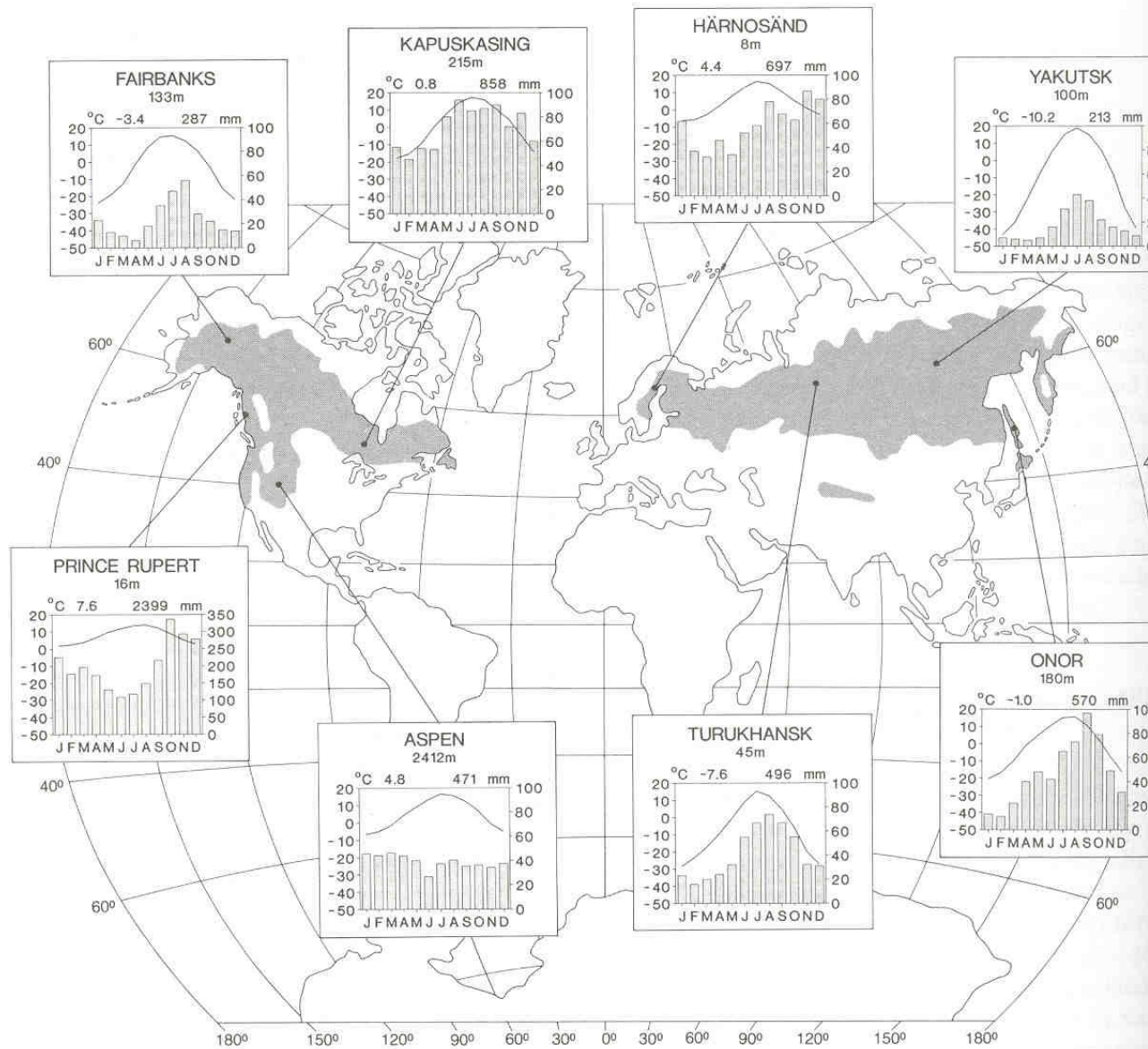


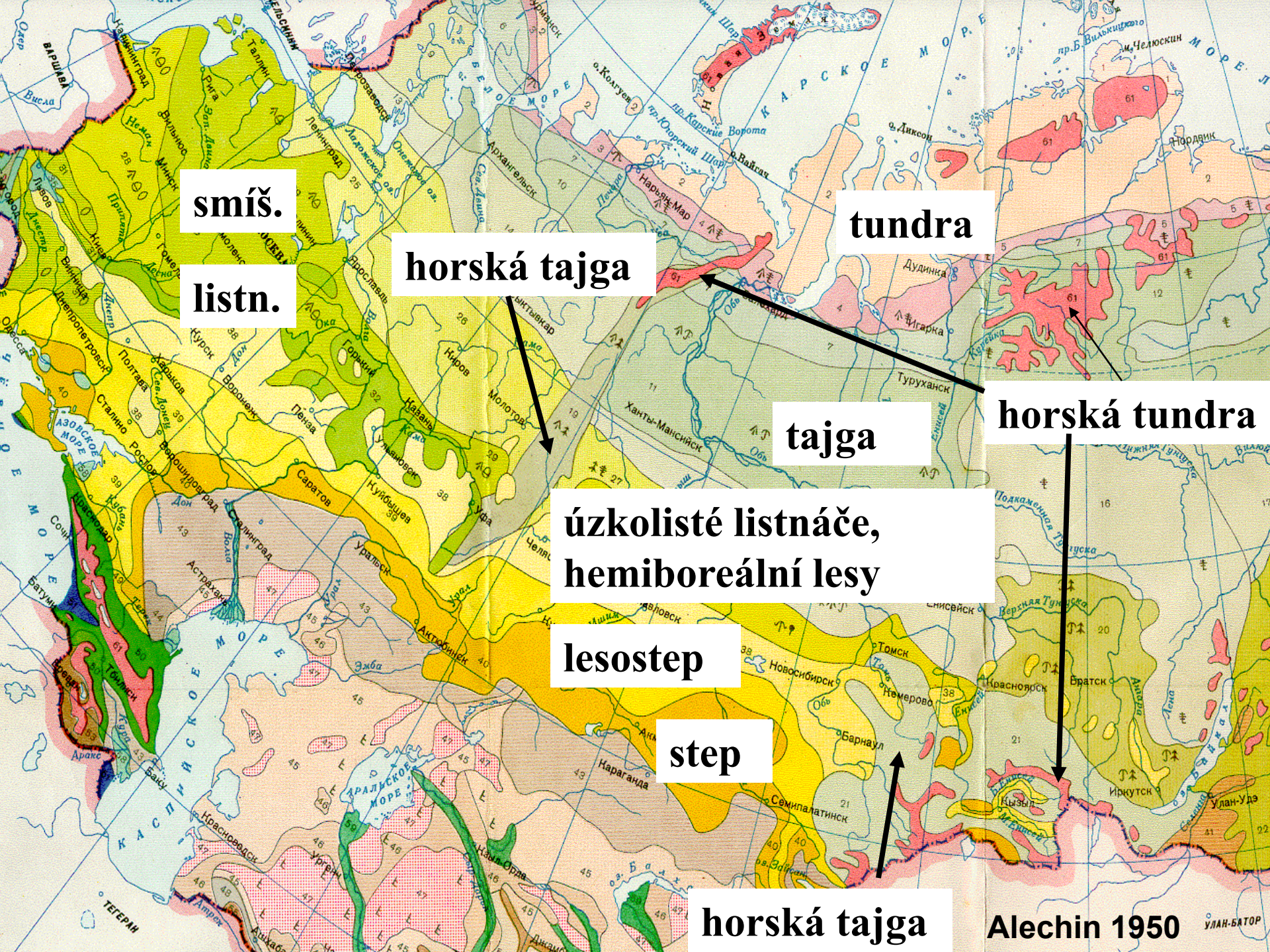
A photograph of a dense forest with tall, thin trees and a mossy ground. The word "Tajga" is written in large green letters on a white background in the center of the image.

# Tajga



Van der Grinten Project

**Figure 8.1** Distribution of coniferous forest and representative climatic conditions. Mean monthly temperatures are indicated and mean precipitation for each month is shown by the bars. Station elevation, mean annual temperature and mean annual p appear at the top of each climograph.



