego widzimy w drastycznej postaci po zamknięciu tych kopalń. Przede wszystkim w ciągu ostatnich 200 lat powstały ogromne wysypiska, hałdy kopalniane, które mogły przykryć stanowiska archeologiczne. Klasycznym tego przykładem jest ogromna hałda przylegająca do leżącego na zachód od miasta niewielkiego gródka na Starym Olkuszu. Gdyby nie interwencja służb konserwatorskich, średniowieczny gródek zostałby zapewne zasypany przez olkuską kopalnię.

Ukryte ślady

Nie zawsze pozostałości działalności hutniczej widać na powierzchni, ale ślady tej działalności metalurgicznej w postaci związków chemicznych powstających w procesach hutniczych pozostają w glebie. Dlatego jej analizy są bardzo dobrym wskaźnikiem. Przykładowo w powierzchniowej warstwie stwierdzono następujące minerały: cerusyt, tlenki ołowiu (glejtę), a także metaliczny ołów, baryt, szkliwo krzemionkowe i glinokrzemiany. Zidentyfikowano również fosforowe związki ołowiu, takie jak piromorfit. Już z samego składu zanieczyszczeń związków ołowiu w glebie można wnioskować, czy na tym stanowisku następowała hutnicza przeróbka rud ołowiu. Glejta,

tlenek ołowiu, może w tym przypadku pochodzić tylko z przeróbki innych związków ołowiu, przede wszystkim galeny – siarczku ołowiu. Tym bardziej że glejta była też finalnym produktem procesów hutniczych. Brykietowane kawałki glejty rozprowadzano szeroko jako komponent do produkcji szkła ołowiowego, szklwienia ceramiki, a nawet maści na świerzb. Wyniki tych analiz można wykorzystać przy prognozowaniu w poszukiwaniach piecowisk do wytopu rud srebra i ołowiu. Występujące w tym miejscu substancje są bezpośrednio związane z historycznym procesem hutniczym.

Badania chemiczne gleb i badania geofizyczne mogą poprzedzać klasyczne prace ziemne, precyzując dość dokładnie obszar ewentualnych wykopalisk.

Na koniec trzeba jeszcze wspomnieć o aspekcie prawnym zniszczenia środowiska, ponieważ o ile w czasach współczesnych wiemy, do kogo mogą zwracać się poszkodowani (przynajmniej teoretycznie) poszukujący pomocy za np. zniszczone domy, o tyle nie wiadomo, do kogo mają się zwracać ludzie, którzy postavili domy na bombie ekologicznej przygotowanej w czasach pierwszych Piastów.

Badania dziejów przemysłu są fascynujące i wieloaspektowe. Dawniej i dzisiaj nasz rozwój zależał od przemysłu górniczego i hutniczego i długo będzie od niego zależał. ■

Chcesz wiedzieć więcej?

Cabała J., Sutkowska K., *Wpływ dawnej eksploatacji i przeróbki rud Zn-Pb na skład mineralny gleb industrialnych, rejon Olkusza i Jaworzna*, „Prace Naukowe Instytutu Górniczo Politechniki Wrocławskiej” 32/2006.

Rozmus D., *Wczesnośredniowieczne zagłębienie hutnictwa srebra i ołowiu na obszarach obecnego pogranicza Śląska i Małopolski (druga połowa XI–XII/XIII w.)*, 2014.

Szmoniewski B.S., Rozmus D., *Did the advancement of early mediaeval technology of silver and lead smelting cause pollution? A case study of the Łosień – Strzemieszyce region*, „Acta Rerum Naturalium” 2014.



ADAM BOGDAN

dr Karolina Żyniewicz

Artystka i badaczka, byt liminalny działający między różnymi dziedzinami kultury i nauki, absolwentka Wydziału Sztuk Wizualnych Akademii Sztuk Pięknych im. Władysława Strzemińskiego w Łodzi, doktor w dziedzinie nauk o kulturze (tytuł uzyskany na Wydziale Artes Liberales Uniwersytetu Warszawskiego). Realizując projekty artystyczno-badawcze, prowadzi jednocześnie obserwacje etnograficzne, które stanowią bazę dla jej rozważań o roli ludzkich i nie-ludzkich aktorów w tworzeniu współczesnej kultury. Obecnie mieszka i pracuje w Berlinie. karolinazyniewicz@gmail.com

Safe suicide, zdjęcia nagrobkowe przedstawiające umierające, wcześniej unieśmiertelnione, limfocyty B pochodzące z ciała Karoliny Żyniewicz

P. JÓZWIAK



ARTYSTYCZNA WARTOŚĆ LABORATORYJNEGO ARTEFAKTU



Sztuka i nauka posługują
się różnym przekazem,
prowadząc niezależnymi
ścieżkami do poznania
i zrozumienia świata.

Karolina Żyniewicz

Wydział Artes Liberales
Uniwersytet Warszawski

Od wielu lat prowadzę działalność, która polega na łączeniu sztuki, biologii, nauk humanistycznych i antropologii. Poruszanie się jednocześnie we wszystkich tych polach wiąże się z pokonywaniem trudności komunikacyjnych. Budowanie nowego, wspólnego języka, który pozwala myśleć i działać poza dziedzinowymi podziałami, stanowi wielkie, choć jednocześnie fascynujące wyzwanie.

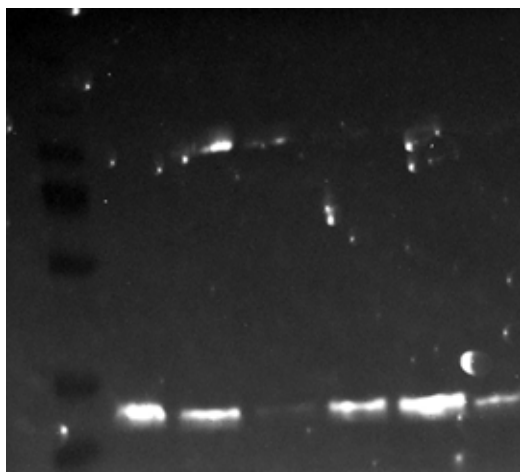
Język sztuki

Sztuka jest rozumiana różnie w różnych obszarach. Języka sztuki trzeba się uczyć tak jak każdego innego. Jego nauka nie jest punktem zainteresowania systemu edukacji, przynajmniej w Polsce. Nie wszyscy mają okazję oglądać od dziecka wystawy i uczestniczyć w warsztatach i lekcjach muzealnych. Zwłaszcza sztuka współczesna budzi swego rodzaju lęk ze względu na trudności w jej zrozumieniu, interpretacji. Sztuka jest utożsamiana z pięknem, piękno z kolei z wizualną atrakcyjnością. Nawet ludzie wysoko wykształceni (w obszarach niezwiązanych ze sztuką) mogą pojmować sztukę jako coś, co – potocznie mówiąc – jest miłe dla oka i do wykonania czego potrzeba umiejętności manualnych.

Nie jest moim celem w tym tekście przywoływanie i analizowanie wszystkich możliwych definicji piękna. Dość wspomnieć, że nie dysponujemy jednym dokładnym określeniem. Mogę jedynie podzielić się moim rozumieniem tego pojęcia oraz tym, co z tego wynika dla moich działań na styku wcześniej wymienionych dziedzin.

Jak mogą zareagować biolodzy pracujący w laboratorium na to, że przyszła do nich artystka i chce z nimi współpracować? Najczęściej po przekroczeniu progu laboratorium słyszałam: „Ale my tu nie mamy nic

Wynik Western Blot, stanowiący dowód, że materiał genetyczny Karoliny Żyniewicz jest obecny w wyprodukowanym alkoholu



pięknego”. Kryło się za tą deklaracją zaniepokojenie i rodzaj zmieszania. Co my mamy zrobić z tą osobą? Co możemy jej zaproponować? Może mamy gdzieś jakieś szalki z wielobarwnymi koloniami lub jakieś ładne zdjęcia spod mikroskopu? To powinno zadowolić artystkę, bo przecież szuka ona z pewnością czegoś, co jest wizualnie ciekawe i przyjemne. Otóż nie, artystka (ja) nie szuka tego, co jest ładne. Artystka szuka tego, co autentyczne, co zainteresuje ją na tyle, by zdecydowała się opowiedzieć o tym językiem sztuki komuś jeszcze. Artystka szuka też tego, co stanowi jakiś temat, ważny dla jednostek i zbiorowości, na który warto dyskutować, nawet jeśli – a nawet zwłaszcza – gdy temat ten jest niewygodny („nieładny”).

Piękno z laboratorium

To, co podsuwało mi wielu biologów, wierząc, że dokładnie tego szukam, to były tzw. laboratoryjne artefakty, czyli mówiąc w skrócie, błędy w (laboratoryjnej) sztuce. Artefakty są najczęściej bardzo atrakcyjne wizualnie. Mogą to być hodowle bakteryjne, które dodatkowo zarastają pleśnią, zdjęcia pęcherzy powietrza widziane zamiast komórek (bo mikroskop był źle ustawiony), prześwietlone klisze z Western Blot (detekcji i rozdzielania białek). Wszystkie te błędy w eksper-

mentach można byłoby oprawić w ramki i traktować jako ładne obrazki do zawieszenia w salonie. Wchodzą one w skład piękna, piękna życia, naukowego myślenia, szeroko pojętej estetyki laboratoryjnej. Jednak wyrwane z tych szerszych kontekstów wydają się miałkie i nieme.

