

BARBARA SUDNIK-WÓJCIKOWSKA

*Zakład Ekologii Roślin i Ochrony Środowiska
Uniwersytet Warszawski
Al. Ujazdowskie 4, 00-478 Warszawa,
E-mail: barbara.sudnik@uw.edu.pl*

AKTYWNOŚĆ WULKANÓW W ISLANDII A NATURALNA I ANTROPOGENICZNA ROŚLINNOŚĆ W STREFIE TUNDRY

Mamy jeszcze w pamięci dramatyczne relacje dotyczące wybuchów islandzkich wulkanów z ostatnich dwu lat. Skutki wybuchów, w postaci paralizu linii lotniczych, dotkliwie odczuło niemal 10 milionów pasażerów. Były to najsilniejsze zakłócenia lotów od czasów drugiej wojny światowej. Jednak bezpośrednie konsekwencje wzmożonej aktywności wulkanicznej najbardziej dotknęły mieszkańców wyspy. Z niepokojem obserwowaliśmy, jak w środku dnia „zapadał zmierzch”, a krajobraz ginął w gęstej, szarej mgle. Gdy zwolna opadał pył i popiół, ludzie zmuszeni byli do używania masek.

Islandia to obszar najbardziej aktywny sejsmicznie w Europie; wybuchy zdarzają się stosunkowo często. Ich konsekwencje i wpływ na subarktyczny świat roślin i zwierząt i na gospodarkę człowieka, były przez wiele lat szczegółowo badane, stąd, dysponując odpowiednimi parametrami, można je do pewnego stopnia określić lub przewidzieć.

Islandia, położona w nadwodnej części Grzbietu Śródatlantyckiego, jest pozostałością pomostu, jaki w trzeciorzędzie istniał między Europą i Ameryką Północną. Jego powstanie wiązało się z orogenezą alpejską i dużą aktywnością wulkaniczną w owym czasie. Pod koniec neogenu działalność wulkanów osłabła, pomost w większej części zapadł się, a śladem jest m.in. Islandia. W czwartorzędzie aktywność tektoniczna znowu się nasiliła.

Islandia to obszar leżący w strefie ryftu, na granicy płyt tektonicznych eurazjatyckiej i północnoamerykańskiej (Ryc. 1). Ryft, czyli strefa powstawania nowej skorupy oceanicznej, przecina wyspę z południowego zachodu

na północny wschód. Islandia jest jednym z nielicznych obszarów na świecie, gdzie ryft wystaje ponad powierzchnię oceanu (zwykle strefy ryftowe położone są na dnie oceanicznym).

Powierzchnia wyspy wynosi 104 tys. km². Budowana jest ustawicznie, głównie przez zasadowe skały wulkaniczne: bazalty, tufy bazaltowe i popioły. Krajobraz, ukształtowany głównie przez działalność wulkanów, jest zdominowany przez wyżyny i płaskowyż z



Ryc. 1. Położenie Islandii na granicy płyt tektonicznych eurazjatyckiej i północnoamerykańskiej (źródło: http://commons.wikipedia.org/wiki/File%3Aiceland_Mid-Atlantic_Ridge_map.svg, zmieniona).

rozległymi pokrywami lawowymi i tufowymi o wysokości 700–1000 m, opadający stromo ku wybrzeżom. Przez środek płaskowyżu przebiega szereg równoległych wulkanów szczelinowych. Liczbę stożków wulkanicznych szacuje się na 130. Wznoszą się one średnio na wysokość 1400–1600 m n.p.m. Czynnych wulkanów (takich, które były aktywne w czasach historycznych lub są obecnie aktywne) jest 26. Za najaktywniejszy uważana jest Hekla (1447 m n.p.m.). Największą pokrywą lawową na Islandii jest Odadahraun; ma ona powierzchnię około 4 tysięcy km². Wybuchy wulkanów zdarzają się na Islandii średnio co 3–4 lata, przy czym połowa ma miejsce pod lodowcami. Stąd tak często aktywności wulkanów towarzyszą tu powodzie.

Równolegle z działalnością wulkanów, stosunkowo często występują trzęsienia ziemi. Dla Islandii typowa jest również obecność gorących źródeł (liczbę gejzerów szacuje się na 700). Lodowce stanowią blisko 11% powierzchni Islandii. Największe z nich to Vatnajökull (8300 km²) i Langjökull (953 km²). Rzeki wypływające promieniście uchodzą do wód Atlantyku i są w głównej mierze zasilane przez lodowce oraz topniejące śniegi. Wybrzeża mają charakter aluwialny (na południu) lub riwierowy, z licznymi fiordami.