**smiš.**

**listn.**

**horská tajga**

**tajga**

**horská tundra**

**úzkolisté listnáče,  
hemiboreální lesy**

**lesostep**

**step**

**horská tajga**

**Alechin 1950**

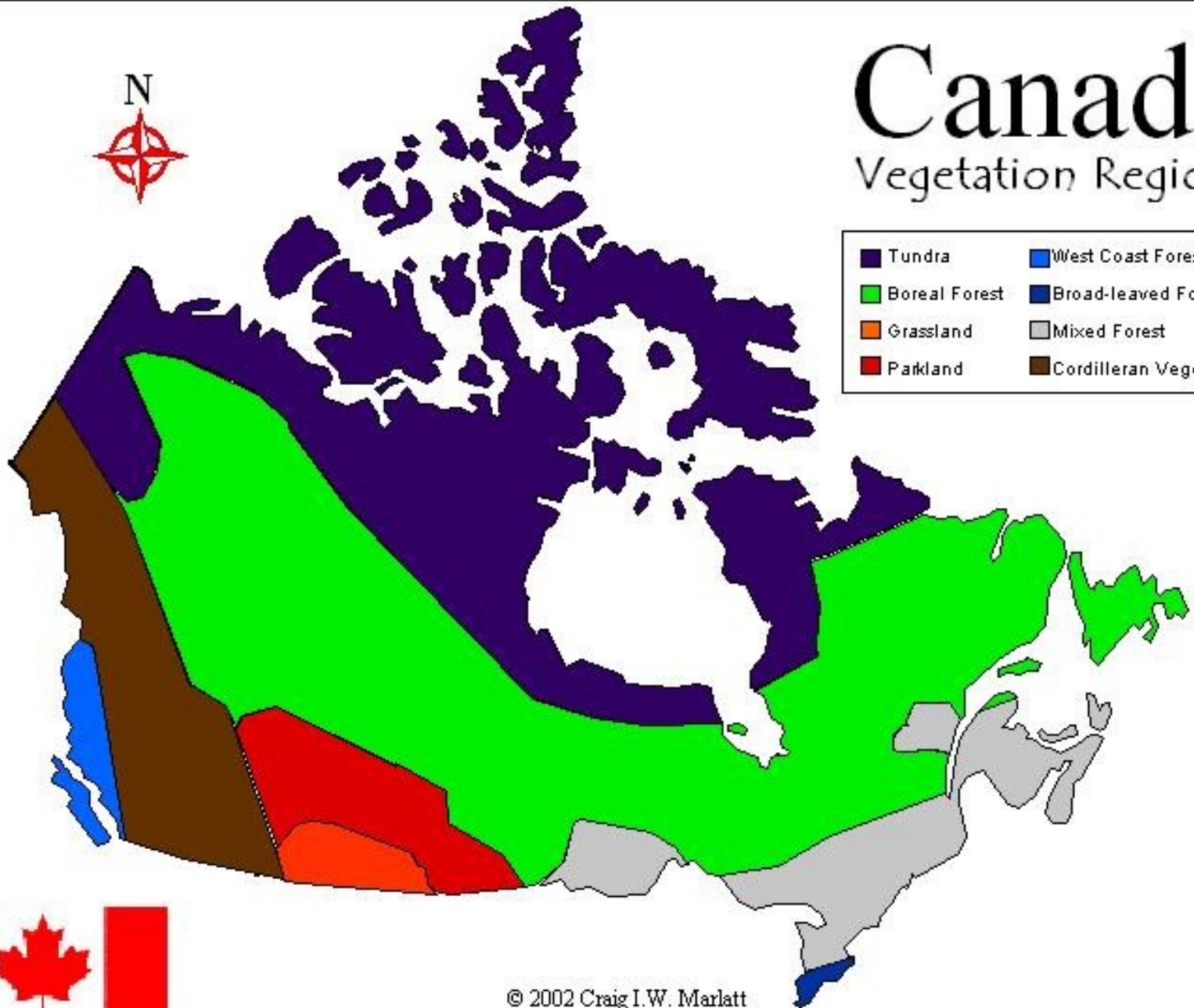
УЛАН-БАТОР

# Canada

## Vegetation Regions



- |               |                        |
|---------------|------------------------|
| Tundra        | West Coast Forest      |
| Boreal Forest | Broad-leaved Forest    |
| Grassland     | Mixed Forest           |
| Parkland      | Cordilleran Vegetation |

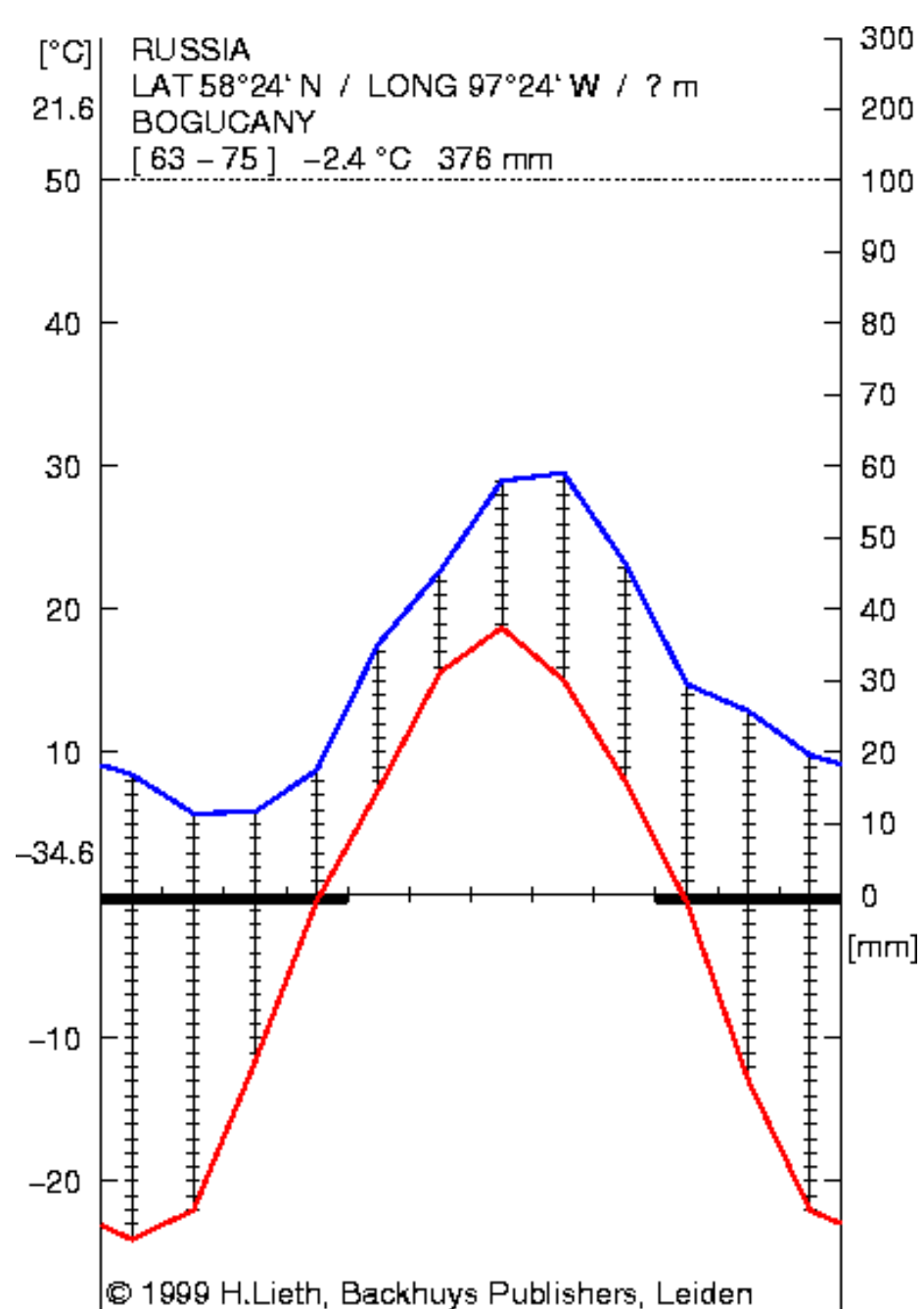
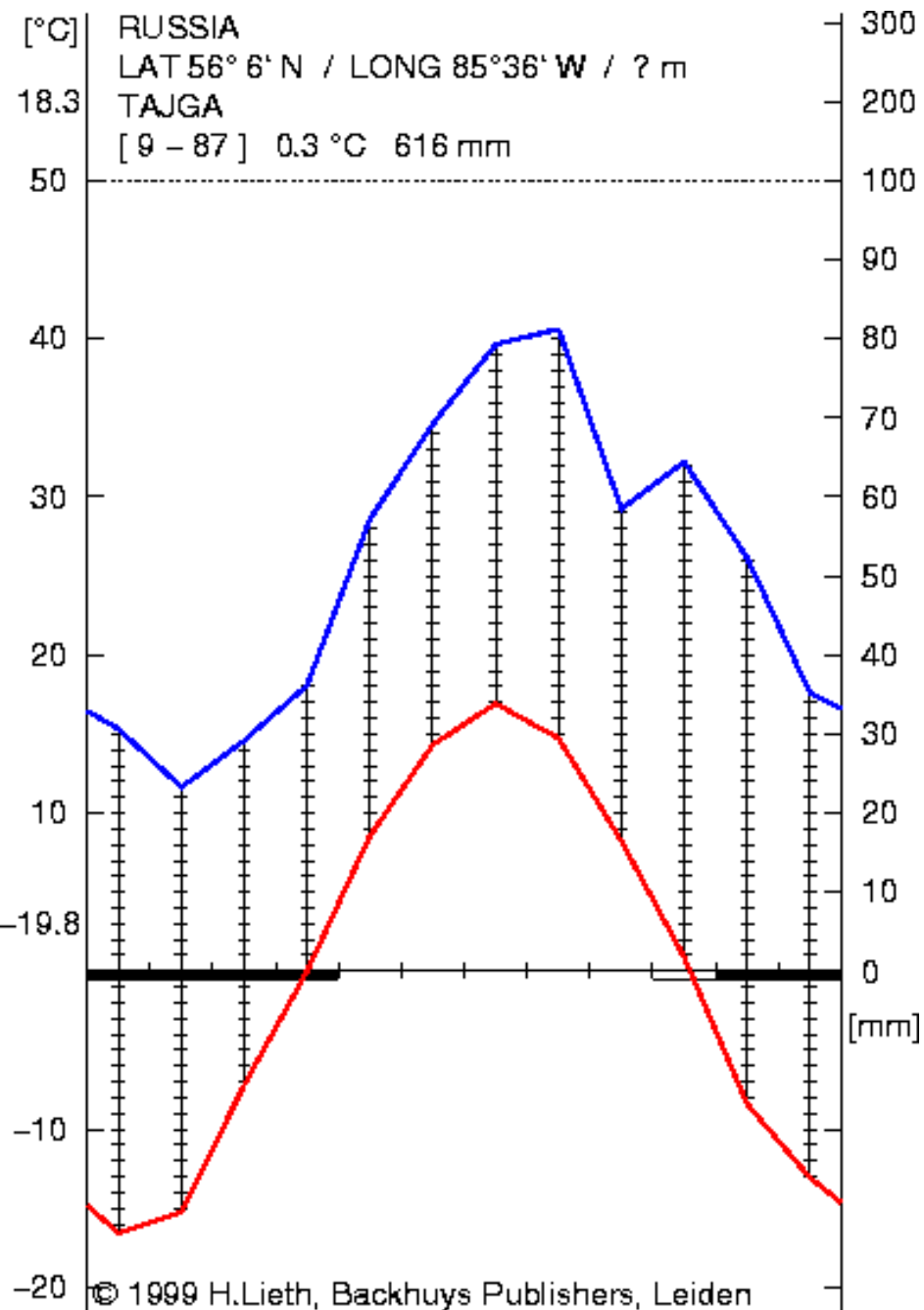