Zbieram artefakty w mojej pracy laboratoryjnej, jednak nie stanowią one osobnych obiektów sztuki. Stanowią one swego rodzaju etnograficzny materiał terenowy. Nie maluję na ich bazie obrazów, nie tworzę rysunków. Jeśli je pokazuję – występują one dokładnie jako to, czym są, laboratoryjne artefakty.

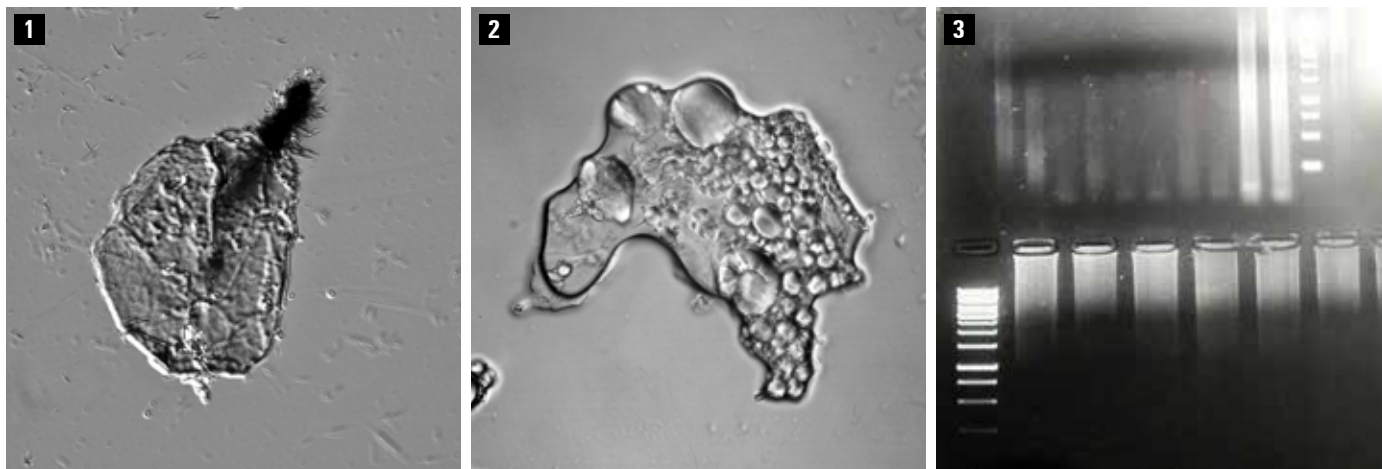
Moje podejście do artefaktów jest takie samo jak biologów. Każdy projekt to pytanie badawcze, na które odpowiedzi staram się szukać na drodze eksperymentalnej. Tym samym nie mogę akceptować wyników eksperymentu, które ewidentnie powstały na skutek błędu w wykonywaniu protokołu lub wadliwego działania urządzenia.

Eksperymenty projektowe

Realizując projekt *safe suicide* (bezpieczne samobójstwo – dotyczy pojedynczych komórek), opierałam się głównie na zdjęciach spod mikroskopu oraz nagraniach mikroskopowych obserwacji przeżyciowych.

The Last Supper
– kolacja performatywna
w Instytucie Genetyki
i Biotechnologii
Wydziału Biologii
Uniwersytetu Warszawskiego





Zależało mi na tym, by przez podanie różnych substancji (np. podchlorynu czy doksorubicyny) lub zachwianie homeostazy hodowli komórkowej wywołać apoptozę. Apoptoza jest specyficzną formą śmierci komórkowej, nazywaną nawet w literaturze naukowej samobójczą śmiercią komórki. Bardzo trudno jest tak określić parametry eksperymentu, by aktywować procesy apoptotyczne. Dużo łatwiej jest wywołać nekrozę, która jest śmiercią gwałtowną (związaną z wystąpieniem stanu zapalnego w organizmie). Statystycznie rzecz biorąc, dużo częściej udawało mi się wywołać nekrozę niż faktycznie uzyskałam obraz apoptotycznej śmierci moich limfocytów B. Kluczowe było jednak dla projektu to, by wyselekcjonować tylko te obrazy mikroskopowe, które odpowiadają przyjętym założeniom. Finalnie 10 fotografii reprezentuje projekt w formie ceramicznych zdjęć nagrobkowych.

Ktoś mógłby rzec, że taki rygorizm jest bez sensu, bo osoby oglądające te zdjęcia w galeriach i tak nie mają kompetencji, by zweryfikować, co one przedstawiają. Ważne, by było „na czym zawiesić oko”. Dla artystki (dla mnie) jednak ważna jest uczciwość, rzetelność i spójność języka, którym się posługuję.

Podobna sytuacja dotyczyła projektu *The Last Supper*, w którym chodziło o laboratoryjną rekonstrukcję biblijnego cudu, przedstawionego w słynnym fresku Leonarda da Vinci. Wraz z dr. Jakubem Piątkowskim przeprowadziliśmy serię eksperymentów laboratoryjnych, których celem było wprowadzenie jednego z moich genów (GAP-DH) do drożdży, by uczestniczył on w fermentacji przeprowadzanej przez te organizmy. Humanizowane drożdże wyprodukowały piwo oraz zostały użyte do wypieku chleba. Prawidłowy wynik Western Blot, który dowiódł, że w wyprodukowanym alkoholu jest obecne moje białko, nie jest wizualnie atrakcyjny, jest właściwie mało czytelny dla osób, które nie znają pracy laboratoryjnej, jednak prezentuję go zawsze, ilekroć pokazuję ten projekt. Jest to dowód, że została przebyta pewna droga poznawcza, która

była bardzo istotna, być może nawet istotniejsza niż to, co można zobaczyć w ramach wystawy. Podobnie jak w przypadku *safe suicide*, w przypadku *The Last Supper* słyszałam, że mogłabym po prostu kupić piwo w sklepie i dobudować do tego historię o transformacji drożdży, nikt nie byłby w stanie tego zweryfikować. Nie mogłabym. Piękno w przypadku tych projektów polega na doświadczeniu oraz dzieleniu się nim na każdym etapie istnienia projektu. Kluczowe było to, by przejść żmudną drogę laboratoryjną. Przy tym projekcie również zbierałam artefakty, bo stanowiły one dowody na to, jak wiele trzeba było podjąć prób oraz ile zaakceptować błędów. Jednak nigdy nie są one pokazywane bez komentarza.

Komentarz w tego typu projektach jest kluczowy, to on wypełnia wizualne elementy treścią, czyni je bohaterami pewnej opowieści, z którą ktoś może się utożsamić. Komentarz nie jest niestety „miły dla oka”. Trzeba zainwestować czas i uwagę, by go przeczytać. Artystka zaprasza do wejścia z nią i projektem w relacje, ale wymaga zaangażowania w ten związek. Znacznie łatwiej jest oglądać artefakty, bo one nie wymagają tego, by dać coś od siebie. Można je obejrzeć i o nich zapomnieć.

Trzeba podkreślić, iż nawet wyniki eksperymentów uznane w laboratorium za prawidłowe mogą stanowić niemy artefakt w galerii, jeśli nie są opatrzone komentarzem. Sztuka nie tylko produkuje wiedzę, lecz także wymaga wiedzy. Jest to zaproszenie do przygody intelektualnej. Mimo istnienia wielu wariantów definowania piękna nikt nie powiedział, że piękno jest łatwo dostępne i zawsze przyjemne. ■

Oba wymienione projekty zostały zrealizowane w Instytucie Genetyki i Biotechnologii oraz innych pracowniach Wydziału Biologii UW we współpracy z następującymi osobami: prof. Pawłem Golikiem, dr. Jakubem Piątkowskim, dr. Agatą Kodrą, dr. Magdaleną Kaliszewską, dr. Bohdanem Paterczykiem.

Przykłady laboratoryjnego artefaktu (fot. 1 i 2 wykonane z użyciem mikroskopu konfokalnego w Pracowni Mikroskopii Konfokalnej Wydziału Biologii UW):

- 1) Przypadkowe zabrudzenie wpływające na pożywcę RPMI
- 2) Komórki ukryte pod warstwą pęcherzyków powietrza
- 3) Nieprawidłowy wynik elektroforezy

Chcesz wiedzieć więcej?

Bakke M. (red.),
Natura – kultura,
„MOCAK Forum” 1/2019,
<http://karolinazyniewicz.eu/>

Kluszczyński R.W. (red.),
W stronę trzeciej kultury.
Koegzystencja sztuki, nauki i technologii, 2011.

Latour B., *Dajcie mi laboratorium, a poruszę świat*,
„Teksty Drugie” 1–2/2009.

ODRA – ZASŁUŻONA KATASTROFA

Latem 2022 roku
obserwowaliśmy katastrofę
ekologiczną w Odrze.
Zapracował na nią
człowiek, lecz najgorsze
konsekwencje dotknęły
ekosystem rzeki.