Obszary nizinne występują głównie na południu wyspy. Ta część została najwcześniej zasiedlona i do tej pory jest w największym stopniu zagospodarowana przez człowieka (np. ARNOLDS 1987). Pierwszymi osadnikami na Islandii byli irlandzcy mnisi, którzy pojawili się tu w VIII w. n.e., ale opuścili wyspę tuż przed przybyciem w IX w. mieszkańców Skandynawii – Normanów. Islandia jest więc ostatnim, najpóźniej zasiedlonym krajem europejskim. Władca Norwegii przybył tu w 874 r. i osiedlił się w miejscu, gdzie dziś istnieje Reykjavik. W ciągu następnych 60 lat Wikingowie ze Skandynawii, Irlandii i Szkocji przybywali i osiedlali się na Islandii. Przyczyną ekspansji Wikingów było przeludnienie Skandynawii i brak ziemi pod uprawę. Do pierwszych mieszkańców wyspy należeli także Celtowie. Rosnąca populacja przybyszów w kolejnych wiekach w zasadniczy sposób wpłynęła na szatę roślinną wyspy.

Historia osadnictwa na Islandii nieodłącznie związana jest z aktywnością sejsmiczną na wyspie. Warto przytoczyć nieco danych z nowszej historii czynnych wulkanów. Niektóre XVIII i XIX-wieczne wybuchy mają dokumentację historyczną – zachowały się relacje i komentarze naocznych świadków.

W 1783 r. erupcja szczelinowego wulkanu Laki trwała blisko 8 miesięcy; wyrzucił on około 15 km³ materiałów, pokrył lawą przeszło 500 km² i miał znaczący wpływ na klimat na całym świecie przez kolejnych kilka lat. Szacuje się, że siła wybuchu była 100 razy silniejsza niż ostatni wybuch Eyjafjallajökull. Chmura popiołów, pyłów i gazów dotarła do kontynentalnej części Europy, przyczyniła się do obniżenia średniej temperatury rocznej na półkuli północnej o około 1°C, a w samej Islandii o 5°C! Erupcja Laki była największą klęską żywiołową, jaka kiedykolwiek zdarzyła się na Islandii. Zginęła wówczas znaczna liczba zwierząt hodowlanych, co spowodowało klęskę głodu, ta zaś pociągnęła za sobą śmierć 9500 osób (20–25% ówczesnej ludności wyspy). Skutki wybuchu odczuwane były m.in. w Wielkiej Brytanii. Świadek tych wydarzeń pisał o „dławiącej chmurze”, która zasłoniła słońce, powodując latem obniżenie się temperatury, a nawet mróz i lód. W istotny sposób wpłynęło to na roślinność: „liście zwędły, nie było urodzaju, owady zapylające ginęły milionami, uniemożliwiając zapylenie, opadały kwiaty i zawiązki owoców”.

Największym z czynnych wulkanów Islandii jest Askja. Jego wybuch w 1875 r. spowodował m.in. „deszcz popiołu” w Sztokholmie.

Więcej miejsca warto poświęcić niedawnemu (2010 r.) wybuchowi wulkanu Eyjafjallajökull (eyja = wyspa), który położony jest na południowym wybrzeżu Islandii, w masywie Eyjafjöll. Znajduje się w odległości ok. 150 km od stolicy Islandii – Reykjavíku. Osiąga obecnie wysokość 1666 m, jest wulkanem podlodowcowym (leży w pobliżu i częściowo pokryty jest przez lodowiec o tej samej nazwie). W niewielkiej odległości od niego znajdują się dwa aktywne wulkany: Katla i Hekla. Od czasu zasiedlenia wyspy w IX w. n.e. Eyjafjallajökull wybuchał 4-krotnie, w latach: 920, 1612, 1821–1823 i w 2010. Wybuch, który miał miejsce w XIX w. nie był zbyt silny, ale trwał dłużej. Ciekawe, że w trakcie 3 pierwszych wybuchów budził się także pobliski wulkan Katla, nieco niższy (1512 m), ale masywniejszy. Jego wybuchy (a od IX w. było ich 16) powodowały zawsze duże szkody. Istnieje obawa, że oddalona o 25 km Katla uaktywni się i tym razem.

