

Dopady globálních klimatických změn na infrastrukturu Jakutska, SV Sibiř

Marek Gougela

Bakalářská práce
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta logistiky a krizového řízení

Ústav environmentální bezpečnosti

akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Marek Gougela**

Osobní číslo: **L12431**

Studijní program: **B3953 Bezpečnost společnosti**

Studijní obor: **Řízení environmentálních rizik**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Dopady globálních klimatických změn na infrastrukturu Jakutska, SV Sibiř**

Zásady pro vypracování:

1. Uvedte základní charakteristiku pojednávané problematiky a její aktuálnost.
2. Provedte rešerši vybraných dostupných publikací na téma degradace permafrostu na SV Sibiři v důsledku klimatických změn a vlivu na životní prostředí / infrastrukturu v Jakutsku.
3. Konkretizujte metodické postupy a vlastní studijní materiál bakalářské práce.
4. Shrňte hlavní výsledky bakalářské práce s důrazem na vlastní interpretaci.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1] Royakova, S., 2013. Assessment of the impact of climate change on transport infrastrukturu in Yakutia. In: Conference Proceedings, Global Warming and the Human-Nature Dimensions in Siberia. 8-11 October, 2013, Yakutsk, pp. 45-48.

[2] Brouchkov, A., Fukuda, M., Fedorov, A., Konstantinov, P., 2 and Iwahana, G., 2004. Thermokarst as a Short-term Permafrost Disturbance, Central Yakutia. Permafrost and Periglacial Processes, 15: 8187.

[3] Pestryakova, L.A., Herzsuh, U., Wetterich, S., Ulrich, M., 2012. Present-day variability and Holocene dynamics of permafrost-affected lakes in central Yakutia (Eastern Siberia) inferred from diatom records. Quaternary Science Reviews 51, 56-70.

Další odborná literatura dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce:

prof. PhDr. Jiří Chlachula, Ph.D. et Ph.D.
Ústav environmentální bezpečnosti

Datum zadání bakalářské práce:

6. února 2015

Termín odevzdání bakalářské práce:

16. května 2015

V Uherském Hradišti dne 20. února 2015

doc. RNDr. Jiří Dostál, CSc.
děkan



prof. PhDr. Jiří Chlachula, Ph.D. et Ph.D.
pověřený ředitel ústavu


Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty logistiky a krizového řízení Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

V Uherském Hradišti


.....
podpis studenta

ABSTRAKT

V mé bakalářské práci jsem popsal příčiny, projevy a důsledky globálního oteplování a změny klimatu. Definoval jsem permafrost, jeho formy a geologické rozšíření. Dále jsem se zaměřil a obecně charakterizoval republiku Sacha (Jakutsko). Má praktická část bakalářské práce se zabývá projevy a důsledky globálních klimatických změn abiotického a biotického prostředí. V závěru mé práce jsem popsal dopad změn klimatu na infrastrukturu v Jakutsku, severovýchodní Sibiř.

Klíčová slova: globální, klimatické změny, permafrost, skleníkový efekt, infrastruktura, životní prostředí, termokras, Jakutsko, Sibiř

ABSTRACT

In my bachelor, I described the causes, symptoms and consequences of global warming and climate change. I defined the permafrost, its forms and geological extension. Then I focused and generally characterized by Republic of Sakha (Yakutia). It has the practical part of the thesis deals with the symptoms and consequences of global climate change, abiotic and biotic environment. At the end of my work I described the impact of climate change on the infrastructure in Yakutia, northeastern Siberia.

Keywords: global climate change, permafrost, greenhouse effect, infrastructure, environment, thermokarst, Yakutia, Siberia

Ze všeho nejvíc bych chtěl moc poděkovat panu prof. PhDr. Jiřímu Chlachulovi, PhD. et Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování bakalářské práce věnoval.

„Srdce básníkovo rozumí přírodě lépe než hlava učencova.“

Autor: Novalis

„Příroda dala člověku rozum, aby se jí bránil, a srdce, aby se jí neubráníl“

Autor: Jean Galbert De Campriston

Poděkování, motto a čestné prohlášení, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická, nahraná do IS/STAG jsou totožné ve znění:

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická, nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 GLOBÁLNÍ OTEPLOVÁNÍ A ZMĚNY KLIMATU	11
1.1 PŘÍČINY GLOBÁLNÍHO OTEPLOVÁNÍ.....	15
1.2 PROJEVY GLOBÁLNÍHO OTEPLOVÁNÍ	17
1.3 DŮSLEDKY GLOBÁLNÍHO OTEPLOVÁNÍ	18
2 PERMAFROST	20
2.1 OBECNÁ KLASIFIKACE PERMAFROSTU	20
2.2 KLASIFIKACE PERMAFROSTU PODLE GEOGRAFICKÉHO ROZŠÍŘENÍ	21
2.3 ROZŠÍŘENÍ PERMAFROSTU NA SIBIŘI.....	22
2.4 FORMY A POVRCHOVÉ PROJEVY	23
3 PŘÍRODNÍ KRYOGENÍ PROCESY	24
3.1 TERMOKRAS	24
3.2 PERMAFROST MONITORING A PŘEDPOVĚĎ	24
4 JAKUTSKO	30
4.1 HISTORIE	30
4.2 PŘÍRODNÍ POMĚRY.....	31
4.2.1 Geografie a geologie	31
4.3 VEGETACE.....	31
4.3.1 Zvláště chráněná území	32
4.4 KLIMA	32
4.5 VODSTVO	33
4.6 OBYVATELSTVO	33
4.7 EKONOMIKA	33
4.7.1 Zemědělství a průmysl	35
4.7.2 Doprava	35
II PRAKTICKÁ ČÁST	36
5 PROJEVY A DUSLEDKY KLIMATICKÝCH ZMĚN V JAKUTSKU	37
5.1 ABIOTICKÉ PROSTŘEDÍ	37
5.1.1 Termokrasova jezera	38
5.1.2 Alasy.....	39
5.1.3 Jezera termokrasových depresí.....	39
5.1.4 Termokrasové formy	40
5.2 BIOTICKÉ PROSTŘEDÍ.....	41
5.2.2 Migrace zvěře.....	42