Brzeg Zalewu Szczecińskiego
(miejscowość Stepnica)
we wrześniu 2022 roku. Odsłonięte
brzegi z rozkładającą się
roślinnością i glonami świadczące
o wysokiej żyzności wód

ŁUKASZ SŁUGOCKI

Odra przez tysiące lat była poddawana różnym presjom przez ludy zasiedlające dorzecze. Zapewne dogłębnej analizy stosunku człowieka do tej rzeki mógłby się podjąć antropolog. Początkowe wylesianie gruntów przyczyniło się do stopniowych zmian cyklu hydrologicznego rzeki. Tereny położone w dolinach rzek są żyzne, dlatego od zarania dziejów były chętnie kolonizowane i przekształcane. Najbliższe okolice rzeki zostały zamienione na pola uprawne i pastwiska. Wycinane drzewa można było spławiać w dół rzeki, dlatego dla przyspieszenia transportu rzekę „prostowano”. Nie dotyczyło to tylko Odry, ale większości jej dopływów. Nikt do tej pory nie oszacował, jaka jest skala zmian rzek znajdujących się w dorzeczu Odry. Szacuje się, że sama Odra straciła około 20 proc. swojej długości. Przekształcenia hydromorfologiczne w całej zlewni Odry sprawiły, że w trakcie gwałtownych opadów czy wiosennych roztopów woda szybciej niż kiedyś przemieszcza się w kierunku Bałtyku. Powyższe powoduje podtopienia, dlatego zaczęto rzekę obwałowywać i nadawać jej nowy kształt. W przypadku Odry intensywna urbanizacja i industrializacja, która rozpoczęła się w XVIII wieku, sprawiły, że rzecze założono gorset ostróg w środkowym i dolnym odcinku oraz piętrzeń w górnym biegu.

Każdy kilometr krótszej i przekształconej rzeki (także wszystkich cieków doprowadzających wodę do głównej rzeki) przełożył się na obniżone zdolności do retencjonowania wody i samooczyszczania. Na samooczyszczanie rzeki składają się naturalne procesy obiegu pierwiastków i materii, w których biorą udział żywe organizmy, co prowadzi do usunięcia niektórych związków chemicznych z wody lub ich akumulacji w tkankach organizmów. Rzeka posiada bardzo dobre zdolności samooczyszczania przy zachowaniu naturalnych elementów hydromorfologicznych (takich jak meandry, starorzecza, łachy piachu itd.). Przez wszystkie lata działalności człowieka rzeka i całe dorzecze zostały drastycznie przekształcone – rzeka stała się nieodwracalnie słabsza.

Jakość wody

Wraz ze wzrostem liczby ludności trafiało do rzeki wraz ze ściekami coraz więcej biogenów, które są pożywką dla glonów i roślin naczyniowych. Przy silnym przekształceniu brzegów rzeki rośliny jednak nie mogą się rozwijać, więc spora pula biogenów pozostaje

do dyspozycji mikroskopijnych organizmów autotroficznych. Od kilku wieków do wody w Odrze oprócz związków azotu i fosforu zaczęły dostawać się również inne substancje. Lista substancji, które trafiają do wód, jest bardzo długa: środki ochrony roślin, farmaceutyki, węglowodory czy metale ciężkie. Trucizną może być każda substancja, jeśli jest jej odpowiednio dużo. Może być nią nawet zwykła sól spożywcza – przykładowo dla człowieka dawka śmiertelna to około 1,5 g na 1 kg masy ciała. Przykład dotyczący soli nie jest przypadkowy. W górnym biegu do wód Odry dostają się ogromne ilości soli, która nie podlega akumulacji przez organizmy bytujące w rzece ani nie może zostać usunięta w procesie samooczyszczania rzeki. Zdarza się, że w środkowej Odrze notujemy zasolenie na poziomie... 1,5 g na litr wody, a w dopływach Odry, do których bezpośrednio są zrzucane zasolone wody, to stężenie jest wielokrotnie wyższe. Ekosystem rzeczny jest bardziej odporny na działanie soli od człowieka, choć ma również granice swojej wytrzymałości. Spora grupa gatunków jest w stanie przetrwać w takich warunkach, a niektóre z nich – szczególnie te słonolubne – mogą bardzo dobrze prosperować.

W czasach Polski Ludowej do wody trafiało znacznie więcej związków biogenych pochodzenia rolniczego. Na początku lat 90. ubiegłego wieku doszło do blisko czterokrotnej redukcji zużycia nawozów fosforowych w przeliczeniu na hektar upraw. Brak efektywnych oczyszczalni ścieków również w dużej mierze przyczynił się do wzrostu żyzności wód przed transformacją ustrojową. W kwestii oczyszczania ścieków w minionych 30 latach został zrobiony znaczny postęp, mimo to stężenia zanieczyszczeń są nadal bardzo wysokie. Ponadto zalegający na dnie przez dziesiątki



dr Łukasz Sługocki

Pracuje w Katedrze Hydrobiologii Uniwersytetu Szczecińskiego. Zajmuje się ekologią mikrobezkęrgowców wodnych oraz funkcjonowaniem ekosystemów wodnych.

lukasz.slugocki@usz.edu.pl



prof. dr hab. Robert Czerniawski

Jest dyrektorem Instytutu Biologii Uniwersytetu Szczecińskiego. Zajmuje się ekologią wód płynących oraz ochroną i funkcjonowaniem ekosystemów wodnych.

robert.czerniawski@usz.edu.pl



ŁUKASZ SŁUGOCKI

Odra na wysokości miejscowości Kaleńsko

Odra na wysokości Słubic
w sierpniu 2022 roku już
po kulminacji śniecia ryb.
Na brzegach były widoczne
pojedyncze martwe ryby



LUKASZ SZUGOCKI

lat ogrom organicznej i nieorganicznej materii nie może zostać spożytkowany przez organizmy, wskutek czego z każdym rokiem dochodzi do wtórnego zasilania rzeki w biogeny właśnie z osadów dennych.

Ekosystem

Zmiany klimatyczne już dziś przynoszą fale upałów i nieprzewidywalne zjawiska, a klimatolodzy uważają, że jest to dopiero preludium do poważniejszych następstw tych zmian. Alarmują również, że coraz częstsze będą długie okresy suszy oraz krótkie nawalne ulewy. Taki stan nie będzie sprzyjał stabilności ekosystemów wodnych. Będziemy zatem obserwować drastyczne spadki poziomu wód w rzekach przeplacone okresami, gdy mogą wystąpić powodzie. Wysuszona gleba jest mniej chłonna niż wilgotna, dlatego po wysuszonej glebie woda spłynie szybciej, potęgując problem nawalnych ulew. W tym wszystkim mamy dodatkowo ogromne obszary gruntów utwardzonych przez człowieka, które w znacznym tempie odprowadzają wodę podczas nawalnych opadów deszczu, całkowicie eliminując zdolność magazynowania wody w glebie. Tak duża zmienność warunków hydrologicznych w rzece nie sprzyja ekosystemom rzeczny.

Ekosystemy w takich warunkach będą poddawane często różnorodnym stresorom, nie tylko wcześniej

wspomnianym chemicznym i fizycznym, lecz także biologicznym. Jednym z istotnych czynników chemicznych determinujących to, jakie gatunki możemy spotkać w rzece, jest poziom zasolenia, który będzie sprzyjać gatunkom słonolubnym (czyli pochodzenia morskiego lub estuaryjnego), z kolei czynnik fizyczny – wysoka temperatura – będzie sprzyjał gatunkom egzotycznym. Dotychczas w Odrze stwierdzono wiele gatunków pochodzenia obcego. Biologiczne czynniki mogą zaś dotyczyć gatunków inwazyjnych, które powodują wypieranie rodzimej flory i fauny. Ekosystem Odry, który jest obciążony tymi wszystkimi stresorami, może przestać funkcjonować, a emanacją tego może być śmierć zwierząt zamieszkujących ekosystem rzeczny.

Katastrofa

Sytuacja, z którą mierzyliśmy się latem 2022 roku w Odrze, była wynikiem wielu splotów niekorzystnych zdarzeń przy ogromnym udziale człowieka. Zeszły rok był wyjątkowy, jeśli chodzi o poziom wód. Zmiany klimatyczne oraz nieracjonalna gospodarka wodna w zlewni doprowadziły do tego, że kilka tygodni suszy przełożyło się na rekordowo niskie stany wód (nie tylko w Odrze, lecz także w innych rzekach Europy). Przy niskim stanie wód stężenie związków



LUKASZ ŚLUGOCKI

chemicznych wprowadzanych do Odry osiągnęło wysoki poziom. Jednym z kluczowych czynników była sól, która wraz z wysoką temperaturą doprowadziła do ograniczenia wzrostu glonów typowych dla dużej nizinnej rzeki. Stworzyło to niszę ekologiczną dla gatunków słonolubnych oraz preferujących ciepłe wody. Zawleczony do systemu Odry glon *Prymnesium parvum* trafił na dogodne warunki wzrostu. Wspomniany glon ma zdolność wytwarzania toksyn (prymnezyny), które mogą być letalne dla ryb oraz mięczaków oddychających skrzelami. Poziom toksyczności u tego haptofitu wzrasta w przypadku stresu osmotycznego. Tak więc *Prymnesium parvum*, które dryfowało silnie zasoloną Odrą, było poddawane stresowi wynikającemu z wrzutów słodkiej wody pochodzących z dopływów Odry. Największym dopływem słodkiej wody jest Warta, której poziom zasolenia średnio jest dwu-trzykrotnie niższy niż w Odrze. To mogło doprowadzić do wyrzutu toksyny przez komórki glonów, dlatego w dolnym odcinku Odry obserwowaliśmy bardzo dużą śmiertelność ryb i mięczaków. Ostatnim etapem katastrofy było odtlenienie dolnego odcinka Odry, do którego trafiła masa rozłożonych, a nie zebranych ryb i małży. Doprowadziło to do odtlenienia wód Odry w okolicach Szczecina. Bilans tego jest taki, że – jak szacują pracownicy Instytutu Leibniza w Berlinie – wyginęło około 50 proc.

ryb pod względem biomasy i 60 proc. dużych małży. Obecnie ekosystem Odry jest osłabiony zeszłoroczną katastrofą. Brak dużych małży filtrujących wodę oraz brak większych ryb utrudnił powrót ekosystemu do stanu sprzed katastrofy.

