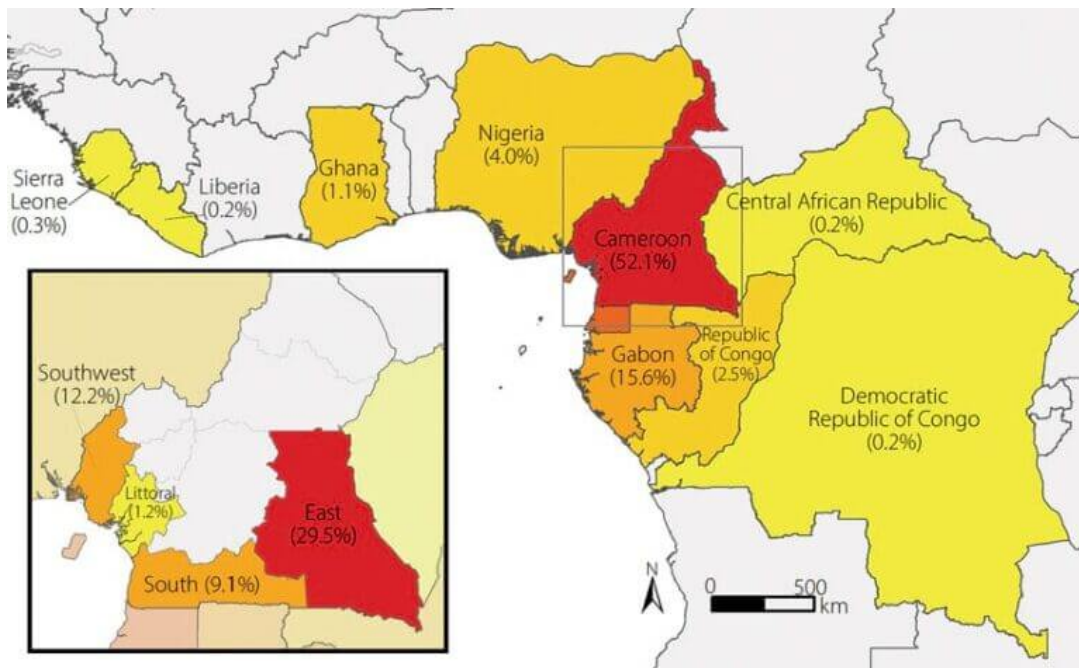


# Cyfrowe mapy ułatwiają zwalczanie nielegalnego handlu najczęściej przemycanymi ssakami

*Nowe podejście do analizy genomczno-przestrzennej może pomóc w zwalczaniu kłusownictwa łuskowców, które stanowi część nielegalnego handlu dziką przyrodą. Ten proceder rocznie wart jest wg INTERPOL-u 20 miliardów dolarów.*

Łuskowiec, inaczej pangolin, wygląda jak połączenie pancernika, szyszki i małego dinozaura. Zwierzęta te osiągają rozmiary od 4,5 do ponad 27 kg. Ich ciała pokrywają setki łusek, które chronią je przed wszystkimi drapieżnikami – z wyjątkiem ludzi. Popyt na mięso i łuski pangolinów, które są wykorzystywane w tradycyjnej medycynie w całej Azji Wschodniej, doprowadził populacje tych zwierząt w Azji w ciągu ostatniej dekady do niemal całkowitego wyginięcia. W tym samym czasie kłusownictwo na afrykańskie gatunki łuskowców naraziło na niebezpieczeństwo tamtejsze osobniki i sprawiło, że **afrykański pangolin białożuchy (*Phataginus tricuspis*) stał się najczęściej sprzedawanym ssakiem na świecie.**



Mapa krajowego i regionalnego pochodzenia przemyconych łusek łuskowców pokazuje, że ponad połowa z nich pochodzi z Kamerunu.

