

KATARZYNA J. CHWEDORZEWSKA¹, MAŁGORZATA KORCZAK-ABSHIRE¹,
MARIA OLECH^{1,2}, MARIA LITYŃSKA-ZAJĄC³, ANNA AUGUSTYNIUK-KRAM⁴

¹*Instytut Biochemii i Biofizyki PAN
Zakład Biologii Antarktyki
Pawińskiego 5a, 02-106 Warszawa*

²*Instytut Botaniki
Uniwersytet Jagielloński*

Kopernika 27, 31-501 Kraków

³*Instytut Archeologii o Etnologii PAN
Sławkowska 17, 31-016 Kraków*

⁴*Instytut Ekologii i Bioetyki*

*Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie
Dewajtis 5, 01-815 Warszawa*

E-mail: kchwedorzewska@o2.pl

korczakm@gmail.com

olech@ib.uj.edu.pl

aakram@wp.pl

PRESJA GATUNKÓW OBCYCH NA LĄDOWE EKOSYSTEMY MORSKIEJ ANTARKTYKI

INWAZJE BIOLOGICZNE I ICH KONSEKWENCJE

Zasiedlanie nowych obszarów jest naturalną strategią życiową każdego gatunku. Dyspersja nabiera charakteru inwazji biologicznej, gdy proces ten odznacza się dużą intensywnością i powoduje znaczące zmiany w strukturze i funkcjonowaniu lokalnych biocenoz. Inwazja biologiczna jest końcowym etapem złożonego procesu, podczas którego większość organizmów lub ich propagul (dowolny twór, który służy do rozmnażania i rozprzestrzeniania się organizmów, np.: nasiona, spory, rozmnożki wegetatywne, fragmenty plech, jaja, larwy, cysty) ginie zanim pokona bariery abiotyczne (np. oceany, łańcuchy górskie) i dotrze do nowego obszaru. Trudniejsze do pokonania są jednak bariery biotyczne. Liczba przypadkowych introdukcji różnych gatunków na nowe terytoria jest ogromna, ale i poziom ich wymierania jest również wysoki (WILLIAMSON i FITTER 1996). Tylko nieliczne gatunki są zdolne do pokonania bariery środowiskowej, wydania potomstwa i przetrwania przez więcej niż jedno pokolenie. Pokonanie barier, reprodukcyjnej

i dyspersyjnej, czyni gatunek zadomowionym, zdolnym do przetrwania na nowym obszarze bez dopływu materiału genetycznego z zewnątrz. Gatunek allochtoniczny (inaczej napływowy), to obcy, introdukowany lub zawleczony, na danym obszarze gatunek, który uległ naturalizacji i może stanowić zagrożenie dla lokalnych biocenoz. Konkurując z gatunkami autochtonicznymi (rodzimyimi, naturalnie występującymi na danym obszarze) o niszę ekologiczną, staje się gatunkiem inwazyjnym (RICHARDSON i współaut. 2000). Taki gatunek odznacza się między innymi: szybkim rozwojem osobniczym, przystosowaniem do rozprzestrzeniania się na duże odległości, w przypadku roślin zdolnością do zapylenia bez udziału innych organizmów, zdolnością do stosowania różnych strategii reprodukcyjnych oraz produkcji dużej liczby propagul.

Gatunki inwazyjne stanowią obecnie największe, poza utratą naturalnych siedlisk, zagrożenie dla różnorodności biologicznej. Inwazja obcych gatunków w rodzime zespoły jest jednym z najważniejszych czynników,

mogących wprowadzać znaczące modyfikacje w strukturze i funkcjonowaniu całych ekosystemów (HEYWOOD 1989). Gatunki obce mogą zagrażać rodzimej florz i faunie, prowadząc nawet do erozji genetycznej. Niszczą relacje symbiotyczne w atakowanych biocenozach oraz powodują pojawianie się nowych chorób i szkodników w rejonach wcześniej od obcych gatunków izolowanych. Ponadto, oddziaływania konkurencyjne gatunków obcych z rodzimymi mogą prowa-

dzić do redukcji różnorodności biologicznej oraz do niszczenia i zmian zależności troficznych w całych ekosystemach (MACK i współaut. 2000). Problem gatunków inwazyjnych staje się alarmujący z uwagi na fakt, że proces ten jest z reguły nieodwracalny i może prowadzić do katastrofalnych skutków (CBD 1992). Rozmiary i znaczenie tego zjawiska rosną wraz z globalnymi zmianami środowiska, a skutki biologicznych inwazji są trudne do przewidzenia.

GATUNKI OBCE W ANTARKTYCE

Antarktyda, inaczej niż pozostałe kontynenty, jest dobrze chroniona przed inwazją gatunków obcych. Ochronę tą zapewniają: izolacja geograficzna od reszty świata, cyrkulacja morska i atmosferyczna wokół kontynentu, mała powierzchnia lądu wolnego od lodu i związane z tym ekstremalne warunki klimatyczne, historyczny brak rodzimej populacji ludzkiej i ograniczona współcześnie presja ze strony człowieka. Mimo to procesy inwazji biologicznych w Antarktyce mają miejsce i zaczynają wpływać na funkcjonowanie całych ekosystemów, szczególnie na obszarach szybko ocieplającej się zachodniej Antarktyki (CHWEDORZEWSKA 2009).