Ostatni wybuch wulkanu Eyjafjallajökull trwał od 14 kwietnia do końca maja 2010 r. Rozpoczął się w części góry pokrytej czapą lodową. Pióropusz złożony z pyłów i gazów ponad wulkanem już pierwszego dnia erupcji osiągnął wysokość 10 km. Specyfiką wybuchu

był kontakt magmy o temperaturze powyżej 1000°C z wodą i lodem. Spowodowało to wzrost eksplozywności (tzw. erupcja freatyczna, gdzie gwałtownie tworząca się para wodna wielokrotnie eksplozywność erupcji). W efekcie wytworzyły się duże ilości drobnoziarnistego popiołu (cząstki o średnicy < 2 mm).

Pył rozproszony w powietrzu osiągnął niezwykle wysoki poziom koncentracji, odczuwany zwłaszcza w południowej i południowo-zachodniej części kraju. W tym regionie stał się on głównym powodem naruszenia szaty roślinnej i problemów w rolnictwie.

WSPÓŁCZESNA AKTYWNOŚĆ WULKANICZNA A ROLNICTWO NA ISLANDII

Islandia jest krajem bardzo nierównomiernie zaludnionym. Większość mieszkańców żyje na obszarach nizinnych (poniżej 400 m n.p.m.), przy czym ok. 70% (300 000) w stolicy i na południowo-zachodnim wybrzeżu.

Tereny wokół wielu wulkanów, ze względu na żyzne gleby, są szczególnie intensywnie wykorzystywane rolniczo. Ich zniszczenie ma konsekwencje dla gospodarki całej Islandii. Rolnictwo na Islandii rozwija się w skrajnie surowych warunkach i niewiele potrzeba, by spowodować poważne zaburzenia kruchej równowagi. Dłuższe ograniczenie dopływu światła i ciepła przez chmurę pyłu powoduje „wulkaniczną zimę” i wpływa bezpośrednio na fotosyntezę i rozwój roślin, ograniczając produkcję roślinną.

Pokrycie wielu islandzkich wulkanów przez lodowce ma różnorodne konsekwencje. Gwałtowne topnienie lodowców jako skutek aktywności wulkanicznej, powoduje szybki przybór wód w rzekach i groźbę zalania terenów nizinnych, a tu głównie znajdują się pastwiska i uprawy. Bezpośrednio po wybuchu, z obawy przed powodzią, nierzadko konieczne okazują się czasowe przesiedlenia mieszkańców. W czasie wybuchu Eyjafjallajökull dotknęło to około 1000 osób. Warto dodać, że najbliższe uprawy rolne znajdowa-

ły się wówczas na południowych zboczach wulkanu, a najbliższe farmy były zlokalizowane w odległości około 7 km od szczytu.

Świeży pył wulkaniczny zawiera do 25% cząstek wielkości poniżej 1 μ , łatwo przenikających do układu oddechowego, zawierających głównie tlenek krzemu (SiO_2 , ok. 66%) oraz tlenki aluminium (AlO_3 , 16%) i żelaza (FeO , 10%). Powierzchnia cząstek stosunkowo trudno się utlenia i mogą one zawierać wewnątrz skondensowane kwasy (stąd możliwy kwaśny opad), związki fluoru oraz wielopierścieniowe węglowodory. Opad pyłów powoduje skażenie wody, a także uszkodzenia roślinności pól uprawnych i pastwisk. Pyły działają toksycznie na zwierzęta i ludzi, utrudniają oddychanie i uszkodzają skórę, nabłonki, a nawet mięśnie (patrz MACDONALD i BAGIŃSKI w tym zeszycie Kosmosu). Po wybuchu Eyjafjallajökull zwierzęta hodowlane (owce, konie) przez pewien okres nie mogły korzystać z pastwisk. Część przewieziono w inne regiony. Reszta trzymana była pod dachem, a duże przegęszczenie powodowało niebezpieczeństwo chorób. Konieczne było dostarczanie nieskażonego siana i wody. Szczególnie duże problemy (np. z wentylacją) były na farmach, gdzie hodowano drób i świnię.

AKTYWNOŚĆ WULKANICZNA A SUBARKTYCZNA SZATA ROŚLINNA

Zgodnie z florystycznym podziałem Ziemi, Islandia należy do prowincji arktycznej obszaru cyrkumborealnego w obrębie państwa holarktycznego. Jest to obszar położony wokółbiegunowo, cechujący się ogólnym ubóstwem flory, przy stosunkowo dużym udziale mszaków i porostów. Natomiast, biorąc pod uwagę dominującą formację roślinną, Islandię należy zaliczyć do klimatyczno-roślinnej strefy tundr (PODBIELKOWSKI 1997).