Perspektywa

Katastrofa ekologiczna w Odrze była zatem konsekwencją wielu czynników, które nabudowały się przez wieki działalności człowieka. Nie uwzględniliśmy interesu zdrowia ekosystemu jako naszego własnego. Nie przeciwdziałaliśmy nadmiernemu zanieczyszczeniu wody, przekształceniom gruntów i koryt rzek, nadmiernej emisji gazów cieplarnianych. W ostatnich latach prężnie rozwija się nauka ekonomiczna dotycząca usług, które są świadczone przez ekosystemy (ang. *ecosystem services*). Okazuje się, że usługi, które oferują nam ekosystemy, są bardzo dużo warte – choć w opinii piszących ten tekst większość z nich jest bezcenna. Jako społeczeństwo nie dostrzegliśmy tego, że użytkownicy korzystający nadmiernie ze środowiska powinni należycie rekompensować te straty. Bez tej świadomości i bez działań w oparciu o tę wiedzę będziemy świadkami kolejnych katastrof ekologicznych podobnych do tych w 2022 roku w Odrze. ■

Chcesz wiedzieć
więcej?

Costanza R., De Groot R., Sutton P., Van der Ploeg S., Anderson S.J., Kubiszewski I., Turner R.K., *Changes in the global value of ecosystem services*, „Global Environmental Change”, 26/2014.

Grygoruk M., Mirosław-Świątek D., Chrzanowska W., Ignar S., *How much for water? Economic assessment and mapping of floodplain water storage as a catchment-scale ecosystem service of wetlands*, „Water”, 5(4)/2013.

Ślugocki Ł., Czerniawski R., *Water Quality of the Odra (Oder) River before and during the Ecological Disaster in 2022: A Warning to Water Management*, „Sustainability”, 15(11)/2023.



dr Teresa Urszula Szmigielska

Kustoska Biblioteki
Polskiej Akademii Nauk
Archiwum
w Warszawie.
Jest absolwentką
informacji naukowej
i bibliotekoznawstwa
oraz polonistyki
na Uniwersytecie
Warszawskim, starszy
kustosz dyplomowany.
Interesuje się historią
bibliotek, standardami
oceny bibliotek
naukowych,
zagadnieniami
degradacji zbiorów
bibliotecznych.
urszula.szmigielska
@archiwum.pan.pl

Degradacja kart i oprawy
z kwaśnego papieru

NA RATUNEK KSIĄŻCE

Do produkcji papieru, używanego codziennie w wielu sferach życia, przez dziesięciolecia stosowano toksyczne substancje.

Teresa Urszula Szmigielska

Biblioteka PAN Archiwum w Warszawie

Do utrwalania tekstu ludzie używali łupków kamiennych, tabliczek glinianych, papirusu, pergaminu, a w końcu papieru. Ten ostatni królował od XVII wieku jako podłoże do tekstów rękopiśmiennych i druku wszelkich dokumentów. Ogromne, rosnące skokowo zapotrzebowanie na ten nośnik nastąpiło na przełomie XVIII i XIX wieku. Zmiany cywilizacyjne, rozwijająca się biurokracja skutkowały coraz większym zapotrzebowaniem na tanie, dostępne w dużych ilościach podłoże do pisanie i drukowania. Powszechna edukacja spowodowała zmniejszenie liczb

by analfabetów i wzrost zapotrzebowania na drukowany dokument. Rewolucja przemysłowa przyczyniła się do rozwoju miast, w których dostęp do informacji stał się najcenniejszy i warunkował postęp. W XIX wieku głównym źródłem danych były gazety codzienne, z których największe pod koniec wieku uzyskiwały nakład sięgający miliona egzemplarzy. Wytworzone w ograniczonych ilościach do końca XVIII wieku książki, zwane starodrukami, okazują się trwalsze niż te wydrukowane później – na zakwaszonym papierze.

Dla zaspokojenia rosnącego zapotrzebowania na papier były niezbędne zmiany technologiczne. Produkcja papieru ze szmat, choć stale unowocześniana, była niewystarczająca. Należało odejść od wytwarzania pojedynczych kart na rzecz niekończącej się wstęgi papieru. Takiego wynalazku dokonał Francuz Nicolas Louis Robert w 1798 roku. Stworzył on i opatentował maszynę dającą możliwość wytwarzania nieprzerwanego arkusza. Od lat 20. XIX wieku produkcja papieru w Europie przyspieszyła na niespotykaną wcześniej skalę. Zmiany technologiczne zwiększające ilość produktu uzyskano za cenę obniżenia jakości i trwałości wytwarzanego nośnika, a w dalszej perspektywie skazanie go na destrukcję z powodu wprowadzenia do produkcji „kwaśnych” technologii.

Toksyczne odpady

Po pierwszych próbach wykorzystania słomy, trzciny, pokrzyw, a nawet torfu zwrócono uwagę na drewno. Na początku XIX wieku drewno rozwłókniano na moko na tzw. ścierakach. Eksperymenty sprawiły, że najlepsza okazała się stosowana od połowy XIX wieku metoda kwaśnej produkcji papieru z masy celulozowej przez gotowanie zrębków w ługu powarzelnym. Istotnym krokiem w kierunku poprawienia opłacalności produkcji było zastąpienie drogiej sody tańszymi, kwaśnymi związkami siarki, które również posiadały





właściwości rozdrabniania drewna. Stosowanie opisanej metody przyczyniło się do zakwaszenia papieru, ponieważ dodawane często ponad miarę kwaśne związki nie zawsze były skrupulatnie wypłukiwane z masy celulozowej, co skutkowało jego zakwaszeniem.

Żeby masa celulozowa, która jest spilśniona, stała się papierem, należy ją zaprawić, czyli wprowadzić do niej substancje klejące, które zabezpieczą przed przenikaniem cieczy. W procesie formowania papieru tradycyjnie do początku XIX wieku stosowano uszczelnianie żelatyną z owczych nówek. Zaklejano ręcznie powierzchnię arkuszy papieru czerpanego lub zanurzano je w kleju żelatynowym. Klej przedostawał się do wnętrza arkusza, wzmacniał jego strukturę, zapobiegając rozlewaniu się atramentu po karcie oraz widoczności druku po jej drugiej stronie. W XIX wieku zabrakło surowców pochodzenia naturalnego i zastąpiono je klejem żywicznym. Stosowanie kleju z dodatkiem siarczanu glinu spowodowało wysoką kwasowość finalnego produktu.

Kwaśna metoda uzyskiwania celulozy cieszyła się powodzeniem ze względu na wydajność i niskie

koszty. Zakwaszony papier jest jednak mało odporny na zawilgocenie, kwaśne gazy, temperaturę. Wilgoć jest również przyczyną destrukcji chemicznej, pęcznienia i pęknięcia włókien celulozy, a kwasowe wypełniacze przyspieszają te procesy. W konsekwencji przyczynia się to do szybkiego brązowienia i łamliwości kart. Niektóre dokumenty wyprodukowane w XIX i XX wieku rozpadały się już po kilku latach. Produkty tak wytworzone są skazane na całkowitą degradację. Dopiero w latach 60. XX wieku skokowo zwiększyła się produkcja celulozy metodą alkaliczną, co spowodowało, że ilość samoniszczonego się kwaśnego papieru została ograniczona.

Produkcja papieru wymaga zastosowania substancji wybielających oraz barwiących. Żeby uzyskać masę celulozową w żądanym, najczęściej białym, kolorze, trzeba ją wybielić. Ta technologia jest powodem ogromnej skali destrukcyjnego działania przemysłu papierniczo-celulozowego na środowisko. Wybielanie masy celulozowej za pomocą związków chloru wymusza usuwanie z zakładów papierniczych zanieczyszczeń zawierających te chemikalia. Związki te poddane działaniu wysokich temperatur zamieniają się w truczny,

Kruszące się okładki

Destrukcja oprawy
i rozsypujące się składki

zwane dioksynami. Znajdują się one nie tylko w odpadach poprodukcyjnych i ściekach, lecz także w samym papierze. Uważane za jedne z najbardziej toksycznych, są odpowiedzialne za zatrucie środowiska wodnego. Przeciętna papiernia wytwarza dziennie wiele ton odpadów chlorowych. Stosowany w papiernictwie dwutlenek siarki przyczynia się do zakwaszania jezior, a związki azotowe i fosforany przyspieszają wzrost glonów i destrukcję wód. W niektórych krajach obecnie stosuje się bielenie tlenem, ale chlor jest ciągle w użyciu na bardzo dużą skalę.

