



Żubry: Plakette, Planta, Platen i Plebejer.

(zdjęcie ze zbiorów BPN)

CZY GENY POZWOLA ŻUBROWI PRZETRWAĆ?

W roku 1919, wraz z ostatnim żubrem w Puszczy Białowieskiej wyginęło ponad 90% całej światowej populacji żubra sprzed I wojny światowej, a gatunek utracił najprawdopodobniej większą część swojej zmienności genetycznej. Na świecie, w ogrodach zoologicznych i prywatnych kolekcjach pozostały przy życiu zaledwie 54 żubry nizinne o pełnych rodowodach. Jedynie 12 z nich udało się wykorzystać przy restytucji gatunku. Dodatkowo użyty został także ostatni żyjący przedstawiciel żubra kaukaskiego – byk Kaukasus. Z czasem, wszyscy potomkowie Kaukasusa (linia białowiesko-kaukaska) zostali odizolowani i stworzyli wolno żyjącą populację w Bieszczadach. Pozostałe w Białowieży żubry europejskie czystej krwi (linia białowieska, *Bison bonasus bonasus*) pochodzą od zaledwie 7 osobników. Jakby tego było mało, blisko 90% genów współczesnej populacji żubrów białowieskich pochodzi tylko od dwóch założycieli, byka Plebejera i krowy Planty. Do tego 3 z 4 linii męskich najprawdopodobniej wygasły i wszystkie współczesne samce mają chromosom Y pochodzący od Plebejera. Odtworzona wysiłkiem wielu osób populacja żubra znalazła się w wyjątkowo trudnej sytuacji genetycznej. Większość z nich jest tak podobna genetycznie, że bez przeprowadzenia bardzo drobiazgowych i kosztownych DNA analiz nie można ich rozróżnić. Podobieństwo to, wynikające z wysokiego poziomu spokrewnienia wiąże się z konkretnymi zagrożeniami dla gatunku.

Każdy osobnik może mieć dwa warianty genu odpowiedzialnego za daną cechę. W całej populacji takich wariantów zazwyczaj jest kilkanaście czy nawet kilkadziesiąt. Przy rozpartrywaniu większej liczby genów, każdy osobnik ma praktycznie ich niepowtarzalną kombinację. Gdy zdarzy się jakieś nieprzewidziane, nietypowe dla środowiska w którym żyje gatunek zdarzenie, np. pojawia się nieznany dotąd wirus chorobotwórczy lub zmieni się inny ważny czynnik środowiskowy, organizmy części osobników mogą nie być w stanie funkcjonować w nowej sytuacji właśnie z powodu takich, a nie innych wariantów genów, które posiadają. Jeżeli populacja jest duża i różnicowana genetycznie, to jest prawie pewne, że część osobników wpasuje się w nowe okoliczności, co oznacza, że populacja ma potencjał adaptacyjny. Sprawa się komplikuje, gdy tak jak w przypadku żubra, wyjściowa liczebność populacji jest bardzo mała, a jej zmienność genetyczna dramatycznie obniżona. Wysokie podobieństwo genetyczne wszystkich osobników w populacji oznacza, że w przypadku zajścia zmian w środowisku, mogą one zareagować podobnie. W skrajnym przypadku oznacza to, że wszystkie się dostosują lub wszystkie zginą.

Zjawisko nagłego i drastycznego, zmniejszenia się liczebności gatunku o co najmniej połowę nazywa się „wąskim gardłem” (ang. bottleneck). W zależności od nasilenia zjawisko to może mieć mniej lub bardziej dramatyczne skutki dla przyszłości populacji. Nieuniknionym następstwem użycia