Ubóstwo gatunkowe i brak wielu grup taksonomicznych czynią lądowe ekosystemy antarktyczne szczególnie bezbronnyymi w obliczu inwazji biologicznej (BERGSTROM i CHOWN 1999). W przypadku roślin, które charakteryzują się szerokim zakresem tolerancji wobec abiotycznych warunków środowiska, czynnikiem limitującym jest pokonanie naturalnych barier izolujących Antarktykę od reszty świata. Organizmy lub ich propagule mogą być transportowane przez wiatry, prądy morskie, ssaki i ptaki morskie lub dryfujące przedmioty (HUGHES współaut. 2006). Mimo że istnieją dowody na pasywny transport diaspor drogą powietrzną z Ameryki Południowej (LEWIS-SMITH 1984, 1996; KAPPEN i STRAKA 1988; MARSHALL i CONVEY 1997), to jednak badania MARSHALL i CONVEY (1997) wykazały, że większość materiału biologicznego niesionego przez wiatry w Antarktyce jest lokalnego pochodzenia. Nie znaleziono dowodów na transport transkontynentalny przez migrujące ptaki (LEWIS-SMITH 1984) czy ssaki morskie, lub, ze względu na specyficzny układ prądów morskich wokół Antarktyki, na dryfującym drewnie (LEWIS-

-SMITH 1996, HUGHES i współaut. 2006). Najskuteczniejszym wektorem propagul organizmów egzotycznych dla Antarktyki jest człowiek (WHINAM i współaut. 2005, HUGHES i współaut. 2011), a obszary, na których obserwuje się wzmożoną introdukcję obcych gatunków pokrywają się z terenami jego największej aktywności (FRENOT i współaut. 2005, CHWEDORZEWSKA i KORCZAK 2010). Przypadkowość z jaką propagule docierają do Antarktyki zmniejsza znacząco prawdopodobieństwo kolonizacji. Oprócz introdukcji przypadkowych, zdarzało się również celowe wprowadzanie do Antarktyki roślin pochodzących ze zbliżonych klimatycznie rejonów takich jak subantarktyka (HOLDGATE 1964) i Arktyka (BROWN 1912, LEWIS-SMITH 1996). Większość z tych epizodów miała i ma marginalny, lokalny i krótkotrwały wpływ na środowisko (np. HOLDGATE 1964, HOSHIAI 1970, EDWARDS i GREENE 1973, EDWARDS 1979, LEWIS-SMITH 1996, KANDA i współaut. 2002). Część wyników badań świadczy jednak o trwałych introdukcjach roślin i bezkręgowców (PUGH 1994, OLECH 1996, FRENOT i współaut. 2001, OLECH i CHWEDORZEWSKA 2011, HUGHES i WORLAND 2010, HUGHES i współaut. 2012). Połączenie aktywności ludzkiej i regionalnego ocieplenia klimatu (TURNER i współaut. 2009) spowodowały nieodwracalne już zmiany na subantarktycznych wyspach, gdzie zanotowano pojawienie się ponad setki obcych gatunków roślin naczyniowych (np. GREMMEN i SMITH 1999, FRENOT i współaut. 2005). Dla gatunków, które wkroczyły do subantarktyki, wyspy te mogą być pierwszym przystankiem przed kolonizacją gwałtownie ocieplającej się Antarktyki Zachodniej (FRENOT i współaut. 2005, WHINAM i współaut. 2005, KING i TURNER 2007).

DZIAŁALNOŚĆ CZŁOWIEKA I ROLA W PROCESIE INTRODUKCJI GATUNKÓW OBCYCH

Historia ludzkiej aktywności w Antarktyce trwa nieco ponad 200 lat. Rozpoczęła się okresem rabunkowej eksploatacji jej żywych zasobów. Najpierw wkroczyli w te rejony łowcy fok i uchatek, a następnie wielorybnicy. Ich działalność doprowadziła do całkowitego niemal wytrzebienia uchatek antarktycznych i wielorybów (WISE 1973). Okres badań i odkryć naukowych rozpoczął się na dobre dopiero pod koniec XIX i na początku XX w. Obecnie w Antarktyce funkcjonuje ponad sto całorocznych baz i sezonowych stacji badawczych zasiedlanych co roku przez około 5000 osób (CHWEDORZEWSKA 2009, www.comnap.aq). Tylko nieliczne stacje zbudowane są na powierzchni lądolodu. Większość usytuowana jest na wolnych od lodu skrawkach lądu, w miejscach osłoniętych od wiatru z dostępem do słodkiej wody. W rezultacie, stacje badawcze znajdują się w miejscach o najkorzystniejszym mikroklimacie, atrakcyjnych również dla lokalnej flory i fauny. Z racji bogactwa gatunkowego tereny te nazywane są „oazami” (HUGHES i współaut. 2010a). Najwięcej stacji badawczych i usytuowana jest w zachodniej części Półwyspu Antarktycznego i na okolicznych wyspach, gdzie w porównaniu z resztą kontynentu panuje dużo łagodniejszy klimat morski. Jednocześnie jest to jeden z najszybciej ocieplających się rejonów Ziemi (VAUGHAN 2006).