5.3	SOUČASNÉ KLIMATICKÉ ZMĚNY A JEJICH VLIV NA INFRASTRUKTURU JAKUTSKA	43
5.4	TRANSPORT A LOGISTIKA	44
6	DISKUZE – DOPAD ZMĚNY KLIMATU NA INFRASTRUKTURU	45
6.1	DOKUMENTACE – SOUČASNÁ DEGRADACE INFRASTRUKTURY V JAKUTSKU	45
	ZÁVĚR	52
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	53
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	56
	SEZNAM OBRÁZKŮ	57
	SEZNAM MAP	58

ÚVOD

Od doby, kdy se na planetě Zemi objevil první život, uplynulo asi 4,5 miliard let. Doba prvních zástupců člověka rodu *Homo sapiens sapiens* se odhaduje na 100 tisíc let. A přesto má člověk již od pradávna vztah k přírodě a dokázal s ní žít a přežít. Dokázal překonávat živelné pohromy, sezónní ale i dlouhodobé změny počasí. Jakmile se ale člověk začal rozvíjet do všech koutů světa, začal Zemi a přírodu více ovlivňovat. S počátkem hlavně průmyslové revoluce, si lidé osvojili využívání fosilních paliv a tím začali ovlivňovat i globální životní prostor kolem sebe. Spalování fosilních paliv způsobuje zvyšování koncentrace oxidu uhličitého v ovzduší. Tento a další skleníkové plyny přispívají k tvorbě skleníkového efektu v ovzduší, díky kterému se mění schopnost Země přijímat teplo a záření od Slunce a převádět ho zpět do kosmu. A to ovlivňuje globální oteplování planety. Dnes už víme, že globální oteplování je nerovnoměrné a nepůsobí všude stejně, a i přesto jsou po celém světě extrémní výkyvy počasí. Častější záplavy, sesuvy půd, zemětřesení, tornáda, extrémní horka a sucha, tání ledovců a zvyšování hladiny moří, to vše je způsobeno narůstajícím globálním oteplováním. Další důsledek oteplování je také tání a degradace permafrostu, hlavně v oblasti severovýchodní Sibíře, v Jakutsku. To má neblahý vliv nejen na přírodu, ale také na socioekonomický rozvoj a infrastrukturu v celé oblasti. Dopady klimatických změn na infrastrukturu v Jakutsku jsou obrovské.

Práce bude rozdělena na dvě části. První část bude teoretická a ta druhá praktická. V první kapitole teoretické části popíšu obecnou příčinu, projev a důsledek globálního oteplování. V další části se zaměřím na permafrost, jeho formy, povrchové projevy a geografické rozšíření. Dále se v teoretické části budu zabývat obecnou charakteristikou, vymezením a popisem Republiky Sacha (Jakutsko).

V praktické části se práce bude zaměřovat na projevy a důsledky klimatických změn v SV Sibíři v Jakutsku. Ale také na působení biotických a abiotických prvků v prostředí.

V poslední kapitole praktické části budou popsány dopady změny klimatu na infrastrukturu v Jakutsku.

Cílem mé práce bylo seznámení se s dostupnou publikací na téma degradace a tání permafrostu v SV Sibíři v důsledku klimatických změn působících na infrastrukturu a životní prostředí v Jakutsku.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 GLOBÁLNÍ OTEPLOVÁNÍ A ZMĚNY KLIMATU

„Změny klimatu byly, jsou a budou (V. Klaus)“

„Bojovat s klimatem je jako bojovat s počasím“

Globální oteplování neboli oteplování planety je stejné pojmenování jako pro změnu klimatu. V posledních letech je to velmi často probírané a diskutované téma po celém světě a patří mezi vůbec nejvýznamnější globální problémy na Zemi. Zabývá se tím čím dál více lidí, skupin a subjektů, nejen vědci a odborníci z různých oborů ale také politici s vidinou peněz a slávy nebo média, která mají často nedůvěryhodné zdroje informací. Na toto téma bylo napsáno mnoho úvah, teorií, studií a vědeckých článků, které tuto problematiku řeší a vyhodnocují. Jenže názory vědců a odborníků se často mění a rozcházejí a tak se postupem času vykrystalizovaly dva názorové proudy, které se od sebe diametrálně liší.

Jedni tvrdí a jsou přesvědčeni, že za globálním oteplováním můžou zvýšené koncentrace skleníkových plynů v atmosféře (jako jsou oxid uhličitý, oxid siřičitý, metan, ...). Tvrdí také, že spalujeme příliš moc fosilních paliv jako ropy, zemního plynu, uhlí, čímž zvyšujeme koncentraci CO₂ v atmosféře. A to i přes to, že ve vývoji klimatu naší planety byla období, kdy změny teplot nesouvisely s vypouštěním skleníkových plynů do atmosféry ani se spalováním fosilních paliv.

Ti druzí zastávají názor, že za současným globálním (klimatickým) oteplováním můžou přírodní cyklicky, jako opakující se jev, protože změny klimatu tu probíhaly i v minulosti.

Globální změna

Výraz "globální změna" obvykle odkazuje na široký záběr biofyzikální a sociálně-ekonomické změny, které mění fungování Země jako systému. Globální změny tak v širokém rozsahu zahrnují měnící se jevy a změny v celosvětovém měřítku. Změny zahrnují proměny populace; hospodářství, včetně velikosti a distribuce; využívání zdrojů surovin, zejména k výrobě energie; transport a komunikace; využívání půdy a krajiny; urbanizace; globalizace; pobřežní ekosystémy; atmosférické složení; říční proud; koloběh dusíku, vody; cyklus uhlíku; klima; mořské ekosystémy a úbytek mořského ledu, stoupaní hladiny oceánů a moří, potravní řetězce a biologické rozmanitosti (Kutílek, 2008; Barros, 2006).

Je důležité si uvědomit, že vazby a interakce mezi těmito různými změnami jsou také součástí globální změny. Dalším rysem globální změny je to, že mnoho změn se nevyskytuje lineárním způsobem, ale spíše variabilně různými způsoby na různých místech. Každá tato změna má potom své vlastní umístění, vlastností a specifické dopady (Kutílek, 2008; Barros, 2006).