## Wykrywanie kłusownictwa

Ustalenie, w którym miejscu pangoliny padają ofiarą kłusowników, stanowi wyzwanie. Zwierzęta te występują w wielu miejscach w Afryce Subsaharyjskiej. Według Jen Tinsman, specjalistki ds. kryminalistyki z US Fish and Wildlife Service's National Fish and Wildlife Forensics Laboratory i badaczki Centrum Badań Tropikalnych Uniwersytetu Kalifornijskiego (UCLA), typowe techniki analityczne nie są przeprowadzane na taką skalę, aby pozwolić organom ścigania wykorzystać dane do mapowania gorących punktów kłusownictwa. Tinsman i grupa jej kolegów z UCLA i innych miejsc **zebrali dane genetyczne z łusek pangolinów będących przedmiotem handlu, aby stworzyć nowy rodzaj mapy. Może ona zidentyfikować obszary o największym natężeniu działań kłusowników o wielkości kilkudziesięciu kilometrów.** Naukowcy przedstawili swoje wyniki w artykule „Analizy genomowe ujawniają gorące punkty kłusownictwa i nielegalny handel pangolinami od Afryki

po Azję”, który został opublikowany w Science w grudniu 2023 roku.

„Uzyskujemy naprawdę dokładną lokalizację miejsc w Afryce Środkowej, z których pochodzą łuskowce” – powiedziała Tinsman, która zaczęła badać pangoliny biało brzuche w instytucie jeszcze przed gwałtownym wzrostem polowań na te zwierzęta. Ich badanie w naturze nie jest łatwe. Zwierzęta te są trudne do oznakowania ze względu na ich rozmiar i zachowanie oraz nie radzą sobie dobrze w niewoli. „Mamy naprawdę dobre rozeznanie, ile tygrysów, słoni, nosorożców czy innych dużych zwierząt, które padają ofiarą kłusowników, pozostało na wolności, ale nie wiemy, ile pozostało pangolinów” – powiedziała.

Śledzenie międzynarodowego łańcucha dostaw zależy od sieci partnerów z całego świata. Projekt narodził się z wysiłków na rzecz śledzenia i mapowania kłusownictwa na łuskowce przez Congo Basin Institute, wspólną inicjatywę UCLA i Międzynarodowego Instytutu Rolnictwa Tropikalnego. W projekt zaangażowanych było ponad tuzin organizacji badawczych i agencji rządowych, w tym Międzynarodowa Unia Ochrony Przyrody oraz Służba Rybołówstwa i Dzikiej Przyrody Stanów Zjednoczonych, a także uniwersytety w takich krajach, jak Chiny, Gabon, Nigeria, Kamerun i Czechy. Pomysł mapowania pochodzenia skonfiskowanych łusek pangolinów został częściowo zainspirowany pracą wykonaną w celu oszacowania handlu kością słoniową.

## **Podążaj za ptakami**

Projekt opiera się również na zestawie technik opracowanych po raz pierwszy do śledzenia populacji lęgowych ptaków

wędrownych. Podejście genomiczne zostało opracowane przez UCLA's Center for Tropical Research Bird Genoscape Project. DNA z pojedynczego zebranego pióra jest sekwencjonowane w celu zidentyfikowania par zasad unikalnych dla każdego ptaka. Ptaki z unikalnymi kombinacjami par zasad zwykle występują razem i silnie wskazują na geograficznie odrębne populacje gatunków. Pozwala to na mapowanie obszarów ich występowania. Uzyskana w ten sposób mapa genetyczna pokazuje, gdzie ptaki wędrowne spędzają zimę. Ma to kluczowe znaczenie dla wysiłków na rzecz ochrony przyrody. Do końca 2023 r. ukończono 15 ze 100 map genetycznych zaplanowanych w ramach projektu Bird Genoscape.

Podobnie jak ptaki, łuskowce również migrują – ale nie samodzielnie. Poprzednie badania genetyczne nad łuskami pangolinów dotyczyły jedynie mitochondrialnego DNA. Tinsman powiedziała, że „nanosząc te dane na mapę, można zauważyć jedynie, że łuskowce znajdują się w Afryce Zachodniej – jednak może to być dowolne miejsce, od Senegalu po Wybrzeże Kości Słoniowej”. Dlatego Tinsman i jej koledzy (w tym ponad 20 afrykańskich naukowców, którzy są autorami artykułu w Science) przeanalizowali cały genom tych zwierząt i stworzyli ich pierwszy **zestaw sekwencji genomowych**. Przechodząc od genetyki do genomiki, „można po prostu uzyskać o wiele więcej danych, o wiele dokładniejszą rozdzielczość” – przyznała Tinsman. Niższy poziom błędu w połączeniu z wystarczającą liczbą próbek może zapewnić dobre rozpoznanie nie tylko tego, gdzie działają kłusownicy, ale także skąd konkretnie pochodzą upolowane zwierzęta.