Temperatura i dostępność niezwiązanej wody mają fundamentalne znaczenie dla antarktycznych organizmów lądowych i nawet ich niewielkie zmiany mogą mieć ogromne biologiczne konsekwencje (CONVEY i LEWIS-SMITH 2006). Jedną z istotniejszych implikacji zmian klimatycznych w tym rejonie jest wzrost liczby dni z temperaturami powyżej zera (VAUGHAN 2006). Wpływa to na przyspieszenie wiosennych roztopów i opóźnia wystąpienie jesiennych mrozów, czego efektem jest wydłużenie okresu wegetacyjnego, czyli okresu fizjologicznej aktywności wielu organizmów (KING i współaut. 2003). Ten regionalny wzrost temperatury, ściśle skorelowany ze wzrostem dostępności niezwiązanej w ekosystemie wody, powoduje szybsze topnienie lodowców i pokrywy śnieżnej (TURNER i współaut. 2009). Ocieplenie przyczynia się również do wzrostu ilości opadów, które coraz częściej zaczynają występować w postaci deszczu, czyli w formie natychmiast dostępnej dla organizmów żywych (TURNER i współaut. 2009). Wzrost

opadów deszczu wpływa ponadto na tempo wytapiania się wody ze śnieżników i lodowców, przyspieszając znacząco recesję tych ostatnich. Długoterminowymi skutkami tego procesu mogą być lokalne susze, szczególnie pod koniec sezonu wegetacyjnego, spowodowane wyczerpywaniem się zapasów wody (TURNER i współaut. 2009). Najważniejszą konsekwencją zmian klimatycznych w tym rejonie jest wydłużenie okresu „fizjologicznej aktywności” organizmów (CONVEY i LEWIS-SMITH 2006). Korzystny mikroklimat okolic większości stacji, gwałtowne ocieplanie się tego rejonu oraz rosnąca aktywność ludzka powodują, że wzrasta prawdopodobieństwo introdukcji nowych gatunków na te obszary (LEWIS-SMITH 1996).

Działalność naukowa w rejonach polarnych zawsze wspierana jest przez aparat logistyczny i rozbudowaną infrastrukturę taką jak: budynki mieszkalne i magazynowe, pasy startowe dla samolotów, drogi, zbiorniki paliwa i wiąże się z wykorzystywaniem agregatów prądotwórczych, ciężkiego sprzętu, obrotu paliwem itp. W konsekwencji, obsługa stacji badawczych wymaga corocznie przywożenia ogromnych ilości ładunku (CHWEDORZEWSKA i współaut. 2013). Zaopatrzenie stacji odbywa się zazwyczaj na początku lata, w okresie największej aktywności biologicznej roślin i zwierząt, gdy rozpoczyna się okres wegetacyjny i gdy do rozrodu przystępują ptaki i ssaki morskie. Są to skomplikowane logistycznie operacje wymagające zaangażowania ciężkiego sprzętu pływającego i jeźdnego do przetransportowania, czasem nawet, kilkuset ton ładunku na ląd (RAKUSA-SUSZCZEWSKI i KRZYSZOWSKA 1991). Tak duże akcje transportowe, choć krótkotrwałe, mają negatywny wpływ na środowisko naturalne (płoszenie zwierząt, niszczenie tundry itp.) (CHWEDORZEWSKA 2009, CHWEDORZEWSKA i KORCZAK 2010). Poważną ich konsekwencją może być jednak zawleczenie propagul obcych gatunków w rejony Antarktyki przemieszczonych zarówno na elementach ładunku, jak i na samych uczestnikach wypraw. Kontenery i ciężki sprzęt bywają zanieczyszczone glebą obcego pochodzenia, zawierającą nasiona, zarodniki, mikroorganizmy glebowe, a nawet żywe zwierzęta i ich propagule. Żywność, w szczególności świeże produkty, jest bogatym źródłem bezkręgowców, nasion oraz grzybów. Natomiast na ubraniach, butach i w bagażu osobistym uczestnicy wypraw przywo-

żą przede wszystkim dużo nasion (HUGHES i współaut. 2005, 2010a, 2011; CHWEDORZEWSKA 2008, 2009; OSYCZKA 2010; LITYŃSKA-ZAJĄC i współaut. 2012). W Antarktyce pracuje co roku około 60 statków badawczych obsługujących stacje naukowe i realizujących własne programy naukowe. Wiele z nich odbywa w tym samym roku podróże do Arktyki. Rośnie więc prawdopodobieństwo zawleczenia do Antarktyki organizmów występujących w Arktyce (FRENOT i współaut. 2005). Ładunek i ludzie transportowani są na pokładach samolotów i statków do Antarktyki stosunkowo szybko. Podróż może trwać od kilku godzin do kilku tygodni. Znaczna część ładunku przechowywana jest w warunkach, które umożliwiają przeżycie, a nawet przedłużających życie przypadkowo zabranym propagulum. Istnieją dowody na to, że większość nasion przeżywa transport do Antarktyki w dobrej kondycji, nawet w niekorzystnych dla