Do czasu przybycia człowieka i rozwoju hodowli zwierząt, roślinność Islandii ewoluowała bez stresu ze strony stad dużych roślinożerców. Z czasem jednak, krucha równowaga między niezbyt mięszymi wulkanicznymi glebami a naturalną, głównie tundrową roślinnością została zaburzona. Osadnictwo i rolnictwo zapoczątkowało degradację zbiorowisk roślinnych i wywołało katastrofalną erozję, która z czasem przyczyniła się do dewastacji znacznych obszarów.



Ryc. 2. Tundra krzewinkowa w południowej części Islandii (fot. Zofia Dubicka).

W tych regionach Islandii, gdzie zachowała się roślinność naturalna, jest ona dość dobrze rozpoznana (por. np. BOHN i współaut. 2000). Na rozległych obszarach dominują bezleśne zbiorowiska tundrowe (Ryc. 2): tundra mszysta i krzewinkowa, tundra górską, często w mozaice z torfowiskami. Znacznie mniejszą powierzchnię zajmują lasy i zarośla budowane głównie przez brzozę. Krótka charakterystyka naturalnej roślinności Islandii przedstawiona jest w Tabeli 1.

Erupcja wulkanu niszczy całkowicie lub częściowo szatę roślinną w jego okolicy. Dla naturalnej szaty roślinnej, podobnie jak dla upraw, najistotniejsze konsekwencje wybuchów wulkanów to, poza bezpośrednim, mechanicznym niszczeniem przez popiół i lawę, także podtopienia i powodzie oraz ograniczony dopływ światła i ciepła. Powrót roślinności, jej sukcesja po wybuchu była tematem wielu badań. Do bardziej znanych należą badania na Surtsey i na zboczach wulkanu Hekla.

SURTSEY

Surtsey to słynna wyspa wulkanicznego pochodzenia w odległości 35 km od południowych wybrzeży Islandii (i 5,1 km od najbliższych wysepek skalnych). Wyspa wielkości 2,7 km² wyłoniła się podczas podmorskiej erupcji, która rozpoczęła się w 1963 r. i trwała 3,5 roku. Cechy arktycznego klimatu morskiego są tu silniej zaznaczone niż na Islandii.

Samotna wyspa stanowiła doskonały obiekt badań sukcesji pierwotnej (KORNAŚ 1985, KORNAŚ i MEDWECKA-KORNAŚ 2002). Obszar od chwili powstania był ściśle izolowany; dostęp mieli jedynie naukowcy. Zaplanowano tu i realizowano od 1964 r. przez

wiele lat program interesujących badań naukowych (np. FRIDRIKSSON 1987, MAGNUS-SON i współaut. 2009). Bardzo skrupulatnie rejestrowano etapy sukcesji pierwotnej. W trakcie badań stwierdzono, że najwcześniej na nagiej lawie pojawiły się sinice, z czasem kolejne organizmy: gatunki mchów i porostów zdolnych do życia nawet wtedy, gdy warstewka gleby jeszcze się nie wykształciła. Stopniowo docierały gatunki roślin naczyniowych, zwłaszcza wiatrosiewne.

Jednak momentem przełomowym było pojawienie się i gniazdowanie mew zanotowane od 1985 r. Mewy wzbogacały podłoże w związki azotu i węgla oraz zaczęły odgrywać niezwykle istotną rolę w zawlekaniu na wyspę diaspor roślin nasiennych. W 1986 r. stwierdzono na wyspie 23 gatunki roślin naczyniowych, z tej grupy tylko kilka związanych z wybrzeżem zdołało się trwale osiedlić. Powstało zbiorowisko złożone z honkenii piaskowej (*Honckenya peploides*), wydmuchrzycy piaskowej (*Leymus arenarius*) i *Mertensia maritima* oraz zbiorowisko z udziałem lepnicy *Silene uniflora*. Do 2008 r. wyspę skolonizowało 69 gatunków roślin naczyniowych, przy czym obserwuje się zasadnicze różnice w pokryciu przez rośliny nagich skał i miejsc, gdzie znajdują się kolonie mew. W obrębie kolonii, na piaskach i lawie pojawiły się fitocenozy bogatsze gatunkowo, złożone z mannicy odstającej (*Puccinellia distans*) i karmnika rozesłanego (*Sagina procumbens*), a także zbiorowisko wieloletnich traw z udziałem wiechliny łąkowej (*Poa pratensis*), wydmuchrzycy piaskowej (*Leymus arenarius*), kostrzewy (*Festuca richardsonii*). Okazało się, że 75% flory wyspy stanowią rośliny przeniesione przez ptaki, 16% przez wiatr i 9% przez wodę. Ostatnio maskonury rozpoczęły gniazdowanie na wyspie. Badania trwają nadal.