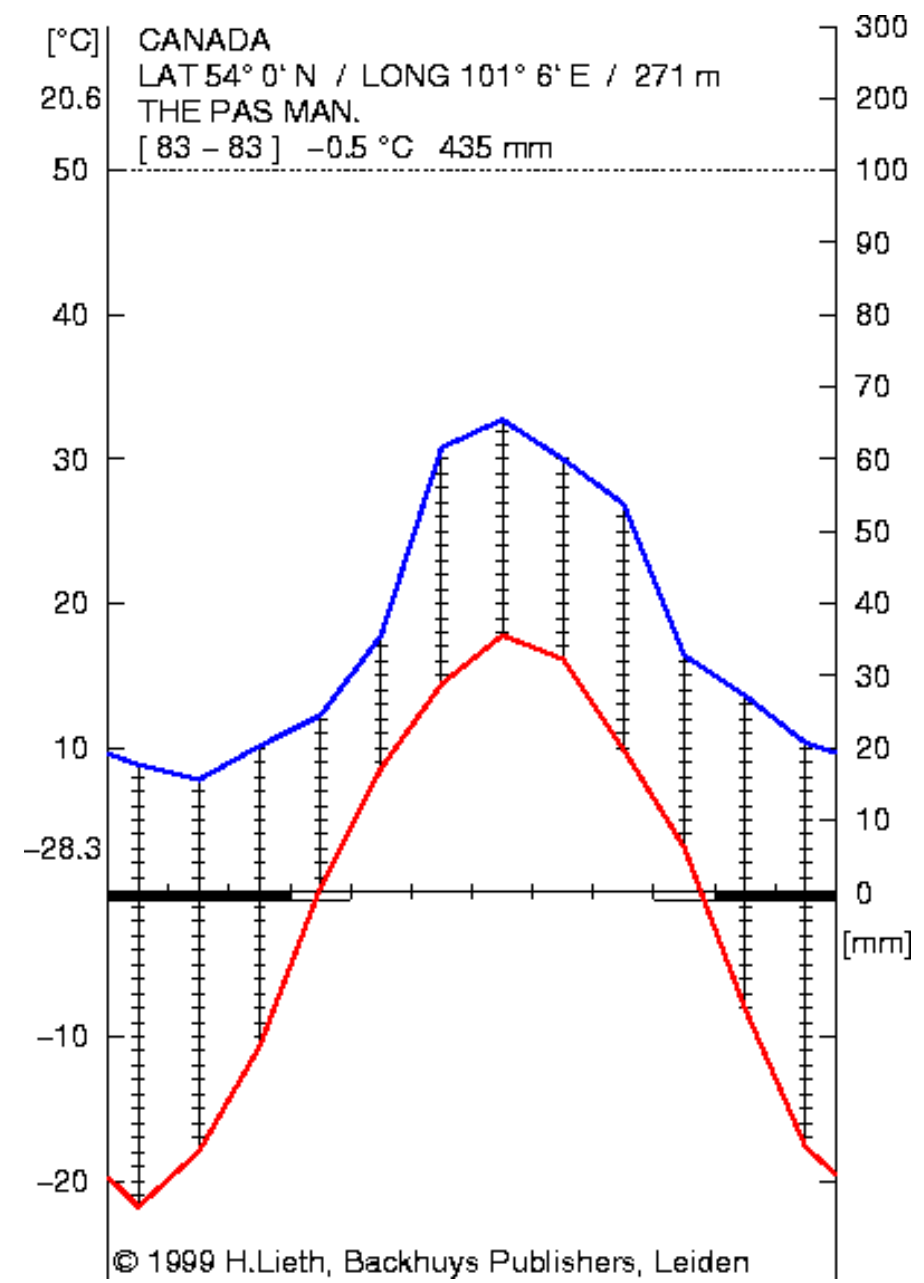
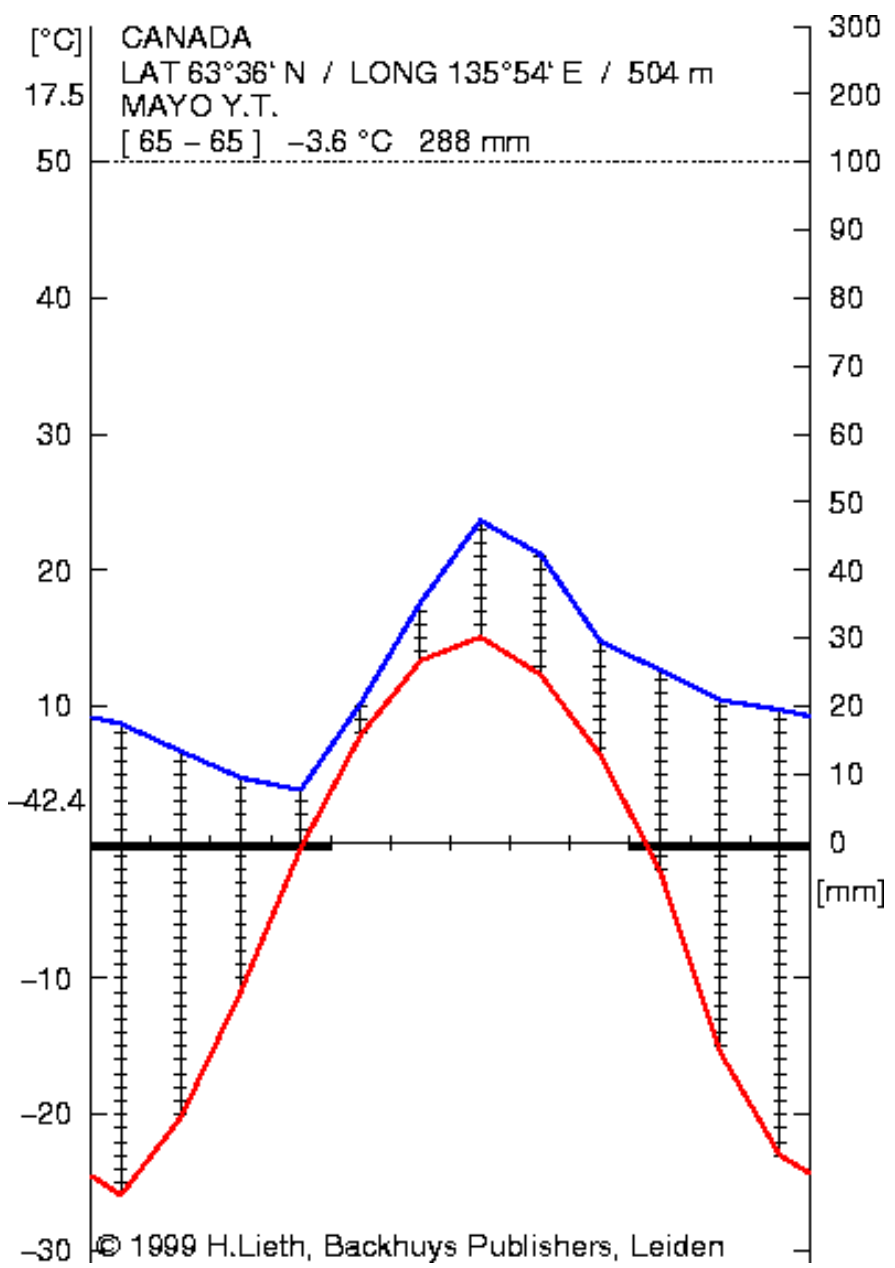
Biom tajgy je vždy na západě posunut severněji. Příčinou jsou teplé mořské proudy (Golfský proud), ovlivňující klima v oceanických oblastech. Příklady: Aljaška, Norsko