nich warunkach (HUGHES i współaut. 2010b). Ładunek przeznaczony dla Polskiej Stacji Antarktycznej im. H. Arctowskiego przewożony jest drogą morską. Większość sprzętu, żywności i bagaży zabierana jest z Polski, a tylko niewielka jego część (głównie świeże owoce i warzywa) z Południowej Ameryki, zwłaszcza z Argentyny. Transport z Polski trwa około 6 tygodni, z Argentyny mniej niż 1,5 tygodnia. W tym czasie świeże produkty przechowywane są w chłodni w temperaturze +4°C, co przedłuża nie tylko ich przydatność, ale wpływa również na przedłużenie żywotności obcych propagul, którymi są zanieczyszczone. Również w ładowniach, gdzie transportowana jest pozostała część ładunku, panują wystarczająco dobre warunki do przeżycia wielu obcych organizmów lub ich diaspor, a niektóre nasiona znoszą dobrze nawet mrożenie (CHWEDORZEWSKA i współaut. 2013, LITYŃSKA-ZAJĄC i współaut. 2012).

CO PRZYWOZIMY DO ANTARKTYKI?

Większość zawleczonych do subantarktyki gatunków roślin pochodzi z rejonów umiarkowanego klimatu Półkuli Północnej. Są to zazwyczaj gatunki o bardzo szerokim zasięgu występowania, często inwazyjne, pochodzące głównie z Euroazji (FRENOT i współaut. 2005, LITYŃSKA i współaut. 2012). Spowodowane jest to prawdopodobnie faktem, że wczesne wyprawy polarne wyruszały głównie z Europy, a ich uczestnicy, zakładając bazy na subantarktycznych wyspach, starali się na nie przenieść gatunki użytkowe i ozdobne (HEADLAND 1989). Większość produktów transportowanych do Antarktyki pochodzi z terenów zdegradowanych: miast, terenów rolniczych i portów, gdzie występuje znaczna liczba gatunków zawleczonych tam z całego świata, często inwazyjnych (SLABBER i CHOWN 2002). Większość przeżywających transport do Antarktyki bezkręgowców, znalezionych głównie w produktach spożywczych, to szkodniki upraw i żywności oraz synantropijne owady i pajęczaki. Co roku do antarktycznych baz dociera wraz z ładunkiem na świeżych warzywach, owocach oraz w zanieczyszczającej je glebie i w produktach mącznych ogromna liczba obcych organizmów lub ich propagul. Można je zaliczyć do kilku grup: szkodników upraw, szkodników żywności oraz owadów i pajęczaków

często towarzyszących człowiekowi w domach. Wszystkie te gatunki są fizjologicznie nieprzystosowane do przeżycia w warunkach antarktycznych (CHWEDORZEWSKA i współaut. 2013). Jednak niektóre z nich w warunkach synantropijnych (w magazynach żywnościowych lub w pomieszczeniach mieszkalnych) mogą przetrwać przez dłuższy czas, a nawet wytworzyć rozmnażające się populacje (HUGHES i współaut. 2005). Do takich gatunków należą m. in. muszka owocowa (*Drosophila melanogaster*) i ziemiorzka szklarniowa (*Ctenoscara hyalipennis*), często rozwijające się na psujących się owocach i warzywach, oraz mklik mączny (*Ephestia kuehniella*) i roztocz rozkruszek mączny (*Acarus siro*) występujące w zanieczyszczonych produktach zbożowych (CHWEDORZEWSKA i współaut. 2013). Chociaż nie stanowią one realnego zagrożenia dla ekosystemu antarktycznego (nie mogą żyć poza ogrzewanymi budynkami stacji), to jednak są istotnym sygnałem do zaostrzenia norm fitosanitarnych (CHWEDORZEWSKA i współaut. 2013, HUGHES i CONVEY 2010). Odnotowano już przypadek zawleczenia obcych gatunków bezkręgowców do Antarktyki. Na Wyspie Signy (Orkady Południowe) od lat utrzymują się populacje ohotki *Eretmoptera murphyi* i wazonkowca *Christensenidrilus*