podczas restytucji żubra zaledwie 7 założycieli było bliskie spokrewnienie ich potomków. W efekcie genotypy (genotyp: kombinacja wszystkich genów osobnika) poszczególnych osobników są bardzo do siebie podobne. Dalsza utrata i tak niskiej zmienności genetycznej następuje poprzez losowe wypadanie genów osobników, które zmarły bezpotomnie, lub których potomstwo z różnych powodów nie brało udziału w reprodukcji. Kojarzenie w pokrewieństwie nie jest, z punktu widzenia zwierząt, zjawiskiem korzystnym. Znacznie większa ono prawdopodobieństwo ujawnienia się w populacji wad rozwojowych, warunkowanych przez niekorzystne warianty genów. Jeżeli dwa takie same niekorzystne warianty genu spotkają się u jednego osobnika, powodują anomalie rozwojowe o różnym stopniu nasilenia, od drobnych zmian anatomicznych (np. brak ciosów u części słonic w Addo Elephant National Park w Afryce Południowej) do poważnych zaburzeń wzrostu, rozwoju i procesu reprodukcji. Wszelkie niekorzystne cechy wrodzone obserwowane u zwierząt pochodzących z kojarzeń krewniaczych traktowane są jako objawy depresji inbredowej. Zinbredowanie jest efektem kojarzenia krewniaczego i oznacza, że członkowie populacji są do siebie bardziej podobni genetycznie, niż członkowie populacji nie rozmnażającej się w pokrewieństwie. Jeśli wybierzemy dwa dowolne żubry ze współczesnej populacji, to okaże się, że blisko połowa ich genów jest identyczna w wyniku posiadania wspólnych przodków. Tak wysoki poziom inbredu jest rzadkością wśród zwierząt. Tym bardziej zadziwiające jest, że żubry białowieskie nie wykazują objawów depresji inbredowej. Najprawdopodobniej wynika to z tego, że dzięki szczęśliwemu zbiegowi okoliczności, założyciele linii białowieskiej, byli wolni od niekorzystnych wariantów genów. Co ciekawe, oznaki depresji inbredowej wykazują żubry linii białowiesko-kaukaskiej, pochodzące od większej liczby założycieli i posiadające „od-



FOT. M. TOKARSKA

świeżające”, w założeniu, geny żubrów kaukaskich. U żubrów białowieskich występuje jednak pewna choroba, o nieznanym etiologii, która być może jest objawem depresji inbredowej. U 5 do 10% samców rocznie, niezależnie od wieku, pojawia się nekrotyczne zapalenie napletka (posthitis). Mimo intuicyjnie wyczuwalnego związku między pojawianiem się tego schorzenia, a tylko jedną formą chromosomu Y w populacji, nie udało się dotąd stwierdzić korelacji między wystąpieniem choroby, a poziomem inbrodu dotkniętych nią osobników.

W jaki sposób oblicza się (a raczej szacuje) zmienność genetyczną populacji? Przykład żubra dowodzi, że gołym okiem i nawet najdokładniejszymi obserwacjami w terenie zrobić się tego nie da. Służą do tego celu tzw. markery genetyczne, czyli wybrane sekwencje DNA, które są szczególnie analizowane. Ich liczba nie jest z góry ustalona, jeżeli markery są dobrze dobrane, wystarczy ich nawet kilka, ale zwykle używa się kilkunastu. Najczęściej używanymi markerami DNA są: mikrosatelitarny DNA i mitochondrialny DNA, a ostatnio także markery typu SNP (polimorfizm pojedynczych nukleotydów, ang. Single Nucleotide Polymorphism). Te ostatnie dają możliwość równoczesnej analizy zarówno niekodujących, jak i kodujących sekwencji DNA. Wyniki uzyskane z wykorzystaniem różnych markerów wskazują dramatycznie niski poziom zmienności genetycznej żubra, nawet w porównaniu z jego bliskim amerykańskim krewnym bizonem (*Bison bison*), który również doświadczył spadku liczebności populacji na przełomie XIX i XX wieku. U żubra białowieskiego niespełna 30% markerów mikrosatelitarnych wykazuje jakąkolwiek zmienność, a na każdy badany marker przypada-

ją średnio zaledwie 2 warianty. Analiza tych samych markerów u bizona da wyniki ponad dwa razy wyższe. Badania mitochondrialnego DNA (kulistych cząsteczek DNA, przekazywanych potomstwu wyłącznie przez matkę) wykazały istnienie u żubra zaledwie 3 jego form. Gepard (*Acinonyx jubatus*), uważany za gatunek o niemal „zerowej” zmienności genetycznej posiada co najmniej 7 form mitochondrialnego DNA. Liczebność populacji żubra wzrastała szybko po powrocie gatunku do Puszczy w latach 50-tych XX wieku i dzisiaj wynosi blisko 500 osobników, tylko po polskiej stronie Puszczy Białowieskiej. Jednak z genetycznego punktu widzenia w Puszczy znajduje się zaledwie nieco ponad 20 osobników, które biorą udział w reprodukcji. Wynika to z bliskiego spokrewnienia osobników i ich genetycznego podobieństwa. To ponad dwukrotnie za mało, aby można było myśleć spokojnie o bezpiecznej przyszłości białowieskiego żubra.