Aby połączyć skonfiskowane łuski z miejscem ich pochodzenia na mapie, zespół musiał zebrać próbki od pangolinów białobrzuchych w pobliżu ich siedlisk, zanim zwierzęta stały się przedmiotem przemytu. Chociaż niektóre próbki pochodziły z tkanek z kolekcji historii naturalnej, najłatwiejszym sposobem na pozyskanie kolejnych próbek było udanie się na lokalne

targi mięsa dzikich zwierząt, gdzie upolowane łuskowce wystawiano na sprzedaż.

Naukowcy z Nigerii, Gabonu i Kamerunu – uzbrojeni w odbiorniki GPS do geotagowania swoich próbek – odwiedzili więc lokalne bazary. Aby uniknąć kupowania mięsa, co wspierałoby przestępczy proceder, poprosili oni sprzedawców o oddanie im języków zwierząt. „Zwykle nie obchodzi ich ta konkretnie część ciała łuskowców” – powiedziała Tinsman. „Chcą zjeść mięso, a następnie sprzedać łuski”. W ten sposób zespół ostatecznie pozyskał 551 próbek krwi, mięśni i łusek z całego obszaru występowania pangolinów, od Senegalu i Afryki Zachodniej po Zambię i środkową Afrykę Wschodnią. (Niektóre próbki zostały zebrane podczas wieloletniego projektu nadzoru nad chorobami, który zakończył się na wiele lat przed pandemią). Z próbek tych wyodrębniono 111 wysokiej jakości sekwencji genomu łuskowców. **Analizując 96 indywidualnych zmian w genomie, zidentyfikowano pięć różnych grup populacji silnie powiązanych z różnymi obszarami geograficznymi – od Sierra Leone po Demokratyczną Republikę Konga.**

Następnie Tinsman i jej koledzy rozpoczęli opracowywanie procesu szybkiego i taniego sekwencjonowania setek łusek skonfiskowanych w portach i na rynkach czy przekazanych przez rząd Hongkongu. Ostatecznie naukowcy przeanalizowali 643 próbki łusek, z których każda została oznaczona datą między 2012 a 2018 rokiem, czyli okresem, w którym handel pangolinami osiągnął nowy szczyt.



Łuskowiec jest przygotowywany do badań genomicznych przez Tracey-Leigh Prigge, doktorantkę na Uniwersytecie w Hongkongu i współautorkę artykułu w Science.

## Mapowanie zmian w kłusownictwie

Wcześniej oficjalna baza danych konfiskat po prostu wskazywała nigeryjskie pochodzenie tych pangolinów, które były przewożone przez Nigerię. Spośród wszystkich skonfiskowanych zwierząt 95 procent nie ma innego zarejestrowanego źródła, niż Nigeria. Jednak DNA nakreśliło znacznie bardziej szczegółowy, a nawet zupełnie odwrotny obraz. Po prześledzeniu prawdziwego źródła pochodzenia zwierząt okazało się, że tylko 4,2% łuskowców, które zostały wysłane z Nigerii, pochodziło z tego kraju. Podczas gdy Nigeria jest kluczowym ośrodkiem nielegalnego eksportu pangolinów, większość skonfiskowanych łusek pochodziła z dwóch głównych punktów zapalnych: wzdłuż południowej granicy Kamerunu z Gwineą Równikową i Gabonem oraz z zachodniego Kamerunu, w pobliżu granicy z Nigerią.