Mezi tajgou a opadavým lesem vzniká přechodná **boreo-nemorální zóna**.

Ve středním Švédsku bylo zjištěno, že opadavé stromy dominují na plochách, které byly v minulosti prokazatelně obhospodařovány (mladá sukcesní stadia).

Na jižní polokouli tajga není (nebo jen fragment v jižním Chile), protože v příslušných zeměpisných šířkách kolem 60° C se nenachází žádná pevnina.





# Klima

- chladná část mírného pásu: severní hranici určuje izoterma průměrných teplot nejteplejšího měsíce  $10^{\circ}\text{C}$ ., jižní hranice je dána počtem 120 dnů s teplotou nad  $10^{\circ}\text{C}$  (měsíce s teplotou nad  $10^{\circ}\text{C}$  jsou max. 3-4). **Platí to i pro azonální horskou tajgu.**
- na kontinentu ovlivnění suchými chladnými polárními vzdušnými masami: listnatý les zatlačen víc na jih (jz.) než v Evropě.
- v létě průměr  $15\text{-}20^{\circ}\text{C}$ , v zimě teploty klesají až na  $-30^{\circ}\text{C}$ , amplituda teplot až  $100^{\circ}\text{C}$  (Oymyakon  $-71^{\circ}\text{C}$ ). 6-9 měsíců v roce je t pod  $6^{\circ}\text{C}$ . Pouze 50-100 bezmrazových dnů.
- delší délka dne v létě (kompenzace chladu)
- teploty nad  $10^{\circ}\text{C}$ : 30 dní na severu, 120 dní na jihu
- Srážky ca  $500\text{ mm/ročně}$  (ale malá evapotranspirace). Velký rozsah ( $200\text{-}2500\text{ mm}$ ). Maximum srážek v létě, v zimě asi 1 m sněhu. **Horská tajga má vyšší úhrn srážek, včetně horizontálních.**



# Půdy

## Spodosoly

**podzoly:** A+E+B+B/C+C. Podzolizace: typ eluviace, posun sloučenin Fe a Al, spolu s organickými látkami. Jsou kyselé, bez kationtů, bez živin, často s permafrostem (1-1,5 m hluboko).

## Entisoly

**regosoly:** mladé, nepříliš mocné půdy (rankery)

**arenosoly**

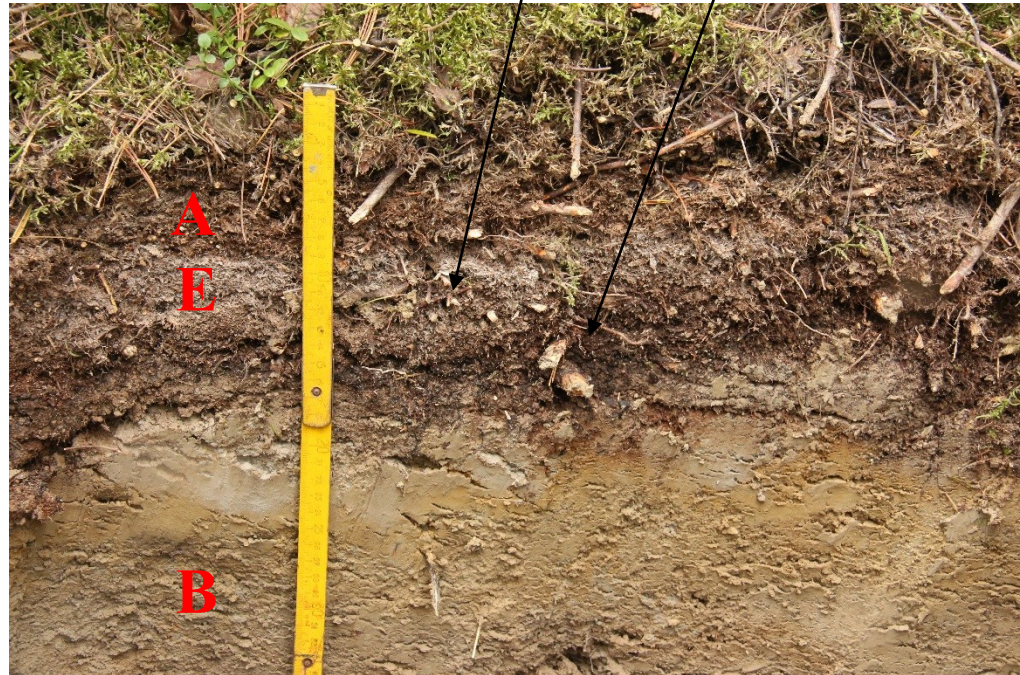
**zrašelinělé půdy** - biot se geograficky prolíná s azonálním biotem rašelinišť (přechody: lagg, rašelinné bory).

# podzoly



myceliová vrstva

uhlíky



Častá disturbance: přemíst'ování půdních vrstev při vývratech stromů (**arboriturbace**) nebo převrstvení půdy svahovinami při lavinách (horská tajga).