blocki (HUGHES i WORLAND 2010, HUGHES i współaut. 2012), które zostały tam wprowadzone prawdopodobnie podczas eksperymentalnej hodowli roślin (EDWARDS i GREENE 1973, EDWARDS 1979). W przypadku przywożonych na stacje antarktyczne diaspor roślin (przede wszystkim nasion) sytuacja jest bardziej niepokojąca. Nasiona wykształciły się w procesie ewolucji jako forma przeznaczona do rozmnażania oraz jako twór przetrwalnikowy, zdolny przeżyć niekorzystne warunki środowiska, w których nie przetrwałaby roślina rodzicielska. Nasiona służą również rozprzestrzenianiu gatunku, często na znaczne odległości. Zachowują one znacznie dłuższą żywotność i mogą przetrwać trudniejsze warunki niż zwierzęta i ich propagule. Nasiona są również stosunkowo często i w znacznie większej liczbie niż propagule zwierzęce przewożone w stanie żywym w ładunku i na ubraniach uczestników wypraw. Wśród przywożonych do Antarktyki nasion dominują gatunki zaliczane do najbardziej inwazyjnych rodzin Poaceae i Asteraceae (LEE i CHOWN 2009, LITYŃSKA-ZAJĄC i współaut. 2012). Wiele z tych gatunków obejmuje swoim zasięgiem rejony polarne północnej półkuli, więc ryzyko introdukcji jest potencjalnie wyższe z racji specyficznej fizjologii umożliwiającej przetrwanie w zbliżonych, polarnych warunkach w Antarktyce. Diaspory, zwłaszcza dotyczy to gatunków należących do Asteraceae, są przystosowane do anemochorii (rozsiewanie przez wiatr), zatem mogą być łatwo roznoszone przez silne antarktyczne wiatry, stwarzając znacznie większe zagrożenie niż diaspory gatunków rozprzestrzeniających się w inny sposób. W procesie inwazji duże znaczenie ma sposób rozmnażania roślin. Gatunki samopylne lub wiatropylne mają większe szanse na wytworzenie rozmnażających się populacji niż gatunki owadopylne. Entomofauna lądowa Antarktyki ogranicza się zaledwie do dwóch gatunków ochotek (Chironomidae) występujących na Zachodnim wybrzeżu Półwyspu Antarktycznego i okolicznych archipelagach. Są to *Parochlus steinenii* i *Belgica antarctica* (USHER i EDWARDS 1985), z których żaden nie bierze udziału w zapyłaniu roślin. Wyprawy naukowe przywożą do Antarktyki także żywe owady i inne bezkręgowce. Potencjalnie może to prowadzić do ich zadomowienia i wytworzenia zależ-

ności między owadopylnym obcym gatunkiem rośliny i owadem (CHWEDORZEWSKA i współaut. 2013). Wytworzenie się takich zależności zaobserwowano stosunkowo niedawno w subantarktyce, gdzie pojawiły się dwa nowe gatunki owadów: *Eristalis croceimaculata* (Diptera, Syrphidae) i *Calliphora vicina* (Diptera, Calliphoridae), mogące brać udział w zapyłaniu roślin kwiatowych (CONVEY i współaut. 2010), zawleczonych w te rejony w ciągu ostatnich 200 lat (FRENOT i współaut. 2005).

Najtrudniejszą do monitorowania grupą są mikroorganizmy. Mają one w ekosystemach lądowych Antarktyki znaczący udział w biomacie biocenoz. Z powodu technicznych trudności w prowadzeniu badań tej grupy organizmów, wciąż niewiele wiadomo o ich taksonomii i endemizmie (VINCENT 2000). Trudno więc ocenić czy dany gatunek zawleczony został przez człowieka, czy jest gatunkiem kosmopolitycznym, występującym w tym rejonie w sposób naturalny. Od początku swojej działalności człowiek przywoził do Antarktyki żywność, drewno i inne, obce dla tego rejonu materiały, które mogą być doskonałym wektorem ogromnej liczby mikroorganizmów: grzybów (KERRY 1990, MINASAKI i współaut. 2001, ARENZ i współaut. 2010), bakterii (VIGO i współaut. 2011) i glonów (BROADY i SMITH 1994). Produkując odpady i ścieki człowiek zanieczyszcza glebę i wodę (HUGHES 2003 a, b). Sprzyja to rozwojowi populacji obcych gatunków glonów glebowych i słodkowodnych oraz bakterii w okolicach stacji badawczych (BROADY i SMITH 1994, KASHYAP i SHUKLA 2001). Z aktywnością ludzką wiąże się również groźba zawleczenia do Antarktyki organizmów chorobotwórczych, które mogą zagrozić rodzimym gatunkom (KERRY i współaut. 1999, VIGO i współaut. 2011).

Wśród dużej liczby przywożonych wraz z ładunkiem i ludźmi diaspor mogą znaleźć się gatunki ubikwistyczne, które po pokonaniu bariery geograficznej będą w stanie pokonać barierę fizjologiczną i zasiedlić ocieplające się rejony morskiej Antarktyki. Istnieje również zagrożenie, że mobilność i łatwość z jaką przemieszczają się wyprawy naukowe i grupy turystyczne, może doprowadzić do homogenizacji zespołów biologicznych w obrębie całego kontynentu (TEBRAUDS i współaut. 2012).

RYZYSKO INTRODUKCJI

Na podstawie badań realizowanych w ramach międzynarodowego projektu „Aliens in Antarctica” podjęto próbę wyznaczenia obszarów największego ryzyka zawleczenia obcych gatunków roślin do Antarktyki. Posłużono się w tym celu modelami klimatycznymi, danymi o natężeniu ruchu turystycznego, o działalności wypraw naukowych oraz danymi dotyczącymi liczby propagul przenoszonych przez ludzi (członków wypraw naukowych i turystycznych) (CHOWN i współaut. 2012). Stworzono algorytm pozwalający na oszaco-

wanie ryzyka zawleczenia nowych gatunków w dany rejon Antarktyki. Stwierdzono, że najbardziej narażona na obce introdukcje jest zachodnia część Półwyspu Antarktycznego i wyspy Łuku Scotia. Poza kilkoma punktami rozsiyanymi na wolnych od lodu obszarach przybrzeżnych, gdzie skupia się aktywność ludzka, reszta kontynentu Antarktycznego w najbliższej przyszłości nie jest obciążona ryzykiem zawleczenia obcych organizmów, nawet w obliczu postępujących zmian klimatycznych.