Przeszłość żubra, szczególnie w ciągu ostatnich 100 lat była niezwykle dramatyczna i ma to odbicie w jego DNA. Czy mocarny żubr uniesie to brzemie i przetrwa? Odpowiedź nie jest ani prosta ani jednoznaczna. Zmienność genetyczna żubra jest skrajnie niska i może ona stanowić bezpośrednie zagrożenie dla gatunku, jeśli pojawi się nowy czynnik środowiskowy, z którym żubr miałby się zmagać. Jednak wartość oszacowanej zmienności genetycznej nie odzwierciedla w prosty sposób stopnia żywotności osobnika czy gatunku. Potwierdza to przypadek jelenia kalifornijskiego (*Cervus nannodes*), który przechodził w przeciągu około 200 lat co najmniej kilka bardzo poważnych „wąskich gardeł” liczebności, a którego żywotność i płodność są przysłowowe. Żywotność gatunku jest wyni-

kiem bardzo złożonych oddziaływań wewnątrz- oraz międzygenowych i przewidywanie jego przyszłości na podstawie szacunkowych parametrów genetycznych jest dość karkołomne.

Wydaje się, że przyszłość żubra zależy od kombinacji wielu czynników, z których akurat poziom jego genetycznej zmienności nie musi być decydujący. Historie znanych wymarłych gatunków, począwszy od dinozaurów, a skończywszy na droncie dodo (†*Raphus cucullatus*), gołębiu wędrownym (†*Ectopistes migratorius*), czy też bardziej swojskich: turze (†*Bos primigenius*) i tarpanie (†*Equus caballus gmelini*), mówią, że obniżone parametry genetyczne niekoniecznie były głównymi przyczynami wymierania gatunków. Mówią również, że wysoka zmienność genetyczna i „niezliczone” liczebności w jakich jeszcze tuż przed wyginięciem występowały, nie gwarantują gatunkowi bezpiecznej przyszłości. W czasach nowożytnych głównym powodem wymierania gatunków był i pozostał człowiek. Kurczenia się dostępnej przestrzeni życiowej i zanikanie odpowiednich środowisk jest bardziej statystycznie prawdopodobną przyczyną ewentualnego wyginięcia gatunku niż jego obniżony potencjał genetyczny. Żubr ma jednak szczęście, bo jest gatunkiem wzbudzającym ludzką sympatię i szacunek, jest symbolem udanej walki o uratowanie gatunku znad skraju wymarcia. Posiadanie tego, czego wielu innym gatunkom zabrakło – licznych ludzkich sprzymierzeńców, może okazać się głównym gwarantem jego bezpiecznej przyszłości. Ponieważ nie ma możliwości wzbogacenia puli genowej żubra metodami hodowlanymi, genetyczna strategia ochrony żubra polega na umożliwieniu wzrostu liczebności populacji i jej rozprzestrzeniania się. Liczeb-

Abstract

The Lowland European Bison (*Bison bonasus bonasus*) once occurred across nearly the whole of Europe. Later on, there was a period of several centuries in which the species was only present in the wild state in Poland's Białowieża Forest, its continued existence there reflecting its status as a game animal maintained for hunting by the King of Poland, and then the Tsar of Russia. However, in the course of World War I, the entire free-ranging Białowieża population of close to 800 animals was killed off. Just 7 individuals from animal collections and zoos were in fact used as the founder population in re-establishing the species. What is more, almost 90% of the genes remaining in the population actually derive from just 2 of those 7 founders. This means that all the European bison alive today are very closely related and similar genetically. It in turn means that the DNA tests widely used in identifying individuals and checking their origin simply fail in the case of the European bison.