Starzejące się oprawy

Do końca XVIII wieku introligator łączył pojedyncze karty w postać książki, czyli tworzył kodeks. Wytwory pracy introligatorów w przypadku cennych dzieł rękopiśmiennych i drukowanych były dziełami sztuki. Również oprawy druków użytkowych sporządzane z tańszych materiałów wykonywano z dużym nakładem pracy i należytą starannością. W XIX wieku do oprawy zaczęto stosować inne surowce. Czas przygotowania skóry na oprawę, który poprzednio wynosił około dwóch tygodni, próbowano maksymalnie skrócić. W tym celu do garbowania skór dodawano kwasu siarkowego. Efekt jest podobny jak w przypadku papieru. Oprawy z tak wyprawionej skóry starzeją się szybciej, pokrywają rdzawym nalotem i są kruche.

Jednym z etapów pracy introligatora pozostawało takie związanie kart w składki, by możliwe było ich swobodne odwracanie. Przy masowej produkcji zrezygnowano ze zszywania składek lnianą nicią introligatorską i wprowadzono łączenie metalowym drutem. Niestety, zastosowanie tego surowca, na początku wydającego się bardziej praktycznym, przysparza obecnie



SYLWIA FABISIAK-CHOINACKA

archiwistom i bibliotekarzom wiele kłopotu. Rdzewiejący drut niszczy papier i powoduje rozsypywanie się kartek. Podobnie niszczące działanie mają wszelkiego rodzaju spinacze i zszywki stosowane do zespolenia dokumentów przekazywanych do archiwum.

Wynalazcy i wizjonerzy wprowadzający metodę kwasową produkcji papieru odpowiadali swoimi wynalazkami na potrzebę taniego, produkowanego masowo materiału. Nie przewidywali jednak, że technologie te mogą spowodować nieodwracalną, szybką utratę znacznej części dokumentów wydrukowanych czy też napisanych ręcznie w XIX i XX stuleciu.

Program „Kwaśny papier”

Następujące lawinowo niszczenie zasobów piśmienniczych w XXI wieku spowodowało szukanie sposobu odkwaszenia papieru i zahamowania procesów destrukcji. W Polsce, w ramach wieloletniego programu rządowego, zrealizowano projekt badawczy „Kwaśny papier. Ratowanie w skali masowej zagrożonych polskich zasobów bibliotecznych i archiwalnych”. Za realizację projektu była odpowiedzialna Biblioteka Narodowa. Badania objęły 90 bibliotek i 39 archiwów. Oszacowano, że w polskich bibliotekach i archiwach 90 proc. zbiorów jest zakwaszonych, co daje jedynie dla badanych instytucji konieczność

Kwaśny papier
przechowywany
w bibliotekach, archiwach
i muzeach emituje trujące
substancje do pomieszczeń,
w których przebywają
pracownicy. Dopuszczalne
stężenia zanieczyszczeń
w obiektach zabytkowych
przedstawia tabela 1

TABELA 1
Dopuszczalne stężenia zanieczyszczeń powietrza
w pomieszczeniach bibliotek i archiwów
według normy ISO 11799:2003

Zanieczyszczenie	Maksymalne dopuszczalne stężenie	
	ppb*	µg/m³
Ditlenek siarki	5 do 10	–
Tlenki azotu	5 do 10	–
Ozon	5 do 10	–
Kwas octowy	< 4	–
Formaldehyd	< 4	–
Cząstki kurzu łącznie z zarodnikami pleśni	–	50

* ppb – liczba cząsteczek na miliard = 0,0000001%

TABELA 2

Metoda i rodzaj fazy	Odczynniki stosowane do odkwaszania	Wydzielane zanieczyszczenia	NDS (mg/m ³)	Granice wybuchowości (dgw)*
Bookkeeper (ciekła)	tlenek magnezu, perfluoroheptan	tlenek magnezu, siarczany, chlorki i azotany magnezu	tlenek magnezu: – dymy: 5 – pył: 10	
Neschen (ciekła, faza wodna)	metylceluloza, wodorowęglan magnezu, fiksatywy, woda	pyły drewna, wodorowęglan magnezu, zagrożenie pożarem i wybuchem	pyły drewna: 4	pyły celulozy: 40 g/m ³

*dgw – dolna granica wybuchowości

odkwaszenia około 43 mln woluminów. Stwierdzono również, że w przebadanych placówkach około 65 proc. magazynów bibliotek znajduje się w piwnicach, najmniej właściwych do przechowywania zbiorów ze względu na ograniczone możliwości wentylacyjne, a także zwiększone prawdopodobieństwo zawilgocenia czy zalania.

Odkwaszenie wszystkich zasobów bibliotecznych i archiwalnych nie jest możliwe. Koszty tych operacji są bardzo wysokie. Biblioteki łączą swoje siły, by utrwalac zagrożone publikacje przy wykorzystaniu

nowych technologii. Nadzieją na ocalenie materiałów archiwalnych, będących jednostkowymi dokumentami, jest również ich rejestracja cyfrowa. Nieocenione są możliwości internetu w udostępnianiu cyfrowych wersji papierowych źródeł.

Zagrożenia chemiczne

Uwalniające się ze zbiorów substancje występują w postaci pierwotnej lub w wyniku reakcji chemicznych zachodzących między nimi tworzą nowe związki. Należy tu wymienić pochodzące z papieru włókna celulozowe, substancje klejące: żelatynę, żywicę, oraz wypełniacze siarczanowe i siarczkowe, sole metali, barwniki naturalne i syntetyczne. Te substancje uwolnione z papieru łączą się w produkty toksyczne, które mogą być niebezpieczne dla pracowników. Lotne trucizny powstają w wyniku wzajemnego oddziaływania wilgoci, temperatury, promieniowania, tlenu, ozonu, kwaśnych zanieczyszczeń powietrza, smogu. Zasoby bibliotek i archiwów pod wpływem wilgoci ulegają nieodwracalnym, destrukcyjnym przemianom. Tematy badawcze związane z przechowywaniem materiałów pochodzących z kwaśnego środowiska oscylują wokół problematyki konserwacji i zachowania w możliwie dobrym stanie zasobów. Nieliczne są badania dotyczące bezpieczeństwa osób pracujących w tych instytucjach.

Zwrócili na to uwagę specjaliści z Centralnego Instytutu Ochrony Pracy. Wskazują, że w dostępnych materiałach zainteresowanie budzi stan zachowania dokumentów oraz sposoby ich ratowania. Mimo wielu obowiązujących norm nie podjęto zakrojonych na większą skalę badań nad warunkami pracy w środowisku zanieczyszczonym kwaśnym papierem. Badacze nie dostrzegli aspektu bezpieczeństwa ludzi, ustalenia rodzaju zanieczyszczeń w czasie pracy w bibliotekach i archiwach oraz w czasie wykorzystania instalacji odkwaszających, filtrujących i wentylacyjnych.

Z przedstawionych materiałów wynika, że zagrożone są nie tylko zbiory, lecz także ludzie, którzy mają nad nimi pieczę. ■

W trakcie odkwaszania dokumentów papierowych do pomieszczeń, w których są przeprowadzone te operacje, oraz do atmosfery przedostają się zanieczyszczenia. Tabela 2 wymienia wybrane, stosowane w Polsce, metody odkwaszania i używane odczynniki chemiczne, wydzielane zanieczyszczenia, najwyższe dopuszczalne stężenia (NDS) wybranych, emitowanych substancji chemicznych oraz granice wybuchowości mieszanin paropowietrznych: lotnych i pyłowych

Dokumenty w archiwum i bibliotece zniszczone pod wpływem warunków środowiska

Chcesz wiedzieć więcej?

Drewniewska-Idziak B., *Zagrożenia zbiorów z XIX i XX wieku w polskich bibliotekach i archiwach na podstawie badania ankietowego*, https://bn.org.pl/kwasny_papier/stan04.pdf

Makles Z., Szewczyńska M., *Zasoby piśmiennicze jako źródło zagrożeń chemicznych*, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-article-BPC1-0003-0016>

Odkwaszanie zbiorów bibliotecznych i archiwalnych w Polsce. Podsumowanie, 2008.