Změna klimatu

„změnou klimatu“ rozumí taková změna klimatu, která je vázána přímo nebo ne-přímo na lidskou činnost měnící složení globální atmosféry a která je vedle přirozené variability klimatu pozorována za srovnatelný časový úsek.“ [17]

Globální oteplování

Je to termín, který je úzce spojován s růstem teploty přízemního vzduchu (který se bere a měří ve výšce 2 m nad zemí), ze kterého se přes celý zemský povrch vypočítává průměr. Tento fakt se projevuje od 2. pol. 19. století jednoznačným a i nadále pokračujícím růstem teploty klimatického systému Země. Díky tomu je narušená radiační bilance Země. To znamená, že Země vyzařuje do vesmíru menší množství energie (slunečního záření) než pohlcuje. Pokud je tato bilance kladná, dochází k oteplování; je-li záporná, k ochlazování. Dnešní naměřené teploty patří jednoznačně k nejteplejším, stále jsou ale o 2 až 3°C nižší než v posledním interglaciálu (Kadrnožka, 2008).

Klimatický systém Země

Klimatický systém je velmi složitý nesourodý systém, ve kterém jsou vzájemně propojeny probíhající procesy se složitými vazbami. Systém se skládá z pěti složek, jako jsou hydrosféra (oceány a moře), atmosféra, biosféra, kryosféra, litosféra. Tyto složky si navíc vzájemně vyměňují energii a hmotu se svým kosmickým okolím. Proto i malé nepatrné poškození systému může vyvolat řetězovou reakci a následně vyvolat škody velkých rozměrů. Aby k takovému poškození nebo narušení energetické rovnováhy systému nedocházelo, je důležité, aby celkové množství přicházející energie krátkovlnného záření bylo vyváženo množstvím energie vyzářeného dlouhovlnným zářením do prostoru. Rovnovážnému stavu

zemského povrchu by potom odpovídala teplota asi o 33 °C nižší, než je ve skutečnosti. Takový rozdíl teploty vyrovnává skleníkový efekt. Výsledná energie potom formuje oceánské a atmosférické proudění, ovlivňuje srážky i jejich výpar. Proto jsou právě změny energetické bilance systému základní příčinou změn počasí i klimatu (Pretel, 2015).

Klima v minulosti

Díky nepřímým důkazům (proxy data) víme, že ke změnám klimatu tudíž i ke změnám energetické bilance klimatického systému zcela určitě docházelo i v minulosti. Tyto změny mohly být jak krátkodobé tak i dlouhodobé, globální či regionální. Teplota v minulosti oscilovala s periodou asi 120-140 tisíc let. Dokladem toho jsou četné geologické a paleoekologické záznamy (proxy data), které nám podávají extrapolaci dílčích sedimentologických a pedologických údajů, přibližný obraz o vývoji klimatu ve čtvrtohorách. Výjimečný význam z tohoto pohledu mají zejména sprašové vrstvy, tj. Formace jemných navátých eolických (větrem usazených) sedimentu deponovaných na rozsáhlých lesostepních oblastech středních šířek Eurasie v dobách ledových. Na těchto návějích byly následně v dobách meziledových vytvářeny půdy v návaznosti na místní přírodní (klimatické a topografické) podmínky.

Dle stávajících studií, se nejvyšší teploty vázaly k dobám meziledovým, kdy teploty byly o 3 až 4 °C vyšší než v současnosti. Naopak nejnižší teploty byly v dobách ledových, teplota byla o 8 až 10 °C nižší než dnes. Země se oteplovala většinou rychleji, než se následně zase ochladila. Střídání dob ledových a meziledových. Jejich příčinou mohly být změny v orbitálních charakteristikách, které výrazně ovlivnily rozložení pevniny a oceánů nebo také právě již zmiňovanou klimatickou energetickou bilanci systému. V posledním tisíciletí už docházelo jen k drobným výkyvům teplot. První příznaky ochlazení se objevily ve 14. století, poté na celá desetiletí se následně ochladilo až v 15. a 17. století. Na přelomu 18. a 19. století bylo úplně nejchladnější období tzv. malá doba ledová. Tehdy se rozšířily alpské ledovce, celé Grónsko bylo pokryto ledem a na severní polokouli byly velice tuhé zimy a krátká, chladná léta. Na konci 19. století se výrazně začalo projevovat oteplování. A kromě krátkého a chladného období ve 40. – 60. letech, oteplování pokračuje i ve 20. století. Vše naznačuje tomu, že v současné době je teplota nejvyšší za poslední tisíciletí (Pretel, 2015).

Posledních milión let

Na tak dlouhou dobu se používají většinou nepřímé metody – z vrtných jader z ledovců Grónska a Antarktidy (Evans, 2010). Díky tomu dostáváme informace o podmínkách v různých časových obdobích.

Nejdelší vrt se nachází v Antarktidě 2,5 km – úsek 200 000 let. Pro ještě starší údaje se používá: složení oceánských sedimentů, fosílie planktonu a dalších mořských živočichů.

Posledních tisíc let

Za posledních tisíc let nejsou k dispozici žádné systematické záznamy počasí. A snad i díky tomu vzrůstají pochyby o srovnatelnosti přístrojů. Důležité informace čerpáme z deníků, letokruhů stromů nebo také navrtáním jádra z ledovců.

Příčinou změn byly: přirozené proměny podnebí z vnitřních změn v atmosféře a oceánu

Posledních sto let

V nejbližším období pro člověka bylo od roku 1980-1992 – 7 z 8 nejteplejších roků. V tomto období klimatické záznamy vykazují přirozenou variabilitu. Nelze tedy s jistotou určit, že globální oteplování a průměrná teplota je způsobena vlivem skleníkových plynů nebo činností člověka. Od roku 1971 došlo k nejvýraznějšímu oteplování v oceánech, které hrají důležitou roli v akumulaci celkové energie.

Díky čím dál tím lepší technologii se postupem času vědecké postupy zpřesňují a vyhodnocují, což nám dokládá i IPCC tzv. Mezivládní vědecký panel pro změnu klimatu.