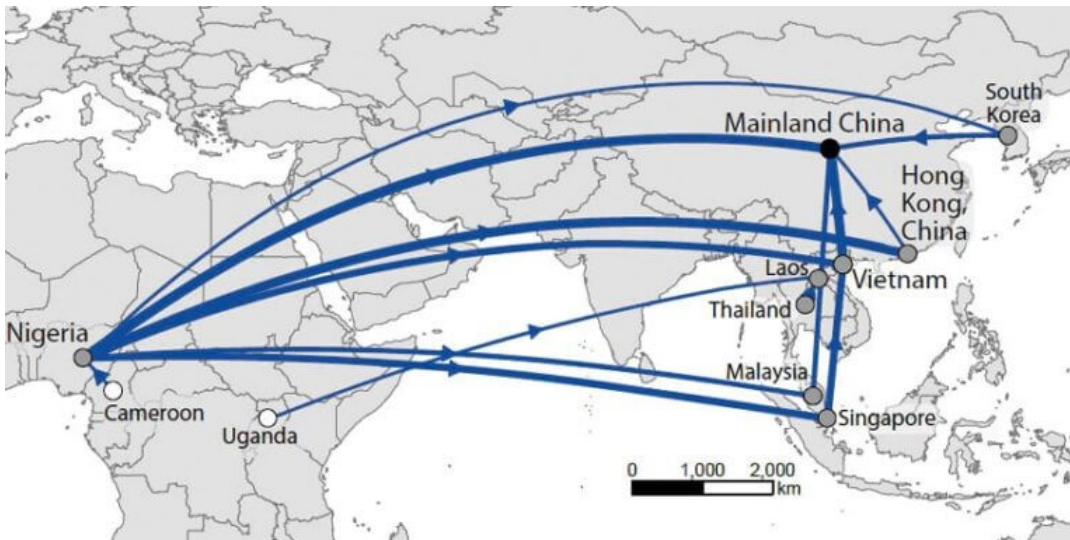
Po uwzględnieniu kryterium czasu ujawniono także istotną zmianę w ostatniej dekadzie. W 2012 i 2013 r. większość łusek

pochoziła od osobników z Afryki Zachodniej, ale z czasem kłusownictwo rozszerzyło się na Afrykę Środkową: do Kamerunu, Gabonu i Gwinei Równikowej. Niezwykle duża liczba łuskowców pochodziła z obszarów przygranicznych między tymi krajami, obszaru wielonarodowego, w którym egzekwowanie prawa jest trudne. „To szokujące, że tak wiele osobników pochodzi z tak małego obszaru geograficznego” – przyznała Tinsman.

DNA nie podaje powodów tej zmiany, ale Tinsman i jej koledzy spekulują, że trend ten może odzwierciedlać kilka czynników: zwiększone egzekwowanie prawa; malejącą populację pangolinów w Afryce Zachodniej lub powstanie nowych, wygodniejszych szlaków nielegalnego handlu, lub jest efektem kombinacji ich wszystkich. Zauważono również, że **pełna skala nielegalnego handlu łuskowcami jest rażąco niedoszacowana**. Wiele przesyłek zawierających te zwierzęta lub ich łuski nie jest wykrywane i szacuje się, że ich liczba waha się od 400 tys. do 2,7 miliona rocznie.

**Kluczowe znaczenie dla tych odkryć miał sam proces testowania pozwalający na ustalenie pochodzenia łusek**, który stworzyła Tinsman i jej zespół. Ostatecznie zespół mógł analizować łuski za 8 USD za próbkę i otrzymywać wyniki w mniej niż tydzień. Stąd naukowcy mają nadzieję, że mapy pomogą organom zwalczającym przemyt skupić swoją uwagę na problemie handlu pangolinami. Mówiąc bardziej ogólnie, mapy mogą pomóc przyciągnąć uwagę opinii publicznej poprzez natychmiastowe zilustrowanie wpływu popytu na odległe – choć coraz bardziej połączone – ekosystemy. „Potrzebujesz mapy, aby zrozumieć całą historię” – kwituje to zagadnienie Tinsman.





Główne szlaki przemytu produktów z łuskowców afrykańskich. Białe kropki pokazują punkty początkowe, czarne kropki reprezentują miejsca docelowe, a szare kropki wskazują miejsca tranzytu.