SYLWIA FABISIAK-CHOJNACKA

Sny o czystości

Katarzyna Kasia

Katedra Teorii Kultury, Wydział Zarządzania Kulturą Wizualną
Akademia Sztuk Pięknych w Warszawie



dr Katarzyna Kasia

Filozofka, absolwentka
Wydziału Filozofii
i Socjologii UW,
stypendystka
Ministerstwa Spraw
Zagranicznych
Republiki Włoskiej i The
Kościuszko Foundation,
visiting scholar
w Princeton University.
Wykładowczyni
Katedry Teorii
Kultury i Wydziału
Zarządzania Kulturą
Wizualną Akademii
Sztuk Pięknych
w Warszawie. Stała
współpracowniczka
„Kultury Liberalnej”,
często komentuje
w mediach bieżące
wydarzenia polityczne.
katarzyna.kasia@asp.waw.pl

Riachuelo (Brook),
Alejandro Durán, 2017,
pochodzi z serii „Washed Up”,
dzieła sztuki zostały
stworzone ze znalezionych
na plażach Meksyku śmieci.
Projekt ma na celu
wzbudzenie zainteresowania
opinii publicznej
zanieczyszczeniem
środowiska naturalnego.
Śmieci nie są malowane,
ale zbierane i porządkowane
według kolorów
(alejandroduran.com)

Jakie zanieczyszczenie najbardziej przeszkadza w poznawaniu świata? Na czym polega i czy w ogóle istnieje takie zjawisko jak współpraca najważniejszych w epistemologii władz poznawczych, czyli rozumu i zmysłów? Co nam zanieczyszcza obraz świata, skutecznie oddzielając nas od możliwości dotarcia do mającej gdzieś tam istnieć prawdy? Odpowiedź jest podejrzenie prosta: największym zanieczyszczeniem zniekształcającym procesy poznania jesteśmy my sami i struktura naszych władz poznawczych. Bo z jednej strony – dysponujemy aparatem umożliwiającym poznanie i dążymy do tego, żeby eksplorować to, co nas otacza, ale z drugiej strony sam ten aparat nie jest przezroczysty i zawsze odciska swój ślad, deformując rzeczywistość w taki sposób, którego nie jesteśmy w stanie dostrzec, ponieważ jest on w nas. W związku z tą deformacją uzależnioną od perspektywy pojawia się bardzo wiele pytań. Po pierwsze, czy jest ona możliwa do usunięcia? Jeśli tak, to – po drugie – w jaki sposób mielibyśmy się do tego zabrać i co nam najbardziej przeszkadza? I po trzecie, czy z zanieczyszczeniem potoku doświadczeń można się pogodzić, akceptując fakt opisanej najlepiej chyba przez Edmunda Husserla niewspółmierności między przedstawieniem a rzeczą?

Relacja między zmysłami i rozumem to wielki i odwieczny temat rozważań z dziedziny teorii poznania. Można byłoby z grubsza podzielić filozofów na empiryków, czyli tych, którzy doceniali poznanie zmysłowe (choć bardzo niewielu dawało mu prymat), oraz zwolenników racjonalizmu, według których jedyną godną zaufania władzą poznawczą jest rozum, mający się mniej czy bardziej radykalnie odcinać od zmysłów. W historii filozofii najczęściej jest ta opozycja opisywana na przykładzie różnicy między epistemologicznymi stanowiskami Platona i Arystotelesa. Pierwszy uważał, że liczy się wyłącznie umysł, który powinien ćwiczyć się w odcinaniu od tego, co zanieczyszcza myślenie, czyli wszelkiej empirii i związanych z nią afektów. Poznanie adekwatne do natury prawdy musi być czysto racjonalne, gdyż nasz świat jest jedynie nędzną kopią rzeczywistości idei, do której nic oprócz myślenia nie daje nam dostępu. Najwybitniejszy uczeń założyciela Akademii, Arystoteles, poszerzył spektrum naszych możliwości poznawczych o doświadczenie,

które umożliwia nam funkcjonowanie w świecie, stając się – co bardzo ważne – nieusuwalnym punktem wyjścia dla rozumu, budującego swoje ogólne pojęcia na bazie partykularnych postrzeżeń. Platon ekskomunikował doświadczenie, uznając je za źródło błędów i dystrakcji, ponieważ poznanie zasługuje na to miano tylko pod warunkiem, że dokonuje się na poziomie pojęć ogólnych bez wnikania się w niepotrzebne złudzenia, bez zanurzania się w morzu doświadczenia. Arystoteles je zaś odzyskał jako element funkcjonowania człowieka w świecie przeżywanym. Można tylko podejrzewać, że losy filozofii i świata potoczyłyby się inaczej, bo przecież pogląd empirycznego Arystotelesa jest po prostu o wiele bardziej zgodny z intuicjami zdrowego rozsądku, gdyby nie to, że wskutek ciągu szalonych zbiegów okoliczności jego pisma na przeszło tysiąc lat zaginęły. W tym samym czasie Platon i jego następcy nie próżnowali i przede wszystkim



ALEJANDRO DURÁN



Bombillas (Bulbs)
Alejandro Durán, 2013,
pochodzi z serii „Washed Up”
(alejandroduran.com)

ALEJANDRO DURÁN

w dwóch ujęciach dominowali w myśleniu Zachodu: najpierw jako neoplatonizm, czyli bardzo zradykalizowana i zmierzająca w stronę matematycznego mistycyzmu interpretacja Plotyna i Porfiriusza, następnie zaś jako oficjalna dogmatyka Kościoła katolickiego według św. Augustyna. Mimo powrotu dzieł Stagiryty do Europy w XIII wieku i wielkiej rewolucji w myśleniu, którą ten powrót zainicjował, założenie, że zmysły są w gruncie rzeczy czynnikiem zanieczyszczającym tok procesów poznawczych, utrzymuje się w wielu ujęciach do dziś, chociaż gdyby je zachować, przede wszystkim byłby niemożliwy rozwój nauki.

Myślenie naukowe jest oparte na doświadczeniu, z którego następnie wyciąga się wnioski. Co więcej – zakorzenienie w empirii jest koniecznym warunkiem rzetelności, ponieważ czysta spekulacja ma to do siebie, że za każdym razem, kiedy odrywa się od ziemi, przestaje być możliwa do zweryfikowania za pomocą mechanizmu referencji. Można więc dojść do wniosków radykalnie różnych od tych, które głoszą racjoniści, i uznać jak np. Francis Bacon, że to rozum zanieczyszcza poznanie i wprowadza nieład. Dlaczego? To akurat proste: dlatego, że ma wielką zdolność do odrywania się od konkretności i ulegania złudzeniom. Bacon definiuje cztery rodzaje tych ostatnich, nazywając je idolami, czyli fałszywymi bożkami intelektu. W swoim głównym dziele *Novum Organum*

(tytuł wprost nawiązuje zresztą do Arystotelesowskiego *Organonu*) wymienia: złudzenia jaskini, plemienia, rynku i teatru. Pierwsze wynikają z tego, co każda i każdy z nas sobie uwewnętrzniał, w co po cichutku wierzy – to nasze przekonania, nastawienia, lęki. Złudzenia plemienia wynikają z życia między ludźmi, to wzory kultury, określające granice tego, co wypada, a także „miejskie legendy”, obiegowe opinie, powszechnie znane fakty. Idole rynku budują się dzięki plotkom, wynikają ze zniekształceń języka, z niewypowiedzianych, niewyjaśnionych, a często wręcz nieuświadomionych nieporozumień, którym ulegamy w codziennie prowadzonej grze w „głuchy telefon”. Ostatnie z nich, złudzenia teatru, wynikają z tego, że słuchamy pseudoekspertów, że wierzymy komuś tylko dlatego, że napisał książkę albo coś powiedział w mediach i dlatego traktujemy go jako autorytet. Jak się od idoli uwolnić? Trzeba to zrobić, sprawdzając doświadczalnie, weryfikując, ufając zmysłom.

Kant stawiał na wzajemną kontrolę władz poznawczych (pisałam o tym zresztą wcześniej na gościnnych łamach „Academii”). Może się to wydawać pomysłem iście salomonowym, lecz diabeł jak zwykle tkwi w szczegółach odpowiedzi na pytanie o to, na ile będziemy słać czystość myślenia, a na ile pogodzimy się z faktem, że to właśnie poziom jego zanieczyszczenia najczęściej mówi nam o myślącym podmiocie. ■

OCZYSZCZALNIA CZAJKA



FOTOGRAFIE MARCIN KMIECIŃSKI

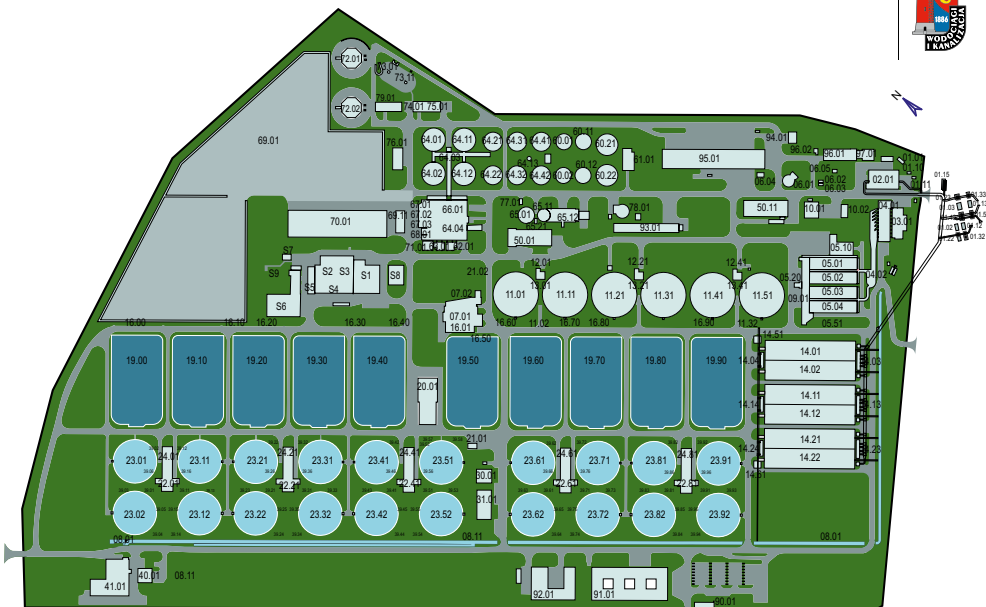
Ścieki powstające w aglomeracji warszawskiej są neutralizowane w jednym z najnowocześniejszych zakładów w Polsce.