WULKAN HEKLA

Wulkan Hekla położony jest na południowym wybrzeżu Islandii (doniesienia o jego zwiększonej aktywności docierają do nas ostatnio). Jest najwyższym, czynnym wulkanem na wyspie. Należy też do najbardziej aktywnych; w XX w. wybuchał w latach 1947–48, 1970, 1991, 2000. Wybuchom towarzyszą lekkie trzęsienia ziemi i znaczna ilość wyrzucanych materiałów wulkanicznych (lawy, bomby wulkaniczne, popioły). Na zboczach Hekli intensywnie badano proces sukcesji na lawie różnego wieku (CUTLER i współaut. 2008). Wyróżniono 3 stadia sukcesji: „pier-

Tabela 1. Charakterystyka ważniejszych naturalnych zbiorowisk roślinnych Islandii (oznaczenia wg kodu zastosowanego przez BOHNA i współaut. 2000).

Kod	Nazwa formacji/ zbiorowiska	Charakterystyka zbiorowisk roślinnych
B6	islandzka południowo-arktyczna tundra mszysta	Zbiorowiska z udziałem: <i>Rhacomitrium lanuginosum</i> . Lokalnie na młodych glebach lawowych z udziałem mchów (<i>R. ericoides</i> , <i>Sanionia uncinata</i>), porostów (<i>Cetraria islandia</i> , <i>C. aculeata</i> , <i>Cladonia</i> spp., <i>Stereocaulon</i> spp.) i rozproszonymi roślinami naczyniowymi (<i>Carex bigelowii</i> , <i>Salix herbacea</i> , <i>Polygonum viviparum</i>)
B16	islandzka tundra krzewiasta (krzewinkowa)	Zbiorowiska budowane przez: <i>Empetrum hermaphroditum</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>V. myrtilus</i> , <i>Loiseleuria procumbens</i> , <i>Betula nana</i> , <i>Salix</i> spp., <i>Arctostaphylos uva-ursi</i> , <i>Dryas octopetala</i> , lokalnie z udziałem: <i>Kobresia myosuroides</i> , <i>Juncus trifidus</i> , <i>Carex bigelowii</i> , <i>Agrostis canina</i> , <i>Festuca vivipara</i> , <i>Anthoxanthum odoratum</i> , <i>Polygonum viviparum</i>
B34	islandzka tundra górska	Zbiorowiska z udziałem roślin zielnych: <i>Cerastium acaulis</i> , <i>C. alpinum</i> , <i>Saxifraga oppositifolia</i> , <i>S. caespitosa</i> , <i>Poa alpina</i> , <i>Polygonum viviparum</i> , <i>Carex bigelowii</i> i rozproszonymi krzewinkami <i>Salix herbacea</i> . Występują tu także porosty o plechach skorupiastych i listkowatych z rodzajów: <i>Lecidea</i> , <i>Rhizocarpon</i> , <i>Stereocarpon</i> , <i>Umbilicaria</i> , mchy: <i>Rhacomitrium</i> , <i>Polytrichum</i> i wątrobowce, np. <i>Pohlia</i>
B35	islandzka rozproszona górska roślinność pionierska	Zbiorowiska z udziałem <i>Cerastium alpinum</i> , <i>Oxyria digyna</i> , <i>Cardaminopsis petraea</i> , <i>Leymus arenarius</i> na młodych glebach morenowych, młodych skałach wulkanicznych i spływach lawy
S17	islandzkie torfowiska przejściowe	Zbiorowiska z <i>Carex nigra</i> , <i>C. chordorrhiza</i> , <i>Trichophorum caespitosum</i> subsp. <i>caespitosum</i> , <i>Eriophorum scheuchzeri</i> , <i>Calliergon giganteum</i> , <i>Sphagnum teres</i> , <i>S. papillosum</i> , <i>S. warnstorffii</i>
S22	niewielkie islandzkie torfowiska niskie	Zbiorowiska z udziałem turzyc i mchów brunatnych: <i>Carex bigelowii</i> , <i>Drepanocladus exannulatus</i> , <i>Warnstorffia tundrae</i> , <i>Scorpidium scorpioides</i>
C7	islandzkie lasy brzożowe	Lasy z <i>Betula pubescens</i> , <i>B. pubescens</i> subsp. <i>czerepanovii</i> , z runem, w skład którego wchodzi: <i>Geranium sylvaticum</i> , <i>Rubus saxatilis</i> , <i>Galium boreale</i> , <i>Equisetum pratense</i> , <i>Deschampsia flexuosa</i> ; lokalnie z udziałem niskich krzewów i krzewinek: <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>V. myrtilus</i> , <i>Empetrum nigrum</i> , <i>Arctostaphylos uva-ursi</i> ; miejscami podmokłe, z udziałem: <i>Angelica sylvestris</i> , <i>Geum rivale</i> , <i>Filipendula ulmaria</i>
C8	islandzkie zarośla brzożowe	Zarośla z brzożą (<i>Betula pubescens</i> subsp. <i>czerepanovii</i>), z udziałem niskich krzewów i krzewinek: <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Empetrum nigrum</i> , <i>Arctostaphylos uva-ursi</i> , <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Betula nana</i> , <i>Salix lantana</i> ; lokalnie w runie: <i>Geranium sylvaticum</i> , <i>Rubus saxatilis</i> , <i>Equisetum pratense</i> , <i>Deschampsia flexuosa</i> , <i>Luzula multiflora</i>