MAŁGORZATA TOKARSKA

NOWE ZAGROŻENIA DLA ŻUBRÓW

Żubry obecnie żyją w około 200 ośrodkach na świecie, zarówno w hodowlach zamkniętych (ogrody zoologiczne, zwierzyńce, rezerваты), jak i w wolnych populacjach. W stanie wolnym występują w Polsce, Białorusi, Rosji, na Litwie i ostatnio na Słowacji. Planowane jest utworzenie wolnej populacji w Rumunii, a być może w Niemczech. Tak duże rozproszenie żubrów jest bardzo korzystne dla bezpieczeństwa gatunku, lecz nie można lekceważyć istniejących i pojawiających się nowych zagrożeń. Ogólnymi zagrożeniami gatunku *Bison bonasus* są ciągle jeszcze niska liczebność stada światowego oraz wysoka wsobność. Względny historyczny zadecydowały, że pula genowa współczesnych żyjących żubrów jest bardzo ograniczona. Niska zmienność genetyczna może prowadzić u żubrów do obniżenia odporności i w następstwie do wysokiej podatności na choroby.

Obecnie dominują dwa typy zagrożeń: (1) wywołane przez różnego rodzaju czynniki chorobowe; (2) związane bezpośrednio z działalnością człowieka. My pragniemy skupić się na kilku nowych zagrożeniach.

Nowe zagrożenia wywołane przez choroby

Jeszcze nie wyjaśniona została przyczyna tajemniczej choroby (tzw. nekrotycznego zapalenia napletka), na którą zapadają samce żubrów, głównie w Puszczy Białowieskiej, a już pojawiły się nowe zagrożenia.

Nowa choroba, która zagraża żubrom nosi dziwną nazwę „choroba niebieskiego języka” (ang. *bluetongue*). Chorobę wywołuje wirus, a źródłem zakażenia są zwierzęta chore i nosiciele. Zarazek jest przenoszony przez drobne kilkumilimetrowe owady, z rodzaju *Culicoides*, po polsku określane jako kuczmany. Choroba wywodzi się z Afryki i została zawleczona do Europy prawdopodobnie wraz z importowanymi zwierzętami. Pierwsze przypadki stwierdzono na południu Europy w Hiszpanii, Portugalii i Włoszech. W 2006 r. stwierdzono ją w Niemczech, Francji, Belgii, Holandii i Luksemburgu. W 2007 r. masowo pojawiła się u owiec, powodując bardzo wysoką, 80%, śmiertelność. Chorowało także bydło.

Panikę wśród hodowców żubrów wywołało stwierdzenie tej choroby w 2007 r. w rezerwacie żubrów w Hardehausen, w Nadrenii Północnej – Westfalii, tym bardziej, iż padło tam 10 zwierząt w krótkim czasie. W 2008 r. zaatakowała ona żubry w innym ośrodku w Niemczech. Choroba objawiała się zapaleniem stawów wszystkich kończyn, zwierzęta stały z opuszczonymi głowami, nic nie jedząc, czasem pojawiał się ślinotok i bąble między racicami, stąd pochodzi druga nazwa tej choroby „pryszczycza rzekoma”. Na sekcji stwierdzano obrzęk, sinicę języka oraz nadżerki i owrzodzenia jamy ustnej. Choroba rozwijała się w ciągu 2 – 18 dni.

Schorzenie to przesuwają się w kierunku wschodnim rocznie o 150 km

i przewiduje się, że za 2 lata może dojść do Polski. Dlatego powinien zostać opracowany plan postępowania w ośrodkach hodowli żubrów w Polsce na wypadek pojawienia się tej choroby, tym bardziej, że żubry okazały się bardzo podatne na zakażenie. Plan taki powinien zawierać zasady profilaktyki, system powiadamiania o przypadkach zaobserwowania u żubrów objawów chorobowych dotychczas nieznanym opiekunom żubrów, zalecenia postępowania z chorymi zwierzętami oraz instrukcję dotyczącą pobierania prób do badań i przekazywania ich do laboratorium. Ponieważ chorobę przenoszą owady można w rezerwach stosować preparaty odstraszające owady w przypadku bezpośredniego zagrożenia. Dla ochrony żubrów w rezerwacie żubrów Damerower Werder w Brandenburgii skuteczne okazało się zakładanie żubrom specjalnych klipsów odstraszających owady. Obecnie sprawdzana jest także skuteczność szczepionek wyprodukowanych w Niemczech.

Zagrożenia związane z działalnością człowieka

Liczebność żubrów w Puszczy Białowieskiej w końcu 2008 roku zbliży się lub nawet przekroczy 500 osobników. Pisząc Puszcza Białowieska mamy na myśli jej zachodnią część należącą do Polski o powierzchni 625 km². Powierzchnia wschodniej części Puszczy leżącej w granicy Republiki Białoruskiej wynosi 875 km². W tej