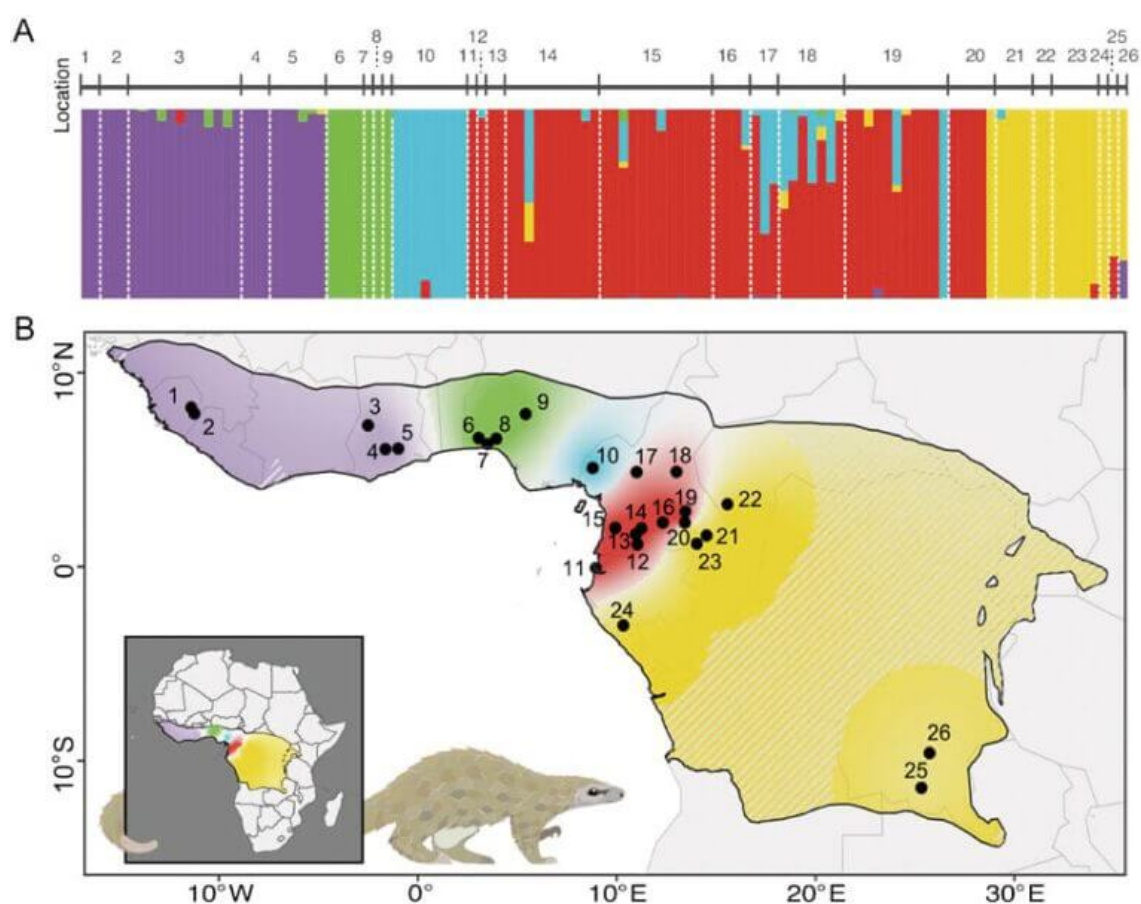
## Łańcuch dostaw pangolinów

Rozważmy typowy łańcuch dostaw łuskowców. Kłusownicy w krajach Afryki Środkowej sprzedają zwierzę pośrednikowi za około 10 dolarów, „co jest dużą kwotą dla nich, ale niczym dla pośrednika” – powiedziała Tinsman. Lokalni mieszkańcy zjadają lub sprzedają mięso zwierzęcia, a jego łuski są suszone i wysyłane w przesyłkach zagranicznych z portów, głównie z Nigerii. Następnie przesyłki trafiają do portów w Azji Południowo-Wschodniej, takich jak Hongkong, Singapur, Malezja czy Wietnam, skąd są dystrybuowane na rynki w całym regionie. Jednak aby zobaczyć, jakimi szlakami łuski z nielegalnie złowionych pangolinów przemieszczają się przez środkową Afrykę, potrzebna jest mapa stworzona przez Tinsman.

Tinsman wskazała na otwarcie w 2018 r. portu głębinowego Kribi w Kamerunie jako na wydarzenie, które zwiększyło liczbę nielegalnych przesyłek tego typu. Powstanie portu doprowadziło



do budowy dróg do lasu w celu pozyskania drewna – i, w niektórych przypadkach, dzikich zwierząt. „Naprawdę łatwo jest wrzucić martwego łuskowca na ciężarówkę z drewnem i wysłać go do portu, aby w ten sposób zarobić trochę pieniędzy” – zauważyła Tinman. „W efekcie cała ta rosnąca aktywność gospodarcza, która jest korzystna dla Kamerunu, jest równocześnie bardzo szkodliwa dla różnorodności biologicznej w tym kraju”.