# Dominanty

## Boreální zóna EURASIE

*Picea abies, P. obovata, Abies sibirica, Larix sibirica, Pinus sylvestris, Betula, Sorbus, Alnus, Populus*



*Vaccinium myrtillus, V. vitis-idaea, Oxalis acetosella, Maianthemum bifolium*

**mechy, lišejníky, kapradiny**

# Dominanty

**Boreální zóna SEV. AMERIKY**

*Picea glauca, P. mariana, Larix laricina,  
Abies balsamea, Betula, Populus, Alnus*

## Horský jehličnatý les

**Evropa - to známe**

**Kontinentální Asie - *Larix dahurica, Pinus pumila, Abies gracilis, Betula ermanii***

**Severní Amerika - *P. glauca, Pinus contorta, Abies lasiocarpa***

*Picea mariana*



# Dominanty

**Východní Asie** (Japonsko): jehličnatý les na kontaktu s opadavým lesem.

Japonský cedr *Cryptomeria japonica* →

*Abies homolepis*, *A. firma*, *Tsuga sieboldii*,

*Chamaecyparis*, *Thuja*, *Thujopsis*.

Velmi vzácně borovice (hory jv. Asie, Jáva)



**Jižní polokoule** – fragmenty: araukariové lesy v horách jižního Chile a na Novém Zélandě s nejasným postavením v rámci biomů; někdy se řadí k samostatnému biomu vždyzelených lesů teplé temperátní zóny. Též se vyskytuje *Podocarpus*. *Araucaria* a *Podocarpus* jsou známy jako fosilní z třetihor z Evropy.

# Vegetační zonace

1. Ekoton tajga/tundra. Vegetativní množení smrku.
2. Otevřený boreální les
3. Boreální les
4. Ekoton boreální les/listnatý les na z. od Uralu **NEBO**

Hemiboreální les na v. od Uralu

# Fyziognomie

- hustá smrčina, beze světla v podrostu
- řídký bor
- opadavý modřínový les

# Dynamika

- 1 cyklus obnovy v tajze trvá asi 250-300 let
- struktura gapů podobná pralesům (ale pomalejší dekompozice)
- požáry

# Vliv hub

Ekologická role bazidiomycetů:

- dekompozice
- mykorrhizy



Огонь пожирает красноярскую тайгу



# ТЕМНОХВОЙНАЯ ТАЙГА

tmavá tajga



<http://ru.wikipedia.org/>



*Abies sibirica*

*Dryopteris expansa*





*Bergenia crassifolia*



*Plagiothecium undulatum*

## Druhy boreálních lesů



*Linnaea borealis*

# Alberta, Kanada





*Aquilegia canadensis*

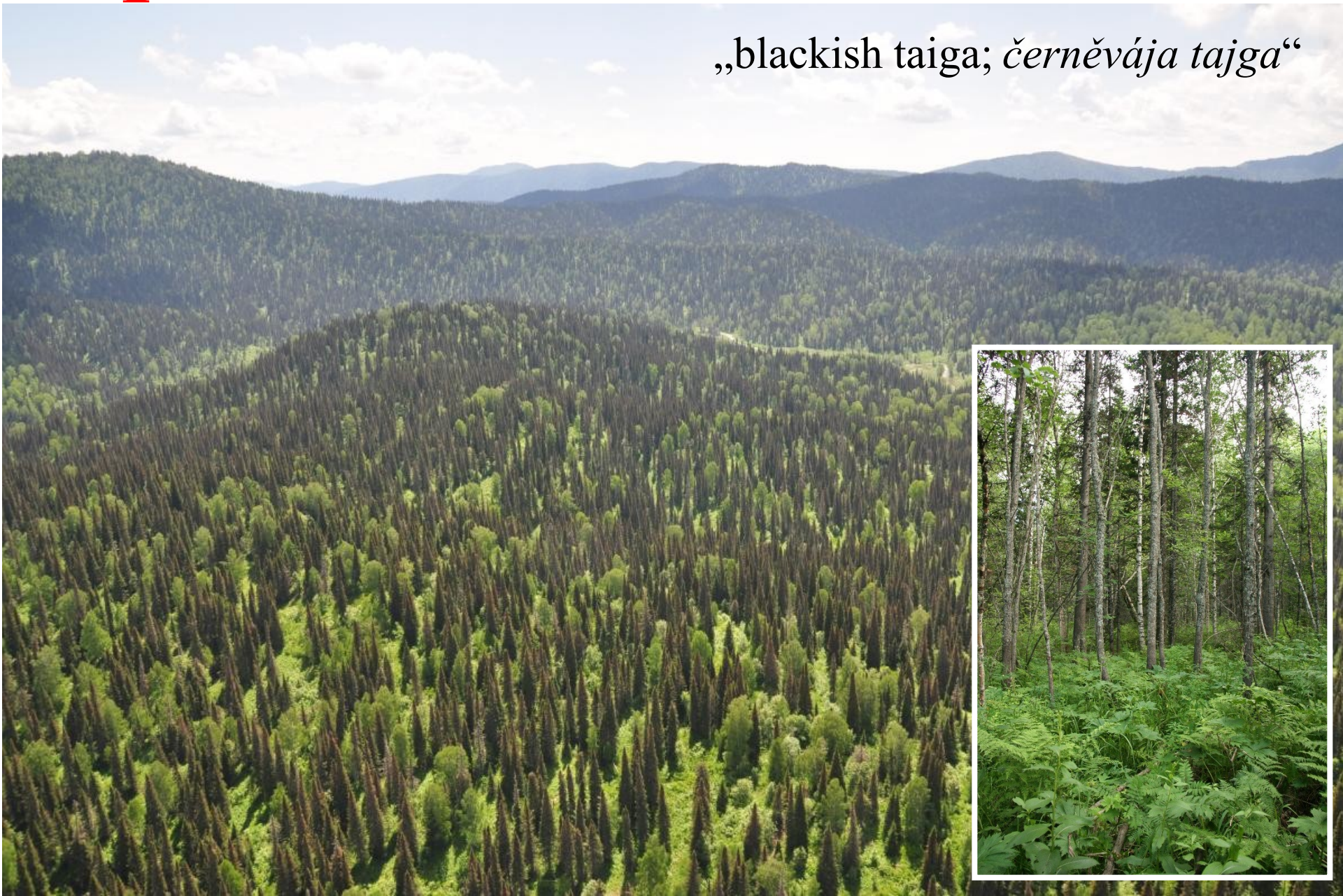
*Cornus canadensis*





# Черневая тайга

„blackish taiga; *černěvája tajga*“



- \* Humidní na návětrných svazích hor, hodně sněhu
- \* Převládá *Abies sibirica* a vysokobylinný podrost (*krupnotrávie*)
- \* Málo *Vacciniaceae*
- \* Na kontaktu s bory je požárová dynamika, která skrz vysokobylinný podrost podporuje vegetativně se množící druhy (osika)