IPCC

„Mezivládní panel pro změnu klimatu (IPCC) je vědecké těleso, které třídí, shromažďuje a propojuje aktuální vědecké poznání v oblasti změny klimatu a jejích dopadů. IPCC neprovádí původní výzkum a nemonitoruje klimatická data. Panel byl založen roku 1988 na základě spolupráce Světové meteorologické organizace a Programu OSN pro životní prostředí. V pravidelných sedmiletých cyklech vydává souhrnné zprávy o stavu poznání. Za čtvrtou souhrnnou zprávu získal Panel v roce 2007 Nobelovu cenu míru. IPCC se skládá ze

tří pracovních skupin. První z nich se zabývá fyzikálními základy změny klimatu a historií zemského klimatu. Druhá skupina se věnuje dopadům a adaptačním strategiím a třetí skupina má na starost možnosti, jak změnu klimatu zmírňovat“ (Klimatická koalice a CEE bankwatch network, 2013). [11, str. 16]

1.1 Příčiny globálního oteplování

Příčin globálního oteplování může být spousta. Klimatický systém reaguje na vnější síly, které mohou klima buď ochlazovat, nebo oteplovat. Mohou to být například zvyšující se nároky člověka na energii, to způsobuje spalování fosilních paliv, díky kterému se zvyšují koncentrace emisí, CO₂ a skleníkových plynů v atmosféře. Obyvatelstvo v méně rozvinutých zemích chce stejnou životní úroveň, jako mají i vyspělé státy ve světě. Další příčinou může být narůstající počet lidí na Zemi a tím i neustálé vyčerpávání půdy, kácení a vypalování lesů a deštných pralesů, intenzivní chov dobytka na obřích farmách.

Faktory, které se podílejí na klimatických změnách (Kutílek, 2008).

- Sluneční aktivita – solární oteplování
- Magnetické pole Země
- Kontinentální drift
- Astronomické faktory
- Mořské proudy: Termohalinová cirkulace
- Koncentrace skleníkových plynů
- Vulkanická aktivita, aerosoly
- Dopad asteroidů
- Pokrytí povrchu Země vegetací, druh vegetace
- Změny v oběžné dráze Země kolem Slunce
- Částice a saze

Skleníkový efekt

- Přírozený skleníkový efekt (od počátku součást atmosféry)
- Přidaný (zvýšený) skleníkový efekt (antropogenní)

Skleníkový efekt je jev, při kterém skleníkové plyny a i oblačnost zachycují tepelné dlouhovlnné infračervené záření a tím ohřívají vrstvy atmosféry hlavně při povrchu Země. Způsob zahřívání Země je podobný s ohříváním ve skleníku. Skleníkový efekt, je důležitou podmínkou existence života na Zemi. První kdo tento jev objevil, byl v roce 1860 John Tyndall, navrhnul ho Joseph Fourier a první kdo ho pozoroval, byl Svante Arrhenius v roce 1896. Následně jejich práci rozvinul Gue Steward Callendar v letech 1930-1960. [20]

Přírozený skleníkový efekt

Takový skleníkový efekt tady byl od počátku vzniku atmosféry, protože i v minulosti v atmosféře byly obsaženy skleníkové plyny jako dnes (CO₂, vodní pára, metan CH₄, ...) Dnešní přírozený skleníkový efekt má vliv na přírozenou existenci vody, díky které existuje život. Nebýt tohoto efektu pohybovala by se teplota pod bodem mrazu. Postupem času se množství skleníkových plynů zvyšoval, a proto se zvyšovala i jeho síla. Nárůst plynů vede, ke zvyšování neprůsvitnosti atmosféry. Do vesmíru odchází záření sice s menší teplotou, ale z větší výšky a to je tzv. Radiační působení, které skleníkový efekt ještě zesiluje.

Přidaný skleníkový efekt

Je to efekt, který spočívá ve stále se zvyšující koncentraci skleníkových plynů v atmosféře a její chemické změny. To vše je zapříčiněno činností člověka.

Skleníkové plyny jsou:

„Skleníkové plyny jsou sloučeniny vyznačující se silnou absorpcí dlouhovlnného infračerveného záření. Vyskytující se v různých sférách atmosféry a některé plyny jsou v těchto sférách nerovnoměrně rozmístěné. Tyto plyny jsou nezbytné pro zachování života na Zemi.

Bez skleníkových plynů by průměrná teplota na povrchu země byla -18 °C. (Jelínek, 2010) “[7, str.1]

Přehled skleníkových plynů

Oxid uhličitý CO₂, Metan CH₄, Oxid dusný N₂O, Vodní pára H₂O, Fluorid sírový SF₆, Polyfluorovodíky PFCs, Hydrogenované fluorovodíky HFCs, Ozon, Freony

Koncentrace těchto skleníkových plynů roste hlavně díky spalování velkého množství fosilních paliv, odlesňování, a nešetrnému využívání zemědělské půdy.

Regulace a omezení skleníkových plynů:

Omezení a regulace skleníkového efektu se týká hlavně těchto plynů: Fluorodusík, Methylchloroform, Fluorované étery, Freony, Ozónová vrstva

1.2 Projevy globálního oteplování

Aridizace je to proces, který se často vyskytuje v suchých, tropických nebo subtropických aridních oblastech. Jedná se o vypařování vody, které je větší než přísun místních srážek. Díky tomu vysychají životně důležité řeky a jezera.

Extrémní výkyvy počasí

Když roste množství energie v Klimatickém systému, znamená to, že roste i průměrná teplota. Také neustále se zvyšující množství skleníkových plynů ovlivňuje globální klima. Díky tomu se objevují častější přírodní jevy jako mimořádná a extrémní horka a sucha, hurikány, záplavy, sesuvy půdy nebo El Nino. Jev nazývaný El Nino, který vzniká v Pacifickém oceánu, ovlivňuje počasí na celé planetě.