PRESJA GATUNKÓW OBCYCH NA LĄDOWE EKOSYSTEMY MORSKIEJ ANTARKTYKI

Streszczenie

Ze względu na geograficzną i historyczną izolację kontynentu antarktycznego odnotowano do tej pory jedynie sporadyczne pojawianie się na nim gatunków obcych. Jednak rosnąca antropopresja i gwałtowne ocieplanie się niektórych rejonów Antarktyki powodują, że ryzyko introdukcji gatunków obcych znacząco rośnie. Wraz z zaopatrzeniem stacji

wiele propagul dociera do Antarktyki w dobrej kondycji. Agresywne, plastyczne organizmy, o dużym potencjale adaptacyjnym mogą szybko przystosować się do zmieniających się warunków klimatycznych, rozpoczynając kolonizację ocieplającej się Antarktyki. Wpływ takich organizmów na ekosystemy polarne jest w zasadzie niemożliwy do przewidzenia.

PRESSURE OF ALIEN ORGANISMS ON TERRESTRIAL ECOSYSTEMS OF MARITIME ANTARCTIC

Summary

Due to geographic and historical isolation of the Antarctic continent, there are currently very few alien species introduced to the terrestrial ecosystems. However, due to increased man-made pressure and amelioration of climate in this region, the threat of the establishment of non-native species will grow markedly. Many diasporas can be quite easily, unintentionally transported in good condition to the

Antarctic with research stations supplies. Flexible species are characterized by a very wide ecological amplitude, high adaptation capabilities and diverse ways of reproduction. They may thrive under harsh environmental conditions and colonize recipient ecosystems. The impact of those organisms will be unpredictable.

LITERATURA

- ARENZ B. E., HELD B. W., JURGENS J. A., BLANCHETTE R. A., 2010. *Fungal colonization of exotic substrates in Antarctica*. Fungal Divers. 49, 13–22.
- BERGSTROM D., CHOWN S. L., 1999. *Life at the front: history, ecology and change on South Ocean islands*. Trends Ecol. Evol. 14, 472–477.
- BROADY P. A., SMITH R. A., 1994. *A preliminary investigation of the diversity, survivability and dispersal of algae introduced into Antarctica by human activity*. Pro. NIPR Symp. Polar Biol. 7, 185–197.
- BROWN R. N. R., 1912. *The problems of Antarctic plant life. Report on the Scientific Results of the SY “Scotia” during the years 1902, 1903, and 1904*. Botany 3, 3–21.
- CHOWN S. L., HUISKES A. H. L., GREMMEN N. J. M., LEE J. E., TERAUDS A., CROSBIE K., FRENOTE Y., HUGHES K. A., IMURA S., KIEFER K., LÉBOUVIERH M., RAYMOND B., TSUJIMOTO M., WAREC C., VAN DE VIJVERK B., BERGSTROM D. M., 2012. *Continent-wide risk assessment for the establishment of nonindigenous species in Antarctica*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 109, 4938–4943.
- CHWEDORZEWSKA K. J., 2008. *Poa annua L. in Antarctica – searching for the source of introduction*. Polar Biol. 31, 263–268.
- CHWEDORZEWSKA K. J., 2009. *Terrestrial Antarctic ecosystems at the changing world – an overview*. Polish Polar Res. 30, 263–273.
- CHWEDORZEWSKA K. J., KORCZAK M., 2010. *Human impact upon the environment in the vicinity of Arctowski Station, King George Island, Antarctica*. Polish Polar Res. 31, 45–60.