Mapa danych genomicznych pokazująca lokalizację odrębnych skupisk populacji łuskowców białożuchych.

## Nikt nie chce kolejnej pandemii

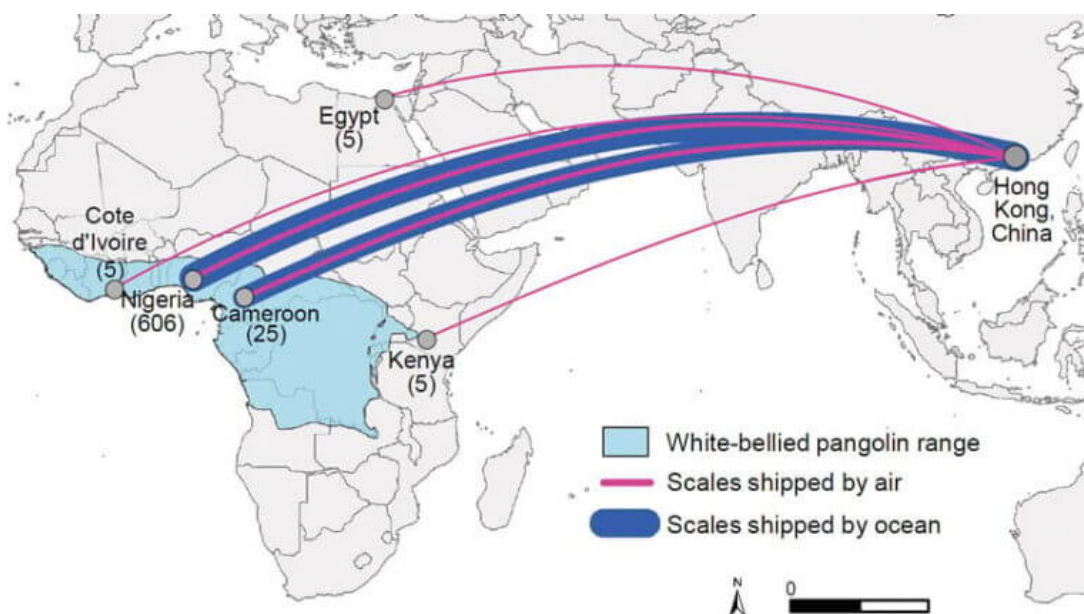
Popyt na afrykańskie pangoliny jest stosunkowo nowym zjawiskiem, w dużej mierze napędzanym przez wzrost chińskiej klasy średniej poszukującej tradycyjnych leków. Rosnące powiązania gospodarcze między Chinami a Afryką prawdopodobnie przyspieszyły nielegalny handel. Tymczasem nie ma dowodów na to, że łuski tych zwierząt zapewniają jakiegokolwiek inne działanie niż efekt placebo.

Niestety, nawet zmiany w przepisach niewiele pomagają w ochronie łuskowców. W 2016 r., po latach dyplomatycznych zmaganiań, zwierzęta te zostały ostatecznie wymienione w załączniku I do Konwencji o międzynarodowym handlu dzikimi zwierzętami i roślinami gatunków zagrożonych wyginięciem (CITES), co zapewnia im najwyższy poziom ochrony w ramach międzynarodowego porozumienia regulującego handel dziką fauną i florą. **A jednak, pomimo zakazu, tylko w latach 2016-2019 nielegalnie sprzedano około 600 000 łuskowców.** „Tak naprawdę nie odnotowaliśmy zamierzonego efektu, jakim byłoby ograniczenie handlu pangolinami” – powiedziała Tinsman. „Proceder nielegalnego handlu przyspieszał do 2019 roku, który był swego rodzaju rokiem szczytowym”.