Legenda

01.01, 02, 03	Komory pomiaru przepływu	62.01	Zbiornik wyrównawczy osadu nadmiernego
01.10 – 01.13	Komory zasuw	63.01	Zbiornik osadów zmieszanych
01.15, 32, 33, 53	Komory zasuw dla zbiorników retencyjnych ścieków	64.01 – 64.42	Komory stabilizacji osadu (WKF)
01.22, 23, 43	Komory pomiaru przepływu dla zbiorników	64.04	Dyspozycja WKF
02.01	Pompownia dopływowa	64.03, 13	Kłaki schodowe przy WKF
03.01	Zbiornia komora dopływowa	65.01, 11	Zbiorniki pośrednie osadu po stabilizacji
04.01	Budynki krat	65.12	Rezerwa stacja odwadniania osadu
04.02	Kanal do piaskowników	65.21	Kłaka schodowa przy zbiorniku pośrednim osadu po stabilizacji
05.01 – 05.04	Piaskowniki napowietrzne z odłuszcaczem	66.01	Budynki obróbki osadu
05.10	Budynki separacji piasku	67.01, 02, 03	Magazyny pośrednie osadu odwodnionego
05.20	Pompownia fluczacji z piaskownika	68.01	Punkt przyjęcia osadu odwodnionego
05.51	Kanal obiegowy	69.01	Płacz awaryjnego magazynowania osadu odwodnionego
06.01	Pompownia ścieków własnych		Punkt załadunku ciężarówek
06.02, 03, 05	Komory kontroli przepływu	69.11	Boje magazynowe osadu odwodnionego
06.04	Przelew burzowy	70.01	Pompownia dopływów wrotnych
07.01	Pompownia pododnia	71.01	Zbiorniki biogazu
07.02	Pompownia do opróżniania kanałów	72.01, 02	Pochodnie biogazu
08.01	Przelew główny i kanał obiegowy	73.01, 11	Odszczelnia biogazu
08.11	Kanal obiegowy pompowni odpływowej	74.01	Komora obróbki biogazu
09.01	Komora rozdzielu osadzenia wstępnego	75.01	Kolonia
10.01	Punkt przyjęcia i oczyszczania osadów	76.01	Komora poboru próbek
10.02	Wieża na kontenery	77.01	Pompownia odcieków z zagęszczaczy grawitacyjnych
11.01 – 11.51	Osadniki wstępne	78.01	Stacja pomiarowa gazu ziemnego
11.02, 32	Kanale dopływowe		Portieria
12.01, 21, 41	Pompownia osadu wstępnego	79.01	Budynki administracji z laboratorium
13.01, 21, 41	Komory części pływających	90.01	Centralna dyspozycja
14.01 – 14.22	Zbiorniki retencyjne ścieków	91.01	Rodzelnia SN
14.03 – 14.24	Komory zasuw dla zbiorników	92.01	Budynki materiałów łatwopalnych
14.51, 14.61	Komora rozdzielu 2	93.01	Budynki magazynowe
16.01	Kanale rozdzielcze	94.01	Hala remontowa
16.02 – 16.90	Reaktory biologiczne	95.01	Magazyny gazów spalających
20.01	Stacja dmuchaw	96.02	Budynki socjalny przy hali remontowej
21.01	Pompownia systemu opróżniania zbiorników	97.01	
21.02	Komora zasuw		
22.01 – 22.81	Komory rozdzielu 3		
23.01 – 23.92	Osadniki wtórne		
24.01 – 24.81	Pompownia osadu recykulowanego		
30.01	Stacja dozowania węgla zewnętrznego		
31.01	Stacja dozowania koagulantów		
39.01 – 39.96	Komory części pływających		
40.01	Pompownia wody technologicznej		
41.01	Komora półzaczepowa i pompownia odpływowa		
50.01, 11	Budynki dezodoryzacji		
60.01 – 60.22	Zagęszczacz grawitacyjny		
61.01	Pompownia osadu wstępnego przy zagęszczaczach		

PLAN ZAKŁADU CZAJKA

MIEJSKIE PRZEDSIĘBIORSTWO WODOCIĄGÓW I KANALIZACJI
W M.ST. WARSZAWIE SPÓŁKA AKCYJNA

Fot. 1
Tablica informacyjna
z planem Zakładu Czajka

Wodociągi Warszawskie przyjmują ścieki od czterech oczyszczalni zlokalizowanych w zakładach: Południe, Dębe, Pruszków oraz w największej i jednej z najnowocześniejszych oczyszczalni w Polsce – w Zakładzie Czajka. Czajka została uruchomiona w 1991 roku i początkowo oczyszczała jedynie ścieki z prawobrzeżnej Warszawy oraz z części gmin ościennych (Legionowo, Jabłonna, Zielonka, Marki, Żąbki). W latach 2009–2012 została zmodernizowana i rozbudowana w ramach projektu „Zaopatrzenie w wodę i oczyszczanie ścieków w Warszawie – Faza III i Faza IV” współfinansowanego przez Unię Europejską. Tym samym jej funkcjonowanie dostosowano do obecnych potrzeb miasta – przyjmowania ścieków z centralnych i północnych dzielnic lewobrzeżnej Warszawy, a także do norm krajowych i europejskich związanych z jakością ścieków odprowadzanych do Wisły. Zwiększyła się także przepustowość oczyszczalni z blisko 180 tys. do 435,3 tys. m sześć. ścieków na dobę.

Pierwszy etap oczyszczania ścieków to oczyszczanie mechaniczne, rozpoczynające się zmieszaniem w komorze zbiorczej ścieków dopływających do oczyszczalni. Potem ścieki przepływają kolejno przez kraty, piaskowniki i osadniki wstępne, gdzie są z nich usuwane większe zanieczyszczenia. Drugi etap oczyszczania to usuwanie związków biogenych. Wykorzystuje się tu procesy biologicznego oczyszczania oparte na metodzie osadu czynnego (skupiska bakterii i mikroorganizmów). W oczyszczalni jest 10 niezależnych ciągów oczyszczania biologicznego. Każdy składa się z reaktora biologicznego oraz zespołu dwóch osadników wtórnych. Z reaktora biologicznego mieszanina oczyszczonych ścieków oraz osadu

czynnego odpływa do osadników wtórnych, gdzie następuje sedimentacja i oddzielenie osadu czynnego od oczyszczonych ścieków. Oczyszczone ścieki odpływają do kanału odpływowego, a stąd do Wisły.

Część osadu czynnego jest zawracana do reaktorów biologicznych, a nadmiar biomasy – usuwany z układu jako tzw. osad nadmierny. Osad się zagęszcza i kieruje do komór fermentacyjnych, gdzie powstaje biogaz – największe źródło energii własnej wodociągów. Z niego w 2022 roku spółka pozyskała ponad 38,2 tys. MWh energii elektrycznej. Biogaz jest również źródłem energii cieplnej, której produkcja pokrywa 100 proc. zapotrzebowania na ciepło Zakładu Czajka.

W dalszym etapie przefermentowane osady są odwadniane i kierowane do unieszkodliwiania w stacji termicznej utylizacji osadów ściekowych (STUOŚ). Unieszkodliwianie osadów następuje w piecach fluidalnych. W nowoczesnej spalarni nie tylko unieszkodliwia się osady ściekowe, lecz także odzyskuje przy tym energię cieplną i elektryczną wykorzystywaną na potrzeby oczyszczalni. Turbina parowa w spalarni w 2022 roku wytworzyła 5,4 tys. MWh energii elektrycznej. STUOŚ jest także wyposażona w zaawansowany system oczyszczania spalin, co powoduje, że jej działanie jest bezpieczne dla środowiska i mieszkańców.

Na terenie oczyszczalni zainstalowano panele fotowoltaiczne, które są częścią systemu paneli funkcjonujących w obiektach Wodociągów Warszawskich, a także wpisują się w działania prowadzone przez spółkę w ramach OZE i GOZ, w tym dążenia do samowystarczalności energetycznej.