1.3 Důsledky globálního oteplování

- Zvýšení mořské hladiny, vyčerpání podzemních vod, úbytek pobřežních sedimentů, ztráta půdy po odlesňování, znehodnocení orné půdy vlivem vysoušení a záplav, finanční náročnost adaptace, ovlivnění zásob vody vlivem sucha a záplav, nerovnoměrnost v zásobování potravinami, ovlivnění přírodních ekosystémů, teplotní stresy působící na lidské zdraví, šíření nemocí a škůdců, environmentální uprchlíci (3 milióny.)
- Vzestup teploty o 2 °C do 10 let – zlomový bod nezvratných katastrofických klimatických změn způsobí zánik pralesů.
- Severní ledový oceán (Arktida) bude bez ledu v roce 2012, zvyšuje se celosvětová intenzita UV záření.
- Bylo by dobré zakopat plány na nové uhelné a jaderné elektrárny, ukončit expanzi letecké dopravy, zakázat škodlivé výrobky, např. klasické žárovky, ukončit těžbu fosilních paliv
- Nejde jen o samotné zvýšení teploty (zimy krutější, léta sušší – nárůst kontinentality klimatu)
- Environmentální nespravedlnost
- Za 80 % všech emisí je zodpovědných 20 % nejbohatších států
- 1 miliarda nejchudších obyvatel Země vyprodukuje pouhé 3 % celkových emisí
- Uhlíková stopa průměrného Američana je 20,4 t/rok - 2000krát větší než průměrného obyvatele Čadu

Kjótský protokol

Protokol z konference stran Rámcové úmluvy o změně klimatu v Kjótu byl přijat 11. prosince 1997. Jeho předchůdcem byl Summit Země v Riu de Janeiru v roce 1992. Je to vůbec první taková celosvětová akce zaměřená na globální oteplování naší planety. Na protokolu se dohodli zástupci států OSN, což bylo 3000 odborníků a 159 zemí. Zástupci těchto zemí a hlavně průmyslové země se dohodli a zavázali se ke snížení skleníkových plynů

(oxid uhličitý, oxid dusný a metan) o 5,3 % dle stavu v roce 1990. Protokol se tak stal prvním legálním omezením skleníkových plynů. Protokol nabyl platnosti ratifikací Ruska 16. února 2005. Česká republika ratifikovala Kjótský protokol v listopadu 2001 a zavázala se snížit emise o 8% stejně jako celá EU. Pro státy, které nevyprodukují takové procento emisí, jaké mají, může být velmi výhodné s nimi obchodovat skrz tzv. emisní povolenky (Kadrnožka, 2008).

Mezi pozitivní přínosy oteplování patří:

- Zvyšující se koncentrace oxidu uhličitého zvyšuje i teplotu, což způsobuje nejen mnohem více srážek ale také větší podporu růstu vegetace. CO₂ se absorbuje do buněčné hmoty rostlin a dřevin.
- Lidé budou díky vyšším teplotám na Zemi méně umírat kvůli mrazu a podchlazení.
- Zvyšuje se dostupnost pro člověka důležité pitné vody a počet hladovějících lidí se snížil z 35% v r. 1970 na 18%.

2 PERMAFROST

Permafrost je trvale zmrzla svrchní část zemského povrchu (ale může to být taky skála nebo půda), která na základě teploty zůstává pod bodem mrazu nebo na bodu mrazu minimálně dva roky. Permafrost je tvořen z 80 % ledem a zbytek tvoří půda, nezpevněné sedimenty, kompaktní horniny případně i různé organické materiály. Jelikož se permafrost objevuje i v oblastech s teplejším létem, znamená to, že jeho svrchní vrstva taje. Je to tedy dlouhodobě zmrzlá půda nikoliv permanentně zmrzlá. Permafrost pokrývá téměř 25% veškeré souše, to je asi 36,2 miliónů km² na celé Zemi. Kdybychom to brali z pohledu polokouli, tak jednoznačně největší zastoupení permafrostu je na severní polokouli, kde zabírá rozlohu asi 22,7 mil. km². Z toho se takřka polovina nachází v Rusku. Na druhé jižní polokouli se permafrost nachází jen na Antarktidě (Hrbáček, 2011).

Klimatické podmínky hrají zásadní roli v rozložení permafrostu. Proto roční průměrná teplota musí být nižší než 0 °C, aby vůbec mohl permafrost vzniknout. Podle nových výzkumů dokonce nižší než -3,3 °C. Kromě teploty jsou ale i další faktory, které jej ovlivňují. Například nadmořská výška, struktura a složení půdy, ale také hornin, geografická poloha místa, vliv podpovrchové a povrchové vody ale také celkového reliéfu, tepelná kapacita nebo vodivost horniny (Hrbáček, 2011).

2.1 Obecná klasifikace permafrostu

- Souvislý permafrost (continuous permafrost) - kde celková plocha permafrostu zabírá 90-100% celkové oblasti. Vyskytuje se především pod říčními koryty a jezery.
- Nesouvislý permafrost (discontinuous permafrost) – tady celková plocha permafrostu zabírá 50-90% celkové oblasti. Zde je výskyt permafrostu od sebe oddělen nezamrzlou půdou.
- Ojedinele se vyskytující permafrost (perennial permafrost) – z celkové plochy zde permafrost zabírá pouze 10-50%. Vytváří tzv. izolované ostrovy.
- Izolovaný permafrost (insular permafrost) – permafrost zabírá méně než 10% z celkové oblasti. Nachází se většinou pod rašelinistěm a také vytváří tzv. izolované ostrovy.

Důsledné kontinentální podnebí v severní polovině Sibiře na Dálném východě je důvodem pro tvorbu permafrostu. Tato území zabírají plochu větší než 10 milionů kilometrů čtverečních (km²). V evropské části Ruska, se permafrost vyskytuje pouze v tundře a v zóně lesní tundry. Jeho jižní hranice vede od poloostrova Kola k ústí řeky Mezen a dále téměř podél celého severního polárního kruhu až po Ural. V západní Sibiř vede permafrostová hranice podél řeky Jenisej v blízkosti řeky Podkamenná Tunguska, kde se prudce stáčí k jihu a vede po pravém břehu řeky Jenisej. Na východ od Jeniseje, se permafrost šíří téměř všude, s výjimkou na jižní Kamčatce, Sachalinu a Primorje.