wotne”, „pionierskie” i „wtórne” (por. BERNHARDT 1986).

Powierzchnia lawy nie jest jednolita, w trakcie zastygania formują się pęcherze, szczeliny, zagłębienia i uwidacznia się mikromorfologiczne zróżnicowanie pól lawowych. Na nagiej lawie, w miejscach bardziej eksponowanych, skąd wiatry i deszcze stale usuwają materię organiczną, osie-

dlanie się roślin jest ekstremalnie trudne. Udaje się to głównie rozprzestrzenianym przez wiatr gatunkom kryptogamicznym: niektórym skorupiastym i krzaczkowatym porostom (odpowiednio z rodzajów: *Lecidea*, *Stereocaulon*) i petrofitycznym mszakiem (np. z rodzajów *Andeaea*, *Grimmia*), typowym dla „pierwotnego” stadium sukcesji. Na nagiej lawie formuje się zbiorowisko



Ryc. 3. Islandzkie naturalne lasy i zarośla zdominowane przez brzozę omszoną (fot. Zofia Dubicka).

Andeaea-Stereocaulon. Z czasem pojawiają się bardziej „wymagające” gatunki mchów (np. *Rhacomitrium canescens*) i tylko pojedyncze rośliny nasienne, np. kostrzewa *Festuca richardsonii*. Jest to kolejny etap, w którym jednak ciągle dominują kryptogamy, a pokrycie jest rzędu 20–40%.

Natomiast w szczelinach i w zacisznych wilgotnych zagłębieniach, gdzie materia organiczna ma większe szanse się gromadzić, z czasem, stopniowo formuje się gleba. Jak wskazują badania (CUTLER i współaut. 2008), już w ciągu 20 lat, oprócz mchów (tworzących „bezpieczne miejsca”, m.in. udziałem gatunków *Rhacomitrium*), pojawiają się drobnoulistne trawy, np. *Festuca richardsonii*, *F. vivipara*, mietlica rozłogowa *Agrostis stolonifera* i krzewinki: bażyna obupłciowa *Empetrum hermaphroditum* czy wierzba *Salix lanata*. Ogólne pokrycie osiąga 100%, a z czasem zaznacza się wyraźna dominacja krzewinek (80%). Na starszych partiach lawy formuje się zatem mozaika roślinności odzwierciedlająca mikrotopografię i pedogenezę.

Badano także odporność na oddziaływanie wulkanów naturalnych zbiorowisk leśnych i zaroślowych, zwłaszcza tych położonych w większej odległości od wulkanu, a więc niszczonych pośrednio. Okazało się, że w zbiorowiskach leśnych „rany szybciej się zablizniają”, a ich zdolność do regeneracji jest stosunkowo duża. I tu warto jeszcze poruszyć problem lasów na Islandii.