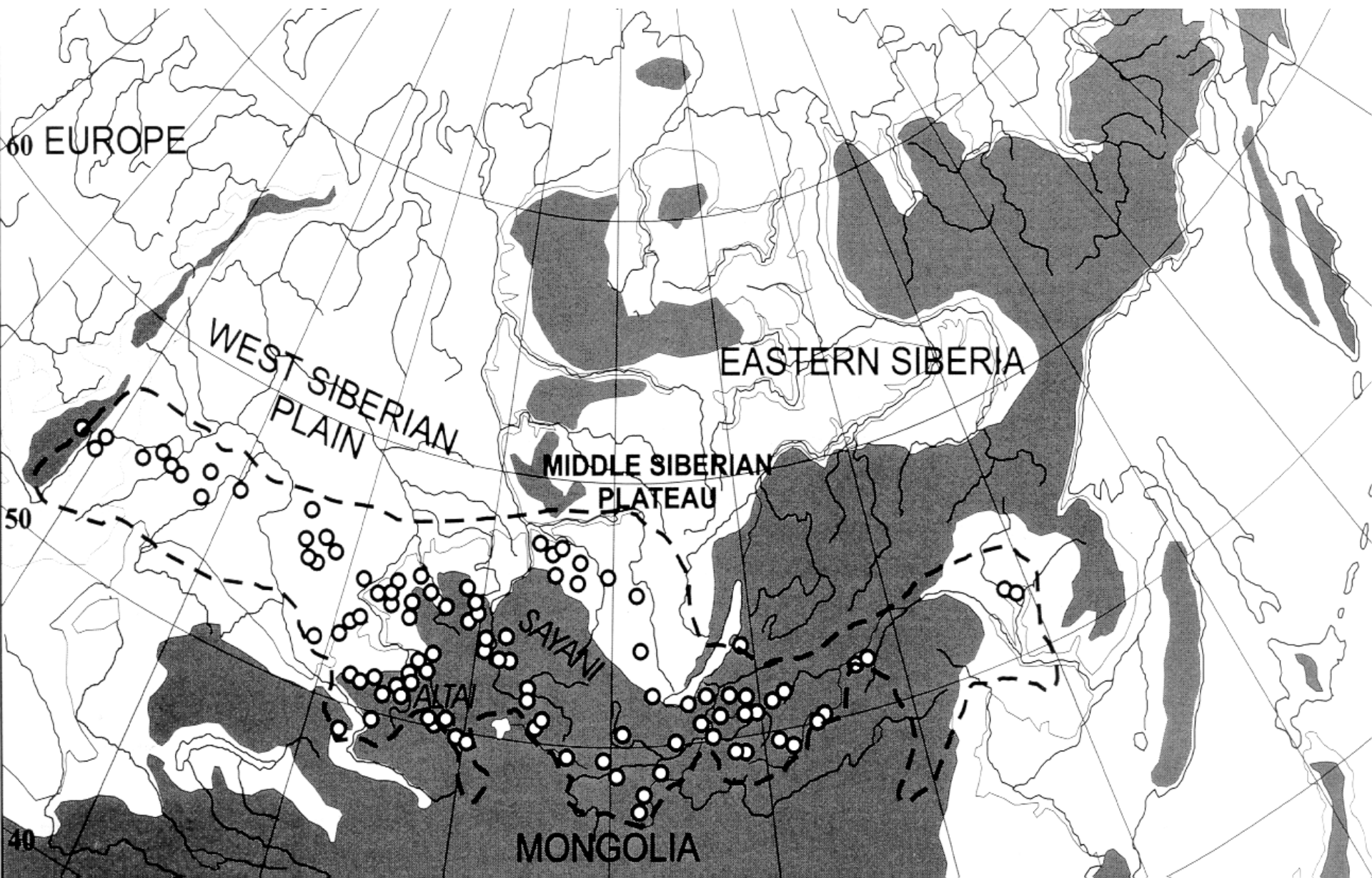
výška sněhu?

Výzkum „lipového ostrova“ u Novokuzněcku

V současnosti rozsáhlá selektivní těžba jedle (IKEA),  
vznikají rozsáhlé březové nebo osikové lesy s  
vysokobylinným podrostem a zmlazující jedlí.



# Hemiboreální lesy



# Hemiboreální lesy

- boreonemorální zóna na kontaktu s listnatými lesy nebo stepí
- Světlé lesy, dominuje modřín nebo borovice, v raných stadiích bříza
- druhově bohatý podrost, podobný našim subkontinentálním doubravám nebo bělokarpatským loukám; druhy u nás ohrožené, vzácné a disjuktní



# Hemiboreální lesy



**Rané sukcesní stádium s břízou**

# Hemiboreální lesy



**Vlhký aluviální hemiboreální les**

# Hemiboreální lesy



*Aconitum septentrionale*



# Hemiboreální lesy



*Paeonia anomala*

# Hemiboreální lesy



*Rubus saxatilis*

# Hemiboreální lesy

V březových a borových hemiboreálních lesích na jižní Sibiři se běžně vyskytuje kolem 100 druhů cévnatých rostlin v podrostu. Jsou to asi druhově nejbohatší lesy mírného pásma.



*Galium boreale*



## Další příklady druhů hemiboreálních lesů

*Serratula coronata*



*Aconitum krylovii*



# Hemiboreální lesy

V osídlených oblastech vznikly sekundární trávníky třídy *Festuco-Brometea* na místě původních hemiboreálních lesů



# Bory na písku

Edaficky podmíněné, tedy do značné míry **azonální** (viz Hodonínsko, Borská nížina), zde ovšem v přechodech do rašeliných lesů a pravé tajgy



rašeliniště

**Dutohlávky rozpraskané vlivem sucha**

# Bory na písku



*Cladonia sp. div.* + tajgovo-rašelinné *Ledum palustre*

# Bory na písku



Písek pohlcující rašeliniště s *Empetrum hermaphroditum* po vytežení okolních lesů



# Zonální lesotundra



# Rašelinné lesy

Přechod k azonálnímu biomu  
rašelinišť

vrchovištní bor: jižní Sibiř, Altaj,  
Seminský průsmyk

*Picea obovata*

*Pinus sibirica*

*Larix sibirica*

*Sphagnum fuscum*

*Ledum palustre*



# Rašelinné až vrchovištní lesy

Jižní Sibiř, Altaj, Seminský průsmyk, *Sphagnum wulfianum*



## **Rašelinné až vrchovištní lesy**



# Rašelinné až vrchovištní lesy

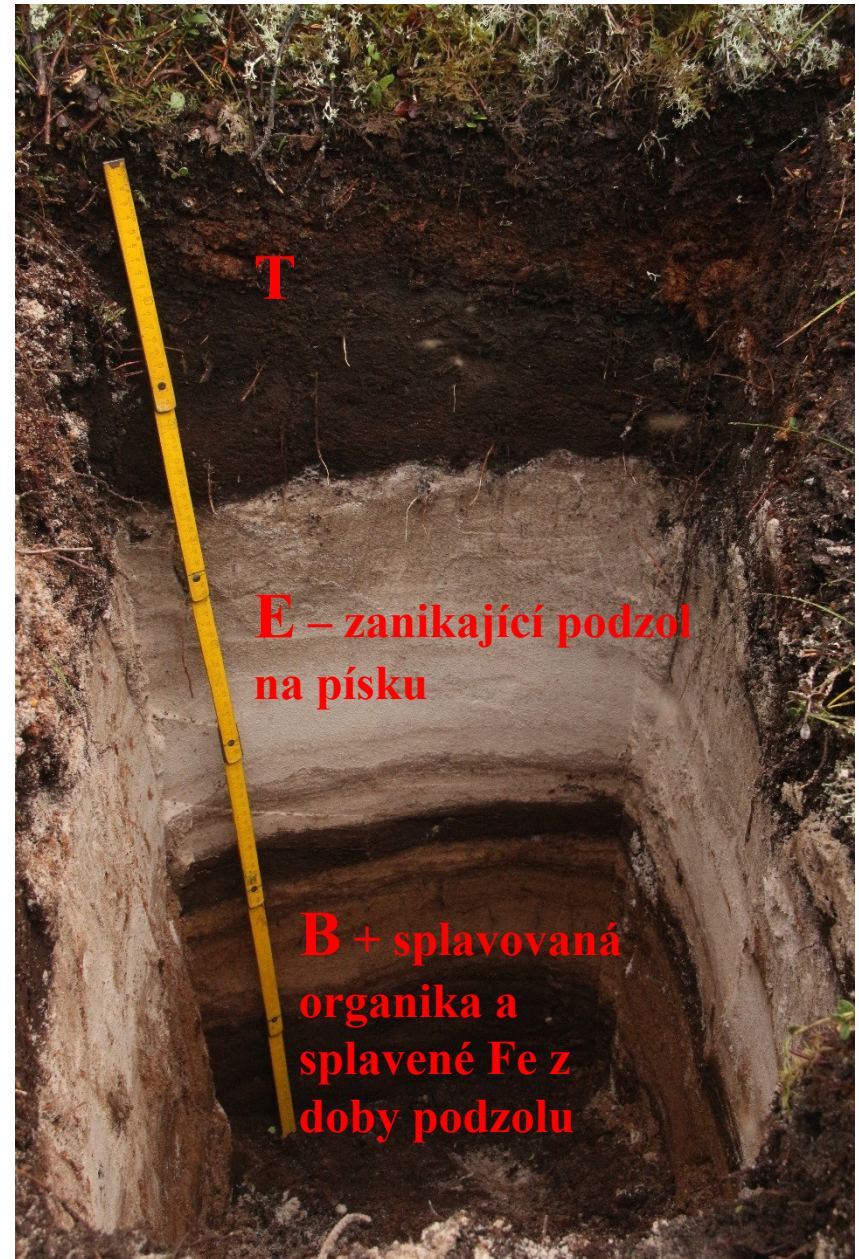


# Paludifikace borové tajgy



rašeliniště

# Důkaz paludifikace pomocí půdního profilu



# **(Azonální) rašelinné vrbové křoviny**

Jižní Sibiř, Altaj, Seminský průsmyk





# Ekologické faktory

- mráz
- permafrost
- nedostatek světla v podrostu
- chladné léto, sucho (v zimě zmrzlá půda. Některé typy suché i v létě)
- pomalá dekompozice
- požáry
- vítr: vývraty, polomy
- krátká vegetační sezóna (adaptace: vždyzelenost podrostu pod sněhem)

Extremita faktorů podmiňuje formování **hranice lesa** - jak zonální hranice mezi biomy, tak i hranice lesa v závislosti na nadmořské výšce.