Lokalizacje, w których zabija się pangoliny, zmieniły się w ciągu dwóch dekad z Azji na Afrykę. Tymczasem Tinsman podkreśla, że handel dziką przyrodą nie tylko szkodzi zagrożonym zwierzętom i otaczającemu je ekosystemowi, ale także przyczynia się do wzrostu przemocy, niestabilności politycznej i bogacenia się międzynarodowych organizacji przestępczych. Handel zwierzętami jest czwartym najbardziej lukratywnym rodzajem nielegalnego obrotu towarami, po handlu ludźmi, bronią i narkotykami. „To właśnie międzynarodowe syndykaty przestępcze są zaangażowane w te działania, ponieważ wiedzą, jak nielegalnie wysyłać towary. Nie chodzi tylko o łuskowce. Organizacje te napędzają niestabilność polityczną i przemoc w krajach, w których żyją omawiane zwierzęta” –

komentuje Tinsman.

Walka z handlem dzikimi zwierzętami może również zmniejszyć ryzyko chorób odzwierzęcych. Stwierdzono, że pangoliny w przechwyconych przesyłkach są nosicielami nowych koronawirusów związanych z zespołem ostrej niewydolności oddechowej (SARS). W trwających poszukiwaniach źródeł COVID-19 wielu analityków wskazuje na łuskowce. „Nikt nie chce kolejnej pandemii” – mówi Tinsman – „i nawet jeśli ostatnio jej źródłem nie był ten gatunek, to być może następnym razem już będzie”.



Szlaki przemytu skonfiskowanych łusek łuskowców, których genotypy zostały określone w tym badaniu.

## Globalny ruch

Biorąc pod uwagę trudności w badaniu łuskowców na wolności, analiza genomczno-przestrzenna daje obrońcom przyrody nową

broń, i to w ważnej chwili. Naukowcy poszukują kolejnych wskazówek dotyczących przemycających łuskowców. **Zespół naukowców, który badał łuski tych zwierząt przy użyciu mitochondrialnego DNA, skonfiskowane w Hongkongu w 2012 i 2013 roku oraz w Yunnan w Chinach w 2015 i 2019 roku, odkrył, że niektóre próbki pochodzą z linii azjatyckich łuskowców, które należą do wcześniej nierozpoznanego dziewiątego gatunku tych zwierząt, który nie pokrywa się z żadną znaną dotąd populacją genetyczną.**

Artykuł na temat tych badań został napisany przez badaczy z Kadoorie Farm and Botanic Garden w Hongkongu, innego partnera w projekcie mapowania. „Nie wiemy jednak, gdzie tajemnicze pangoliny występują na wolności” – powiedziała Tinsman. Ma ona nadzieję, że dalsze badania i nowe techniki, takie jak środowiskowe DNA (eDNA), przyniosą więcej odpowiedzi na te pytania. Z niecierpliwością oczekuje, że testy genomowe trafią w ręce ludzi znajdujących się najbliżej łuskowców. Największym problemem jest znalezienie sposobu na dostarczenie technologii i odpowiednich dostaw odczynników chemicznych do Afryki Środkowej, gdzie zbierane są próbki. Pozwoliłoby to zaoszczędzić cenny czas i zasoby, gdyż obecnie próbki do badania wysyłane są do Kalifornii. A ponieważ pangoliny są oficjalnie chronione przez CITES, Tinsman i jej zespół musieli ubiegać się o pozwolenie na otrzymywanie takich przesyłek. Proces ten trwał 17 miesięcy. Potrzebne były również pozwolenia eksportowe z każdego kraju, a także zgody na badania w Kamerunie. Do dalszych działań zachęca ją fakt, że stosowana przez jej zespół technika zapewnia wysoki poziom rozdzielczości, który umożliwia mapowanie obszarów, gdzie ma miejsce kłusownictwo, w czasie zbliżonym do rzeczywistego.

Jednym z najbardziej zachęcających rezultatów projektu jest to, że naukowcy i działacze na rzecz ochrony przyrody są częścią rosnącej globalnej społeczności miłośników łuskowców,

w skład której wchodzi takie sieci, jak prowadzona przez wolontariuszy Grupa Specjalistów ds. Łuskowców Międzynarodowej Unii Ochrony Przyrody (IUCN). Tinsman dostrzega pierwsze zwiastuny rodzącego się globalnego ruchu na rzecz ochrony pangolinów, które już dawno powinny zyskać nasz szacunek i uznanie.