2.2 Klasifikace permafrostu podle geografického rozšíření

- a) Permafrost arktických regionů – takový permafrost se objevuje hlavně v arktických a polárních oblastech, jak na severní, tak na jižní polokouli. Nejvíce patrná je zóna permafrostu na severní polokouli, kdy se izolovaný permafrost mění na souvislý v důsledku změny zeměpisné šířky
- b) Permafrost v hornatých oblastech – tento druh permafrostu se objevuje jak ve vysokých tak v nízkých zeměpisných šířkách. Proto byl na severní polokouli v Kordillerách zkoumán a vyhodnocen vztah mezi zeměpisnou šířkou a nadmořskou výškou. Výsledek byl takový, že výskyt permafrostu v hornatých oblastech klesá s nadmořskou výškou i zeměpisnou šířkou, a to od 5000 m. n. m, na rovníku po 1000 m. n. m, a to na 60° zeměpisné šířky.
- c) Permafrost na plošinách v horských oblastech – Je to takový typ permafrostu, který je kombinací, jak permafrostu arktických regionů, tak i permafrostu hornatých oblastí. Nejznámější příklad je Tibetská náhorní plošina.
- d) Podmořský permafrost – Tento druh permafrostu se vyskytuje hlavně v šelfových mořích Severního ledového oceánu, většinou se ale uvádí jen jako doplňující. [6]

2.3 Rozšíření permafrostu na Sibiři

Kontinuální

Kontinuální permafrost je rozšířen po celé severní části arktické tundry ostrovu Severního ledového oceánu a jeho moři (ostrovy Nová Země, Severosibiřské ostrovy); na polárních místech Uralu; v tundře SZ Sibiře; v severní části Střední Sibiře na náhorní plošině na Tajmyrském poloostrově, dále jsou to Severní země, Novosibiřské ostrovy, nížiny Yano-Indigirka a Kolyma; v ústí řeky Leny; na planině ve středním Jakutsku a na Prilenskoe plošině; na Verchojansku, Cherskii, Kolymskii a Anadyrskii se pohybuje směrem na Yukagirskou náhorní plošinu, a na Anadyrskaya pláň. Tloušťka trvale zmrzlých vrstev je asi kolem 300-500 m a větší; maximální tloušťka 1500 m byla zaznamenána v povodí řeky Markhi, která je jedním z přítoků řeky Viljuj. Teplota se zpravidla pohybuje od -2 do -10 ° C, ale někdy to může být nižší.

Diskontinuitní

Je to přerušovaný nebo sporadický permafrost, který se vyskytuje v Bolshezemelskaya a Malozemelskaya oblasti tundry; Na Sibiřské náhorní plošině mezi řekami Nizhnyaya a Podkamenná Tunguska; V jižní části blízko řeky Leny na náhorní plošině, a Zabaikaljie. Tloušťka vrstev se zde pohybuje od 10 až do 150m, ale někdy dosahuje 250 až 300m. Teploty jsou obvykle od -2 až na 0 ° C.

Insulární

Insulární permafrost se vyskytuje na poloostrově Kola; na poloostrově Kanin; a v povodí Pechora; v tajze zóně západní Sibiře; Na jihu Middle-sibiřská náhorní plošině, podél pobřeží Ochotského moře; a na Kamčatce. Tloušťka vrstvy je od několika metrů do několika desítek metrů, a teploty jsou v blízkosti 0 ° C. Insulární permafrost se vyskytuje v horách, často po obvodu oblastí současného zalednění (Kotlyakov, Khromova, 2002).

2.4 Formy a povrchové projevy

Aktivní vrstva permafrostu

Aktivní neboli činná vrstva permafrostu je ta nejsvrchnější část, která v období léta cyklicky (sezóně) roztává, aby pak znovu mohla zamrznout v období zimy (Anderson, Anderson, 2010, s. 272-273), (Hrbáček, 2011).

Aktivní vrstvu lze považovat za teplotní mezní vrstvu, ve které dochází ke změnám teploty v denních a ročních cyklech. Hloubka aktivní vrstvy meziročně kolísá a je dána hloubkou, ve které je maximální dosažená teplotou vyšší než 0°C. Pod mezní hranicí aktivní vrstvy se průměrná roční teplota mění stejnoměrně na základě geotermálního gradientu. V určité hloubce teplota opět překročí hranici 0°C. Tato hloubka je definována jako základ permafrostu (Anderson, Anderson, 2010, s. 272-273), (Hrbáček, 2011).

Mocnost aktivní vrstvy permafrostu

„Mocnost aktivní vrstvy obvykle bývá od zhruba 15 cm v polárních oblastech do několika metrů v oblastech subpolárních. Aktivní vrstva se vyskytuje jako souvislá vrstva, na kterou navazuje permafrost. V nesouvislém permafrostu může být aktivní vrstva oddělena od základní vrstvy permafrostu talikem nebo zbytkovou (reziduální) tavnou vrstvou. Mocnost aktivní vrstvy se mění rok od roku v závislosti na teplotě, sklonu a orientaci, vegetaci, odvodňování, sněhové pokrývce, typu substrátu nebo půdní vlhkosti“ (French, 2007, s. 111), (Hrbáček, 2011, s. 11).

3 PŘÍRODNÍ KRYOGENÍ PROCESY

3.1 Termokras

Termokras jako krátký posun porušeného permafrostu v centrálním Jakutsku.

Obecně rozšířený výskyt depresí v centrálním Jakutsku, bohužel nemusí, nutně svědčit o moderní termokrasové aktivitě. Typicky, v blízkosti povrchu slouží jako stínící vrstva, která vznikla, jako výsledek hlubokého tání v mimořádně teplých letech, tím chrání spodní ledovou usazeninu (sediment) před táním. I přes současné klimatické oteplování, tam není žádný znatelný nárůst regionálních termokrasů v centrálním Jakutsku. Periodické (pravidelné) lesní požáry významně zvýšily tepelnou vodivost půdy a výskyt progresivně zasolované půdy, nicméně jsou nedostačující, aby způsobily tání spodní vrstvě ledové usazeniny (sedimentu). Místo toho by měli být aktivní termokrasy považovány za krátkodobé katastrofické procesy. Použití algoritmu Kudryavtsev ukazuje, že hloubka tání pod vodním tělem v centrálním Jakutsku může dosáhnout 8-10 metrů během 50 let a 20+ m během 300 let. Terénní pozorování ukazuje, že současný termokras má tendenci k rychlejšímu propadání (pokles) o 5-10 cm za rok. [24]

3.2 Permafrost monitoring a předpověď

Vyměření permafrostové stability pod současnými klimatickými změnami.