# Ekofyziologické adaptace

- jehlice jsou odolnější vůči mrazu než jiné typy listů
- silně xeromorfní stavba jehlic, zanořené průduchy, silná kutikula.
- opadavé jehlice: v oblastech s extrémními mrazy převládají opadavé modříny. Jsou výhodné též při nástupu tepla když je půda ještě zmrzlá.
- menší účinnost fotosyntézy je vyrovnána delším obdobím kdy probíhá - často i v zimě. Biom tvoří C3 rostliny s nejvyšší účinností fotosyntézy při 10-20st.
- slunné a stinné jehlice
- regulace stomatální aktivity: u některých druhů popsáno, že zavírají své průduchy okamžitě poté co noční teloty klesnou pod bod mrazu.

# Produkce a biomasa

Biomasa 60-400 t/ha

Produkce 4-20 t/ha

R:S 0.6

Mělký kořenový systém stromů kvůli permafrostu a kopmetici o živiny s podrostem (zvláště smrk).

## Výška stromů *Picea abies* na gradientu sever-jih:

<b>severská tajga</b>	<b>15-17 m</b>	<b>pokr. 40-50%</b>
<b>střední tajga</b>	<b>18-20 m</b>	<b>pokr. 70-80%</b>
<b>jižní tajga</b>	<b>25-27 m</b>	<b>pokr. 70-80%</b>

# Cykly živin

- půdy jsou chudé živinami a jejich fertilita závisí především na rychlosti dekompozice opadu
- jehličnany mají nižší potřebu živin než listnáče (neshazují listy)
- souvislá vrstva mechů a lišejníků brání oteplování půdy (další snížení dekompozice) a odebírá rozpuštěné živiny ještě před tím, než se dostanou ke kořenům.
- 2/3 organického uhlíku je vázáno v nekromase (opadanka, kmeny)
- 90% N je v nepřístupné formě v půdě (včetně opadanky)
- méně organického podílu se akumuluje u horské tajgy - rychlejší dekompozice (teplejší léto, menší pokryvnost mechů a lišejníků)

# Dekompozice opadu

## Kmeny

- staré kmeny leží velmi dlouho, rozkládají se postupně - velká diverzita mechorostů a lišejníků tlejícího dřeva. Houby. Substrát pro cévnaté rostliny - *Linnaea borealis*.

Pomalý rozklad je způsoben vysokým obsahem vody ve dřevě (málo kyslíku pro mikroorg.) a nízkým obsahem živých pletiv - tedy nízkou koncentrací cukrů, škrobů a minerálních živin.

## Jehlice

- rozkládají se až po zvětrání voskového povrchu. Mineralizace často nastane ohněm

# Ekologický význam světla

- boreální vs. hemiboreální les; smrk vs. borovice a modřín
- zapojený les vs. gap



# Vliv ohně





- mineralizace živin
- tvorba prostorové mozaiky
- udržování populací některých druhů (sukcese)
- cyklická požárová sukcese na principu hromadění opadu (nehasit!)







# Strategie pro přežívání disturbance ohněm

**invaders** - světlomilné rostliny, jejichž semena a spory se dobře šíří větrem (*Epilobium angustifolium*)

**evaders** - jsou schopni regenerovat (ze semen) i když jsou všichni jedinci zničeni ohněm. Patří sem byliny a keře a také některé druhy borovic, které shraňují semena v pozdních šiškách.

**avioders** - konifery. Snadno shoří a regenerují jen v případě, že přežijí někteří dospělí jedinci a přinesou semena.

**resisters** - jsou chráněni díky jejich trsnatému habitu, regenerují po ohni vegetativně (*Eriophorum vaginatum*).

**endurers** - oheň nepřežijí, ale obrážejí z podzemních orgánů (*Populus tremuloides*). Hlouběji koření.

# Druhy využívající oheň

Borovice (např. *Pinus banksiana*) vytvářejí tzv. **serotinní šišky**, které vytrvávají v koruně. Otevírají se až když při požáru vyteče pryskyřice – semena na uvolněných místech dobře klíčí. Semena vydrží teplotu až 370 C.



Vysoká teplota ničí inhibující látky nebo shořením celulózy vznikají stimulační oligosacharidy.

Krasec *Melanophila acuminata* vyhledává pomocí receptorů čerstvá požářiště.

# Diverzita

Druhově nechudší lesní biom, s výjimkou:

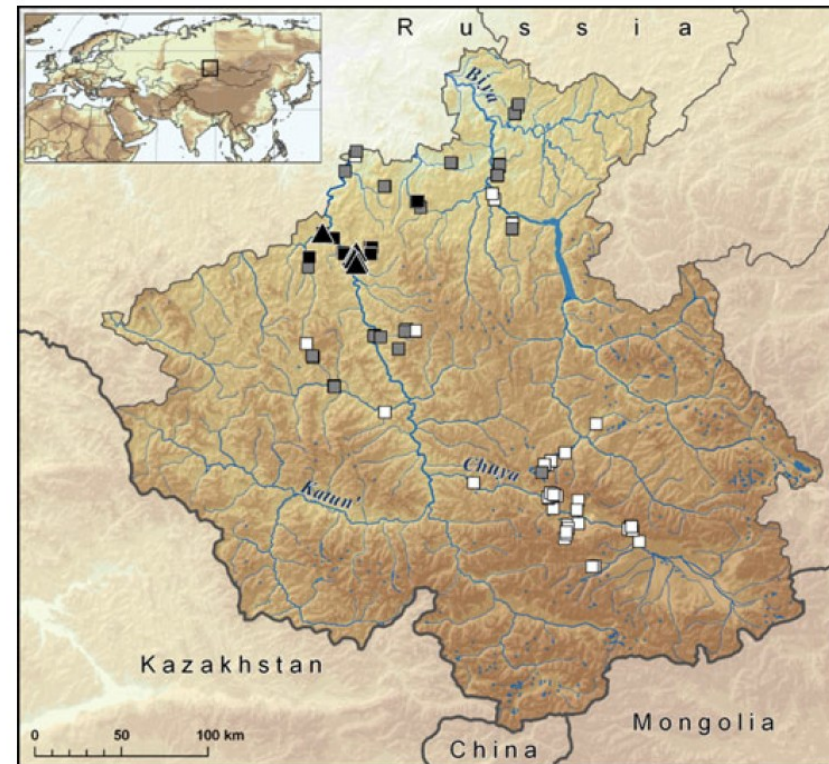
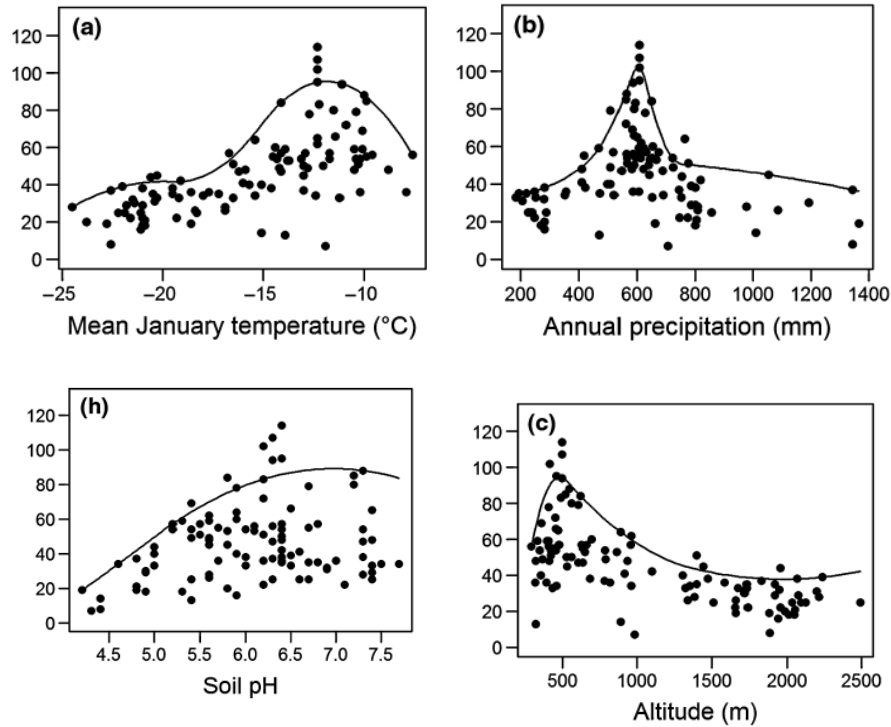
- silně oceanické oblasti na západě Severní Ameriky a nejvýchodnější Asie. Tam je velká bohatost **dřevin**, protože méně druhů vymřelo během glaciálů (trvalá refugia, snažší migrace)
- hemiboreálních lesů s *Pinus sibirica*, *Larix sibirica*, případně břízou. Tam je extrémně velká bohatost **bylin** v podrostu.