- CHWEDORZEWSKA K. J., KORCZAK-ABSHIRE M., OLECH M., LITYŃSKA-ZAJĄC M., AUGUSTYNIUK-KRAM A., 2013. *Alien invertebrates transported to Antarctica by polar expeditions – potential threat*. Polish Polar Res. 34, 55–66.
- CBD (Convention on Biological Diversity), 1992. <http://www.cbd.int/convention>
- CONVEY P., LEWIS-SMITH R. I., 2006. *Responses of terrestrial Antarctic ecosystems to climate change*. Plant Ecol. 182, 1–10.
- CONVEY P., KEY R. S., KEY R. J. D., 2010. *The establishment of a new ecological guild of pollinating insects on sub-Antarctic South Georgia*. Antarctic Sci. 22, 508–512.
- EDWARDS J. A., 1979. *An experimental introduction of vascular plants from South Georgia to the Maritime Antarctica*. BAS Bull. 49, 73–80.
- EDWARDS J. A., GREENE D. M., 1973. *The survival of Falkland Is transplants at South Georgia and Signy I., South Orkney Is.* BAS Bull. 34, 33–45.
- FRENOT Y., GLOAGUEN J. C., MASSÉ L., LÉBOUVIER M., 2001. *Human activities, ecosystem disturbance and plant invasions in sub-Antarctic Crozet, Kerguelen and Amsterdam Islands*. Biol. Conserv. 101, 33–50.
- FRENOT Y., CHOWN S. L., WHINAM J., SELKIRK P. M., CONVEY P., SKOTNICKI M., BERGSTROM D. M., 2005. *Biological invasions in the Antarctic: extent, impacts and implications*. Biol. Rev. 80, 45–72.
- GREMME N. J. M., SMITH V. R., 1999. *New records of alien vascular plants from Marion and Prince Edward Islands, sub-Antarctic*. Polar Biol. 21, 401–409.
- HEADLAND R., 1989. *Chronological list of Antarctic expeditions and related historical events*. Cambridge University Press, Cambridge.
- HEYWOOD V. H., 1989. *Patterns, extents and modes of invasions by terrestrial plants*. [W:] *Biological Invasions: A Global Perspective*. DRAKE J. A., MOONEY H. A., DI CASTRI F. (red.). Chichester, UK, Wiley, 31–60.
- HOLDGATE D. D., 1964. *An experimental introduction of plants to the Antarctic*. BAS Bull. 3, 13–16.
- HOSHAI T., 1970. *Willow cultivation at Syowa station*. Polar News 5, 30–31.
- HUGHES K. A., 2003a. *Aerial dispersal and survival of sewage derived faecal coliforms in Antarctica*. Atmosph. Environ. 37, 3147–3155.
- HUGHES K. A., 2003b. *The influence of seasonal environmental variables on the distribution of presumptive fecal coliforms around an Antarctic research station*. Appl. Environ. Microbiol. 5, 555–565.
- HUGHES K. A., CONVEY P., 2010. *The protection of Antarctic terrestrial ecosystems from inter- and intra-continental transfer of non-indigenous species by human activities: a review of current systems and practices*. Global Environ. Change 20, 96–112.
- HUGHES K. A., WORLAND M. R., 2010. *Spatial distribution, habitat preference and colonisation status of two alien terrestrial invertebrate species in Antarctica*. Antarctic Sci. 22, 221–231.
- HUGHES K. A., WALSH S., CONVEY P., RICHARDS S., BERGSTROM D. M., 2005. *Alien fly populations established at two Antarctic research stations*. Polar Biol. 28, 568–570.
- HUGHES K. A., OTT S., BÖLTER M., CONVEY P., 2006. *Colonisation processes*. [W:] *Trends in Antarctic Terrestrial and Limnetic Ecosystems: Antarctica as a Global Indicator*. BERGSTROM D. M., CONVEY P., HUISKES A. H. L. (red.). Springer, Dordrecht, 35–54.
- HUGHES K. A., CONVEY P., MASLEN N. R., SMITH R. I. L., 2010a. *Accidental transfer of non-native soil organisms into Antarctica on construction vehicles*. Biol. Invasions 2, 875–891.
- HUGHES K. A., LEE J. E., WARE C., KIEFER K., BERGSTROM D. M., 2010b. *Impact of anthropogenic transportation to Antarctica on alien seed viability*. Polar Biol. 33, 1125–1130.
- HUGHES K. A., LEE J. E., TSUJIMOTO M., IMURA S., BERGSTROM D. M., WARE C., LÉBOUVIER M., HUISKES A. H. L., GREMMEN N. J. M., FRENOT Y., BRIDGE P. D., CHOWN S. L., 2011. *Food for thought: Risks of non-native species transfer to the Antarctic region with fresh produce*. Biol. Conserv. 144, 2821–2831.
- HUGHES K. A., WORLAND M. R., THORNE M. A. S., CONVEY P., 2012. *The non-native chironomid Eretmoptera murphyi in Antarctica: erosion of the barriers to invasion*. Biol. Invasions DOI 10.1007/s10530-012-0282-1.
- KANDA H., OHTANI S., IMURA S., 2002. *Plant communities at Dronning Maud Land*. [W:] *Geoecology of Antarctic Ice-free coastal landscapes*. BEYER L., BÖLTER M. (red.). Ecol. Studies 154, 249–264.
- KAPPEN L., STRAKA H., 1988. *Pollen and spores transport into the Antarctic*. Polar Biol. 8, 173–180.
- KASHYAP A. K., SHUKLA S. P., 2001. *Algal species diversity of Schirmacher Oasis, Antarctica: a survey*. Antarctic Biology in a Global Context, Abstracts of VIII SCAR International Biology Symposium, Amsterdam, Abstract S5P62.
- KERRY E., 1990. *Microorganisms colonizing plants and soil subjected to different degrees of human activity, including petroleum contamination, in the Vestfold Hills and Mac. Robertson land*. Polar Biol. 10, 423–430.
- KERRY K., RIDDLE M., CLARKE J., 1999. *Diseases of Antarctic Wildlife*. A Report for The Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR) and The Council of Managers of National Antarctic Programs (COMNAP), 1–104.
- KING J. C., TURNER J., 2007. *Antarctic meteorology and climatology*. Cambridge University Press., Cambridge UK, 1–409.
- KING J. C., TURNER J., MARSHALL G. J., CONOLLEY W. M., LACHLAN-COPE T. A., 2003. *Antarctic Peninsula climate variability and its causes as revealed by analysis of instrumental records*. Antarctic Res. Seria 79, 17–30.
- LEE J. E., CHOWN S. L., 2009. *Quantifying the propagule load associated with the construction of an Antarctic research station*. Antarctic Sci. 21, 471–475.
- LEWIS-SMITH R. I., 1984. *Colonization and recovery by cryptogams following recent volcanic activity on Deception I., South Shetland I.* BAS Bulletin 62, 25–51.
- LEWIS-SMITH R. I., 1996. *Introduced plants in Antarctica: potential impacts and conservation issues*. Biol. Conserv. 76, 135–146.
- LITYŃSKA-ZAJĄC M., CHWEDORZEWSKA K. J., OLECH M., KORCZAK-ABSHIRE M., AUGUSTYNIUK-KRAM A., 2012. *Diaspores and phyto-remains accidentally transported to the Antarctic Station during three expeditions*. Biodivers. Conserv. 21, 3411–3421.
- MACK R. N., SIMBERLOFF D. S., LONSDALE W. M., EVANS H., CLOUT M., BAZZAZ F. A., 2000. *Biotic invasions: Causes, epidemiology, global consequences, and control*. Ecol. Applicat. 10, 689–710.
- MARSHALL W. A., CONVEY P., 1997. *Dispersal of moss propagules in the maritime Antarctic*. Polar Biol. 18, 376–383.
- MINASAKI R., FARRELL R. L., DUNCAN S., HELD B. W., BLANCHETTE R. A., 2001. *Mycological biodiversity associated with historic huts and artefacts of the heroic period in the Ross Sea region*. Antarctic Biology in a Global Context, Abstracts of VIII