Islandia to kraj wyjątkowy pod względem przyrodniczym i krajobrazowym. Do cech wyróżniających tę wyspę należy obecnie bardzo niska lesistość. W Europie jedynie Malta ma niższy udział procentowy powierzchni leśnej.

Dziś naturalne lasy i zarośla Islandii (Ryc. 3) budowane są głównie przez brzozę omszoną (*Betula pubescens*, *B. pubescens* subsp. *czerepanovii*), z udziałem topoli osiki (*Populus tremula*) i jarzębu pospolitego (*Sorbus aucuparia*). Ze względu na trudne warunki, drzewa powoli przyrastają na wysokość, pnie są powykręcane, a systemy korzeniowe dość płytkie. Lasy brzozowe pokrywają na Islandii około 1300 km². Stanowi to około 1% powierzchni kraju oraz około 3% jego nizinnej części (położonej poniżej 400 m n.p.m.). Uważa się, że 90% powierzchni lasów Islandii zostało zniszczonych w trakcie rozpoczętej od IX w. kolonizacji (według szacunków, w momencie pojawienia się osadników leśnistość wyspy wynosiła 24–40%). Do przyczyn niskiej lesistości należą: dość surowe warunki klimatyczne, odlesienie w wyniku wypalania i wycinki lasów, eksploatacji rud darniowych i intensywnego wypasu owiec (FRIDRIKSSON 1987). W efekcie drastycznie ograniczono powierzchnię naturalnych lasów i zarośli brzozowych i uruchomiono, zwłaszcza w pobliżu osad ludzkich, katastrofalną erozję płytkich gleb wulkanicznych.

Lasy występują głównie w pasie wzdłuż wybrzeża, na obszarach nizinnych i w dolinach rzek. Są to na ogół niewielkie, luźne zadrzewienia lub zarośla; w 80% okazy brzozy są wielopienne, poniżej 2 m wysokości (FRIDRIKSSON 1987). Zwarte kompleksy leśne występują rzadziej. Największy z nich, Hallormsstaðarskógur, położony jest w północno-wschodniej części kraju, ma powierzchnię 74000 ha, z czego ponad 1/3 podlega ochronie ścisłej.

Problematyka dotycząca lasów Islandii jest u nas mało znana, a zagadnienie odbudowy lesistości w strefie tundry, dość kontrowersyjne. Dotyczy to, zwłaszcza podatnych na gradacje, monokultur obcych gatunków drzew, które zaczęły się pojawiać na Islandii od 1899 r. Znacznie aktywniej sadzono obce gatunki drzew w latach 50. XX w. Jako gatunki lasotwórcze i ograniczające erozję, upowszechniły się wówczas: modrzew rosyjski (*Larix sukaczewii*), świerk sitkajski (*Picea sitchensis*), świerk Engelmanna (*P. engelmannii*), świerk pospolity (*P. abies*), topola alaskańska (*Populus trichocarpa*).

Od lat 90. postuluje się zmianę podejścia (TRAUSTASON i SNORRASON 2008) — pozostawienie powierzchni, gdzie bez prze-

szkód mogłaby przebiegać naturalna sukcesja lasów brzożowych. Protokół z Kyoto ratyfikowany przez Islandię w 2004 r. nakłada obowiązek zwiększenia lesistości kraju do 5%. Dziś jest szansa, by regenerujące zbiorowiska leśne i zaroślowe składały się

przede wszystkim z rodzimych gatunków drzew.

Autorka serdecznie dziękuje Pani Zofi Dubickiej za możliwość wykorzystania zdjęć

VOLCANIC ACTIVITY IN ICELAND AND THE NATURAL AND ANTHROPOGENIC VEGETATION IN THE TUNDRA ZONE

Summary

The paper describes the natural conditions in Iceland. Its landscape is shaped by volcanic activity. The vegetation covers only 25% of the area and is dominated by subarctic communities, mainly tundra. Woodlands and shrub occupy only 1% of the territory of the island. The original vegetation is destroyed during the volcanic eruptions and slowly recovers

in the process of primary succession. Human activity (since the 9th c.) has a significant impact on the fragile subarctic ecosystems. Agricultural use leads to erosion on a large scale. Planting of alien species of trees would prevent erosion. However, since the 1990s, the restoration of the native birch forest cover has been recommended.