*Melanophila acuminata*

## High species richness in hemiboreal forests of the northern Russian Altai, southern Siberia

Milan Chytrý, Nikolai Ermakov, Jiří Danihelka, Michal Hájek, Petra Hájková, Michal Horsák, Martin Kočí, Svatava Kubešová, Pavel Lustyk, Zdenka Otýpková, Barbora Pelánková, Milan Valachovič & David Zelený



Souběh (!) několika faktorů: (1) velký species pool; (2) velká kvarterní stabilita prostředí; (3) heterogenita okolní krajiny (mozaikovitost); (4) lokální podmínky (pH); (5) snížená kompetice (stres, stín, disturbance – zvěř, mrazové pochody)

# Živočichové

**menší potravní nabídka** ve srovnání s opadavými lesy, stepmi a savanami. Často jsou to monofágové. Lepší podmínky jsou na světlinách vzniklých požáry nebo kácením, kde se uplatňují bříza a osika (chutnější listy) a byliny.

**Adaptace barvy srsti** na dlouhé období ze sněhem (zajíc běláček). **Šelmy** – potravní generalisti (vlk, rosomák, medvěd).

**Bergmanovo pravidlo** – na severu jsou živočichové větší (menší ztráty tepla, interakce lovec-kořist) – los je největší jelenovitý; kodiak je největší šelma.

Dále zde žijí např. jelen kabar, veverky (burunduk, urson), bobr, ořešník, křivka. Hodně druhů ptáků, ale jen 10% přezimuje.

Hodně druhů **hlodavců**. Například poletušky (*Glaucomys*) se živí převážně houbami

# Živočichové

**Interakce mezi semenožravými živočichy a rostlinami.** Semenné roky u dřevin – únik z „predačního“ tlaku. Semen je tolik, že nejsou všechny sežrány. Semenné roky přispívají k cykličnosti tajgy.

## Bezobratlí

-listožravý, podkorní a dřevokazný hmyz (mladé jehlice, lýko a dřevo představují zásobu pohotové energie).

- druhově chudá jsou společenstva herbivorního hmyzu (ale velké početnosti).

**Cyklické přemnožení populací** v závislosti na úrodě semen (borovice), plodů (keře), navazují populační cykly predátorů. V **kulturních tajgách chybí sekundární konzumenti** (predátoři), proto nastává **populační exploze** tlumená pesticidy: **populační exploze kůrovce v kulturní tajze Šumavy**

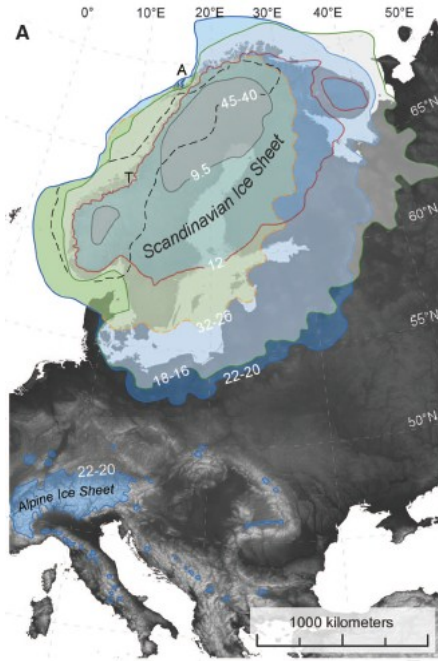
# Historie a vliv člověka

Jehličnany se objevily už koncem karbonu. Biom však dosti migroval (glaciály), proto je spíš druhově chudý.

V době ledové se i u nás (například v Karpatech) vyskytovala tajga s *Pinus cembra*, *Picea cf. obovata*, *Larix*. Izolované populace *P. cembra* zůstaly v Karpatech a Alpách, na Sibiři se diferencovala *P. sibirica*.



**Fig. 1. (A)** Reconstructions of stages in the development of the Scandinavian Ice Sheet 45,000 to 9500 cal. yr B.P. compiled from a range of sources (16) A, Andøya; T, Trøndelag. **(B)** Geographical distribution of mitochondrial mh05 haplotypes A (dark blue circles) and B (red circles) in Norway spruce populations. Size of the circles is proportional to population size (centered white dots indicate populations with  $N < 10$ ; table S1). Arrows suggest postglacial movements of the two haplotypes after the LGM. The olive shading shows the natural range of Norway spruce.



## Glacial Survival of Boreal Trees in Northern Scandinavia

Laura Parducci,<sup>1,2\*</sup> Tina Jørgensen,<sup>2\*</sup> Mari Mette Tollefsrud,<sup>3\*</sup> Ellen Elverland,<sup>4\*</sup> Torbjørn Alm,<sup>4</sup> Sonia L. Fontana,<sup>1,5,6</sup> K. D. Bennett,<sup>7,8</sup> James Haile,<sup>2,9</sup> Irina Matetović,<sup>1,10</sup> Yoshihisa Suyama,<sup>11</sup> Mary E. Edwards,<sup>12</sup> Kenneth Andersen,<sup>2</sup> Morten Rasmussen,<sup>2,13</sup> Sanne Boessenkool,<sup>14</sup> Eric Côté,<sup>15</sup> Christian Brochmann,<sup>14</sup> Pierre Taberlet,<sup>15</sup> Michael Houmark-Nielsen,<sup>2</sup> Nicolaj Krog Larsen,<sup>16</sup> Ludovic Orlando,<sup>2</sup> M. Thomas P. Gilbert,<sup>2</sup> Kurt H. Kjær,<sup>2</sup> Inger Greve Alsos,<sup>4</sup> Eske Willerslev<sup>1†</sup>

Nové důkazy (genetika, makrozbytky) přežívání tajgy na západním pobřeží Norska (mezi mořem a ledovcem)



[ru.wikipedia.org](http://ru.wikipedia.org)

? recentní analogie

**ПЯНЫЕ ЛЕСА**

na permafrostu a ledovcích



Naše staroholocenní světlé „hemiboreální“ jehličnaté tajgy (Larix, Pinus, Betula) – původní biotop dnešních ohrožených druhů rostlin a bezobratlých?



# Historie a vliv člověka

## **Ovlivnění člověkem:**

- Velkoplošné kácení (Sibiř)
- Zvýšení rizika požárů
- Rozšiřování biomu (v přechodných zónách) umělou výsadbou smrku

V důsledku pak menší schopnost biomu sekvestrovat uhlík.

# Vliv velkoplošného kácení - shrnutí

Selektivní odstranění jednoho druhu



Z hlediska diverzity bezobratlých (např. měkkýšů) malé rozdíly vůči pralesům – rozdíl oproti biomu opadavého lesa.....

... za určitých okolností (hyperhumidno, požáry) ovšem podpora některých dřevin nebo změna lesa na řídkoles s „krupnotráviem“



**Efekt lípy**



**Změna krajinné struktury**

**Огонь пожирает красноярскую тайгу**

Větší intenzita požárů