WODOCIĄGI WARSZAWSKIE

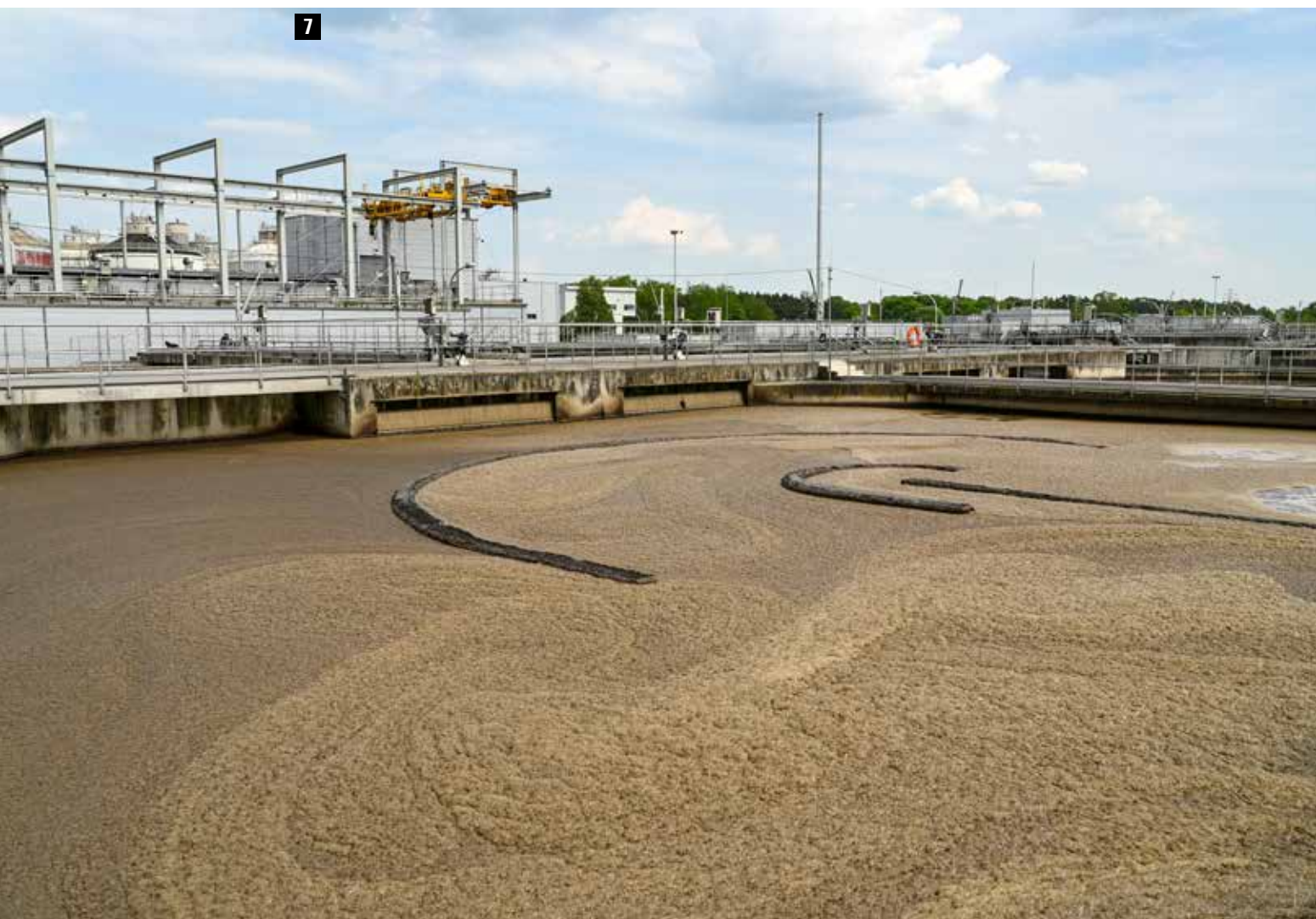


Fot. 2
Zbiorniki biogazu
na terenie Zakładu Czajka

Fot. 3, 4, 5
Przykłady tablic
informacyjnych w ramach
ścieżki edukacyjnej
po Zakładzie Czajka

Fot. 6
Elementy systemu
informacji obiektowej
(zakład zajmuje obszar
52,7 ha)

7



Fot. 7
Widok na pracujący
reaktor biologiczny

Fot. 8
Reaktor biologiczny
w trakcie przeglądu

Fot. 9
Dyfuzor w reaktorze
biologicznym

8



9



10



11



12



Fot. 10
Widok na wydzielone komory fermentacyjne (WKF)

Fot. 11
Przykład tablicy informacyjnej w ramach ścieżki edukacyjnej prowadzącej po Zakładzie Czajka

Fot. 12
Widok na stanowiska odbioru ustabilizowanego osadu ściekowego (eksploatowane w trakcie przeglądów rocznych STUOŚ)



dr hab.
Tomasz Koziół,
prof. UMK

Konserwator zabytków,
pracownik badawczo-
dydaktyczny Katedry
Konserwacji-Restauracji
Papieru i Skóry
Uniwersytetu Mikołaja
Kopernika w Toruniu.
tk@umk.pl

(Nie)śmiertelne fotografie

Zanieczyszczenia powietrza wpływają negatywnie na stan zachowania starych fotografii.

Wśród wspaniałych, zabytkowych zbiorów Biblioteki Kórnickiej znajdują się fotografie. Większość z nich stanowią odbitki srebrne na podłożach papierowych. Dominującą techniką fotograficzną wśród fotografii XIX-wiecznych to odbitki albuminowe (POP), a wśród XX-wiecznych – odbitki srebrno-żelatynowe (DOP). Biblioteka od lat podejmuje starania zmierzające do ochrony swoich zbiorów przez ciągłą współpracę z konserwatorami, m.in. z Katedry Konserwacji-Restauracji Papieru i Skóry UMK w Toruniu.

Fotografie są obiektami zabytkowymi wyjątkowo wrażliwymi na czynniki niszczące, których jest wiele. Przede wszystkim należy wskazać na: zbyt duże dobowe wahania wilgotności i temperatury, czynniki biologiczne (owady, mikroorganizmy), niewłaściwe użytkowanie i przechowywanie fotografii oraz zanieczyszczenia powietrza. Z punktu widzenia konserwatora zabytków zanieczyszczenia powietrza to niepożądane substancje stałe, ciekłe lub gazowe, które mają ujemny wpływ na trwałość materii zabytkowej. Zabytkom wykonanym na podłożu papierowym szkodzą różne substancje chemiczne obecne w powietrzu: tlenki kwasowe, lotne związki organiczne (LZO) m.in. o charakterze kwasowym, substancje przyspieszające proces utleniania (nadtlenki, ozon) oraz siarkowodor. Wiele z nich było przedmiotem badań realizowanych w latach 2011–2016 z użyciem rurek wskaźnikowych służących do zasysania powietrza i wywołania reakcji barwnej wyrażonej na skali w jednostkach ppm (*parts per milion*).

Wiele zanieczyszczeń chemicznych powietrza wywiera negatywny wpływ na trwałość fotografii. Szczególnie są widoczne skutki oddziaływania siarkowodoru na srebrny obraz fotograficzny, ponieważ ulega on nieodwracalnemu płowieniu. Zniszczenie to jest również spowodowane pozostawianiem w odbicie fotograficznej resztek niewypłukanego utwardzacza.

Zupełnie inaczej przedstawia się obecność pyłu osiadłego i zabrudzeń wynikających z użytkowania lub z obecności pleśni. Jak wykazała praktyka, prace konserwatorskie i restauratorskie realizowane na kórnickim zbiorze są w stanie znacząco poprawić estetykę wielu fotografii przez redukcję zanieczyszczeń powierzchniowych. Jest to często grupa zabiegów długotrwałych, wykonywanych nawet pod mikroskopem. Remedium na ograniczenie wpływu zanieczyszczeń powietrza na fotografię jest stosowanie opakowań z czteroskrzydłowych obwolut ochronnych z czystej celulozy, mających atest PAT (Photographic Activity Test), oraz stosowanie filtrów powietrza. Biblioteka stopniowo prowadzi prace zmierzające do zabezpieczenia każdej fotografii z osobną taką obwolutą z atestem oraz teczek i pudeł ochronnych. Z kolei konieczność stosowania rękawiczek ochronnych (bawełnianych lub z tworzywa – bezpudrowych) ma zapobiegać zabrudzeniom fotografii oraz niebezpiecznej interakcji chemicznej między skórą rąk a powierzchnią odbitek. Jeśli chodzi o spłowiałe fotografie, należy podkreślić, że istnieją spore szanse na odczytanie obrazu fotograficznego. Zapewniają to niektóre techniki badawcze (np. fluorescencja wzbudzona promieniami UV). ■

Przykłady fotografii albuminowych – od dobrze zachowanej (strona lewa) do coraz gorzej zachowanej – spłowiałej (strona prawa)



Poznaj prawdziwe oblicze nauki!

Śledź PAN w mediach społecznościowych, dowiesz się o przełomowych badaniach, ważnych wydarzeniach, prestiżowych nagrodach, grantach oraz poznasz fascynujące informacje ze świata nauki.

Udostępniamy najnowsze publikacje instytutów i jednostek PAN.
Jesteśmy na Facebooku, Instagramie, Twitterze, LinkedInie i YouTube.



OBSERWUJ, KOMENTUJ, UDOSTĘPNIJ





PAN



POLSKA AKADEMIA NAUK

www.pan.pl