AKTYWNOŚĆ WULKANÓW W ISLANDII A NATURALNA I ANTROPOGENICZNA ROŚLINNOŚĆ W STREFIE TUNDRY

Streszczenie

Islandia, obszar najbardziej aktywny sejsmicznie w Europie, położony jest w strefie ryftu, na granicy płyt tektonicznych eurazjatyckiej i północnoamerykańskiej. Krajobraz ukształtowany jest przez działalność wulkanów, zdominowany przez płaskowyż z rozległymi pokrywami lawowymi i tufowymi. Liczbę stożków wulkanicznych szacuje się na 130, w tym wulkanów czynnych w czasach historycznych jest 26 (za najaktywniejszy uważany jest wulkan Hekla). Wybuchy wulkanów na Islandii zdarzają się co 3-4 lata, z tego połowa ma miejsce pod lodowcami. Naturalna roślinność Islandii zdominowana jest przez tundry (głównie mszysto-porostową, krzewinkową i górską), występujące w mozaice z torfowiskami. Lasy i zarośla krzewiaste stanowią zaledwie 1 % powierzchni kraju. Szata roślinna w okolicy czynnych wulkanów jest niszczone, ale z czasem zajmuje nowopowstające siedliska na polach lawowych (por. badania na wyspie Surtsey i na zboczach Hekli).

Islandia jest najpóźniej zasiedlonym regionem Europy. Z czasem, rosnąca populacja przybyszów za-

sadniczy sposób wpłynęła na szatę roślinną, zwłaszcza w południowej, najbardziej zaludnionej części wyspy. Rolnictwo na Islandii rozwija się w skrajnie surowych warunkach i jest szczególnie narażone na skutki aktywności sejsmicznej (np. chmury pyłu powodują ograniczenie fotosyntezy i zagrażają ludziom i zwierzętom hodowlanym, lodowce topniejące podczas wybuchów wulkanów, stwarzają niebezpieczeństwo powodzi). Osadnictwo i rolnictwo zapoczątkowało degradację naturalnych zbiorowisk roślinnych i katastrofalną erozję. Powierzchnia naturalnych lasów i zarośli brzożowych została drastycznie ograniczona. O niskiej lesistości Islandii decydują surowe warunki klimatyczne, a także odlesienia w wyniku wypalania, wycięcia, eksploatacji rud czy nadmiernego wypasu. W połowie XX w. zaczęto prowadzić intensywne zalesienia, sadząc głównie obce gatunki drzew. Jednak od lat 90. postuluje się zmianę podejścia – umożliwienie powrotu lasów i zarośli z udziałem rodzimych gatunków, głównie brzozy.

LITERATURA

- ARNOLDS A., 1987. *Ecosystem disturbance in Iceland*. Arctic Alpine Res. 19, 508-513.
- BERNHARDT K. G., 1986. *Mosaic vegetation characteristics of the prehistoric lava fields of the Hekla Area near Galtaleakur, Iceland*. Folia Geobot. Phytotax. 21, 243-248.
- BOHN U., GOLLUB G., HETTWER CH., 2000. *Karte der natürlichen Vegetation Europas, Maßstab 1:2 500 000. [Map of the Natural Vegetation of Europe. Scale 1: 2 500 000]*. Bundesamt für Naturschutz, Bonn.
- CUTLER N. A., BELYEA L. R., DUGMORE A. J., 2008. *Spacial patterns of microsite colonization on two young lava flows on Mount Hekla, Iceland*. J. Veget. Sci. 19, 277-286.
- FRIDRIKSSON S., 1987. *Plant colonization of a volcanic island, Surtsey, Iceland*. Arctic Alpine Res. 19, 425-431.
- MAGNUSSON B., MAGNUSSON S. H., FRIDRIKSSON S., 2009. *Developments in plant colonization and succession on Surtsey during 1999-2008*. Surtsey Res. 12, 57-76.
- KORNAŚ J., 1985. *Nowe osiągnięcia w geografii roślin*. Wiadomości Botan. 29, 7-18.
- KORNAŚ J., MEDWECKA-KORNAŚ A., 2002. *Geografia roślin*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

PODBIELKOWSKI Z., 1997. *Szata roślinna Ziemi. Wielka Encyklopedia Geografii Świata. T. 7.* Wydawnictwo Kurpisz SC, Poznań.

TRAUSTASON B., SNORRASON A., 2008. *Spatial distribution of forest and woodlands in Iceland in accordance with the CORINE land cover classification.* Icel. Agric. Sci. 21, 39–47.