Sklony ke Globálnímu oteplování za posledních 100-110 let. Klimatické vzorce od doby 1995 se znamenitě zvýšily, jsou variabilní a vykazují časté anomálie. S tímto pozadím roční teploty vzduchu ukazují zvýšené trendy v arktických oblastech a jejich nejbližších okolí. Zatím co tepelné stupnice v některých subarktických oblastech se zpomalují nebo přímo lokálně opačně mění a otepluje se. (Turukhansk, Aldan, Olekminsk) (Melnikov et al., 2007; Pavlov, 2008a; Pavlov and Malkova, 2010). Frekvence nebo měření současných teplotních anomálií (změn) jsou běžně nebo většinou udávány pomocí meteorologických dat za poslední dekádu s danou normou, se používají 3 známky vzdušného oteplování. (Δt_{air}): slabé ($\Delta t_{\text{air}} < 0.7 \text{ }^\circ\text{C}$), mírné ($0.7 \text{ }^\circ\text{C} \leq \Delta t_{\text{air}} \leq 1.0 \text{ }^\circ\text{C}$), silné ($\Delta t_{\text{air}} \gg 1 \text{ }^\circ\text{C}$), (Pavlov and Malkova, 2005).

Jelikož roční teploty vzduchu za minulou dekádu (2000-2010) byly anomálně silné v mnoho oblastech, jsou tady jen dva stupně, dvě známky oteplování (mírný a silný). Ukázané nebo použité na mapě fig 1.

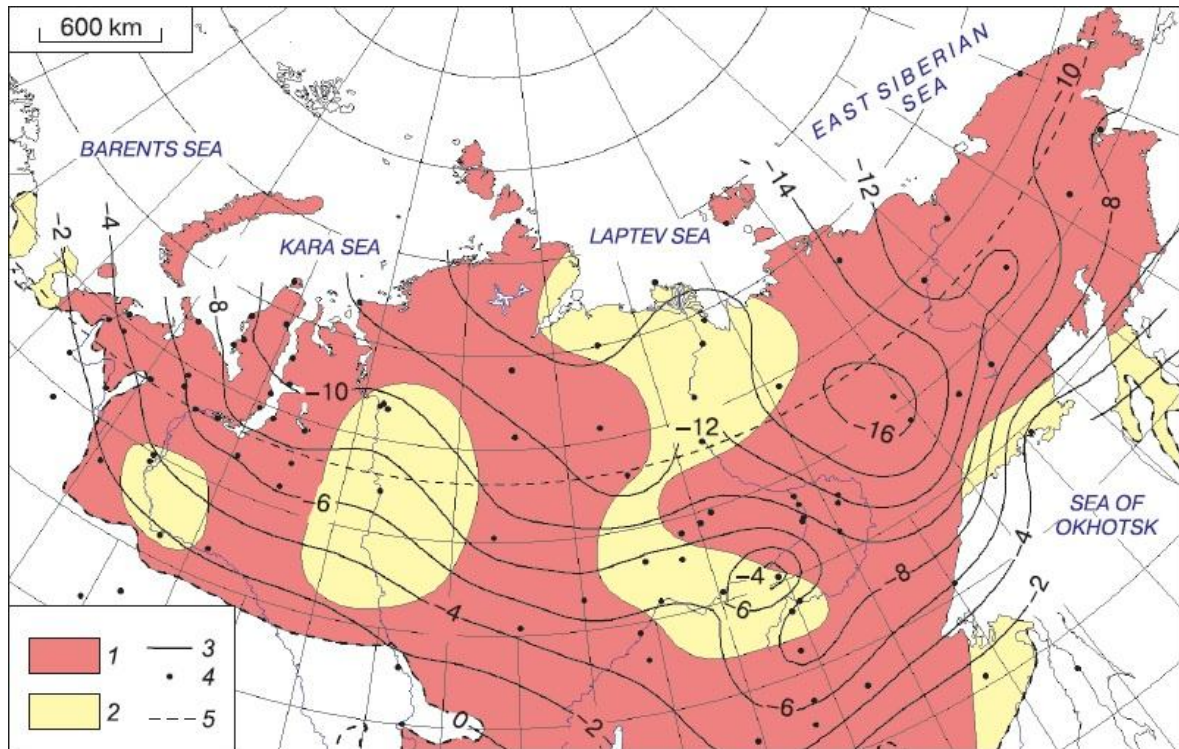


Fig. 1 - Variace průměrné roční teploty vzduchu v severním Rusku v posledním desetiletí.[12]

1, 2 – Zvýšení teploty ve vztahu k normě klimatu: 1 – silné ($\Delta t_{air} > 1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$), 2 – mírné ($0.7\text{ }^{\circ}\text{C} \leq \Delta t_{air} \leq 1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$); 3 – střední interval vzdušných teplotních izolinií (normální klima); 4 – meteorologické stanice; 5 – jižní hranice cryolithozony.

Klimatické normy (pomocí izolinií) fig. 1 (mapa). Liší se permafrostovým rozměrem nebo velikostí. Od -2 do -16 stupňů celsia. Oteplování je silné nad většinou území (teploty vstoupají o více než 1 stupeň celsia) zatím co mírné klimatické oteplování je vyhrazeno pro místní oblasti na severu Evropy, na západní a střední Sibiři a na ruském vzdáleném východě (Primorie). Za účelem zvýraznění regionálních rysů, oteplovacích strukturních vzorců, jeden musí počítat střední roční vzdušnou teplotu (průměrná roční teplota) pro různá časová období. Obecná mapa těchto trendů (směrů) byla představena dříve pro rok 1965-2000. (Pavlov and Ananieva, 2004; Pavlov and Malkova, 2005).

A pokračujíc těmito pozorováními až do roku 2010, bereme současné trendy (sklony) a srovnáváme je s těmi za periodu minulými za periodu 1965-2000.