- SCAR International Biology Symposium, Amsterdam, Abstract S5P28.
- OLECH M., 1996. *Human impact on terrestrial ecosystems in west Antarctica*. Proc. NIPR Symp. Polar Biol. 9, 299–306.
- OLECH M., CHWEDORZEWSKA K. J., 2011. *The first appearance and establishment of alien vascular plant in natural habitats on the forefield of retreating glacier in Antarctica*. Antarctic Sci. 23, 153–154.
- OSYCZKA P., 2010. *Alien lichens unintentionally transported to the “Arctowski” station (South Shetlands, Antarctica)*. Polar Biol. 33, 1067–1073.
- PUGH P. J. A., 1994. *Non-indigenous Acari of Antarctica and the sub-Antarctic islands*. Zool. J. Linnean Soc. 110, 207–217.
- RAKUSA-SUSZCZEWSKI S., KRZYSZOWSKA A., 1991. *Assessment of the environmental impact of the “H. Arctowski” Polish Antarctic Station (Admiralty Bay, King George Island, South Shetland Islands)*. Polish Polar Res. 12, 105–121.
- RICHARDSON D. M., PYŠEK P., REJMANEK M., BARBOUR M. G., PANETTA F. D., WEST C. J., 2000. *Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions*. Divers. Distribut. 6, 93–107.
- SLABBER S., CHOWN S. L., 2002. *The first record of a terrestrial crustacean, Porcellio scaber (Isopoda, Porcellionidae), from sub-Antarctic Marion I.* Polar Biol. 25, 855–858.
- TERAUDS A., CHOWN S. L., MORGAN F., PEAT H. J., WATTS D. J., KEYS H., CONVEY P., BERGSTROM D. M., 2012. *Conservation biogeography of the Antarctic*. Divers. Distribut. 18, 726–741.
- TURNER J., BINDSCHADLER R., CONVEY P., DI PRISCO G., FAHRBACH E., GUTT J., HODGSON D., MAJEWSKI P., SUMMERHAYES C., 2009. *Antarctic climate change and the environment – A contribution to the International Polar Year 2007–2008*. SCAR Scott Polar Research Institute, Lensfield Road, Victoire Press, Cambridge.
- USHER M. B., EDWARDS M., 1985. *A dipteran from south of the Antarctic Circle: Belgica antarctica (Chironomidae) with a description of its larva*. Biol. J. Linnean Soc. 23, 83–93.
- VAUGHAN D. G., 2006. *Trends in melting conditions on the Antarctic Peninsula and their implications for ice sheet mass balance*. Arctic Antarctic Alpine Res. 38, 147–152.
- VIGO G. B., LEOTTA G. A., CAFFER M. I., SALVE A., BINSZTEIN N., PICHEL M., 2011. *Isolation and characterization of Salmonella enterica from Antarctic wildlife*. Polar Biol. 34, 675–681.
- VINCENT W. F., 2000. *Evolutionary origins of Antarctic microbiota: invasion, selection and endemism*. Antarctic Sci. 12, 374–385.
- WHINAM J., CHILCOTT N., BERGSTROM D. M., 2005. *Sub-Antarctic hitchhikers: expeditioners as vectors for the introduction of alien organisms*. Biol. Conserv. 121, 207–219.
- WILLIAMSON M., FITTER A., 1996. *The varying success of invaders*. Ecology 77, 1661–1666.
- WISE T., 1973. *Polar exploration*. Almark Publishing Co Ltd, London.