Od roku 1965-2000 průměrná roční teplota je na fig. 2(mapa) rozdělena do 7 stupňů (viz legenda barevna u fig. 2)

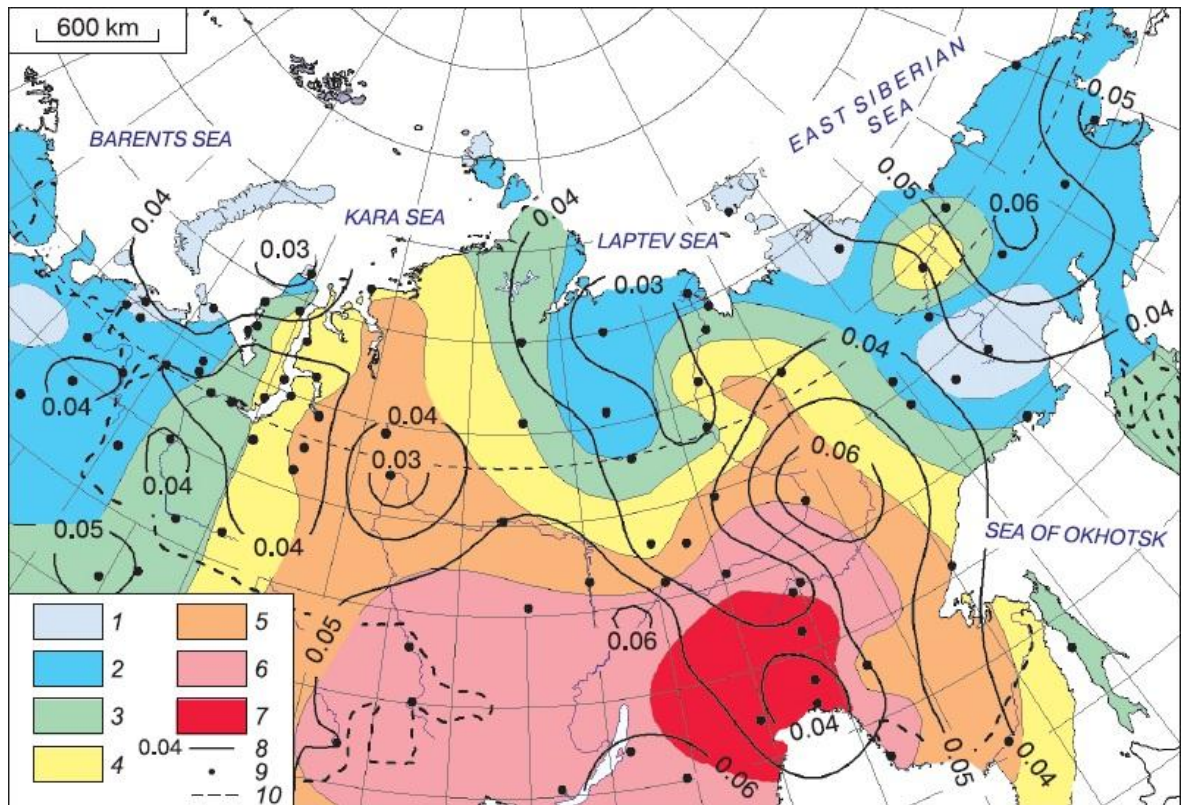


Fig. 2 - Průměrný roční vývoj teploty vzduchu na Sibiři a v severní části evropského Ruska.[12]

1–7 – trend (rychlost oteplování), v °C/yr, pro rok 1965–2000: 1 – méně než 0.02; 2 – 0.02–0.03; 3 – 0.03–0.04; 4 – 0.04–0.05; 5 – 0.05 – 0.06; 6 – 0.06–0.07; 7 – více než 0.07; 8 – trend (rychlost oteplování), v °C/yr, pro rok 1965–2010; 9 – reference meteorologické stanice; 10 – jižní hranice cryolithozone.

Teploty tvoří významné oblasti od severu k jihu (západní arktická a subarktická oblast) a od západu k východu (východní sektor) zón.

Stupeň oteplování je nejvyšší (o 0.08 °C/yr) v jižní Sibiři, a nejnižší stupeň oteplování (méně než 0.03 °C/yr) v severní Evropě a západní a centrální Sibiři.

Oproti tomuto vzdušné teplotní stupnice pro rok 1965-2010 (izolinie na $0.01\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{yr}$ na fig. 2) mají zřetelně odlišné vzory, jmenovitě (1) orientace vrstevnic se změnila tak, že směr ani žádné rysy od severu k jihu nebo od západu k východu se neukazují. (2) četnost současných hodnot je mnohem nižší; (3) minimální hodnoty ($0.03 - 0.04\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{yr}$) se koncentrují v oblasti, kde je řeka Lena-Olenek, dále ve středu dosahující na řeku Jenisej a na severu u Yamalského poloostrova, (4) maximální hodnoty ($0.06\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{yr}$ a více) jsou zaznamenány na jižní Sibiři, centrálním Jakutsku a Čukotském poloostrově.

Bráno v potaz velikou škálu klimatických změn skrz minulé století. Každý další rok je očekáván, že přinese více ustálené teploty v mírném pásmu a tedy změny mapovaných vzorců.

Permafrostové pozorování na stálých státních stanicích od pozdních let 1960, nám ukazují stoupající hodnoty teplot ve zmrzlých oblastech způsobené klimatickým oteplováním. (Skachkov et al., 2005, 2007; Malkova, 2010).

Současné průměrné roční půdní tepelné hodnoty jsou vysoce variabilní nad permafrostovým rozsahem, ale oteplovací hodnoty jsou více časté u dvou třetin vzdušných hodnot. Teplota vzduchu má hodnotu $0.02-0.07\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{yr}$. Zatím co rozsah pro zmrzlé půdy je od 0.004 do $0.050\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{yr}$. Oteplování vzduchu způsobuje nejsilnější efekt na permafrostové tepelné hodnoty a v případě stálých dlouhotrvajících jednosměrných tendencí teploty vzduchu a sněhové tloušťce (firnu, hustotě síle), (Pavlov, 2008b; Pavlov and Malkova, 2010; Pavlov et al., 2010).

Je příhodné, že na stanovení stability zmrzlých půd a jejich citlivostí na klimatické změny můžeme použít bezdimenzionální (bezrozměrný) koeficient $K\alpha = \alpha_t / \alpha_a$, který je součtem průměrných ročních teplotních hodnot půdy, ku hodnotám vzduchu.

Koeficient $K\alpha \leq 0.50$ koresponduje vysoké stabilitě zmrzlých půd. Dlouhotrvající teplotní změny pod 50%: změna půdní teploty je více než 2x pomalejší, než změny teploty vzduchu.

Rozsah $0.50 < K\alpha \leq 0.75$ je střední stabilita, teplota půdy je pomalejší než teplota vzduchu a to je faktor 1,5 – 2.

Jestliže je rozsah $K\alpha > 0.75$ znamená to, že permafrostová stálost je nízká.

Tyto stupně byly použity v mapě tepelné stálosti vrchního permafostu fig. 3

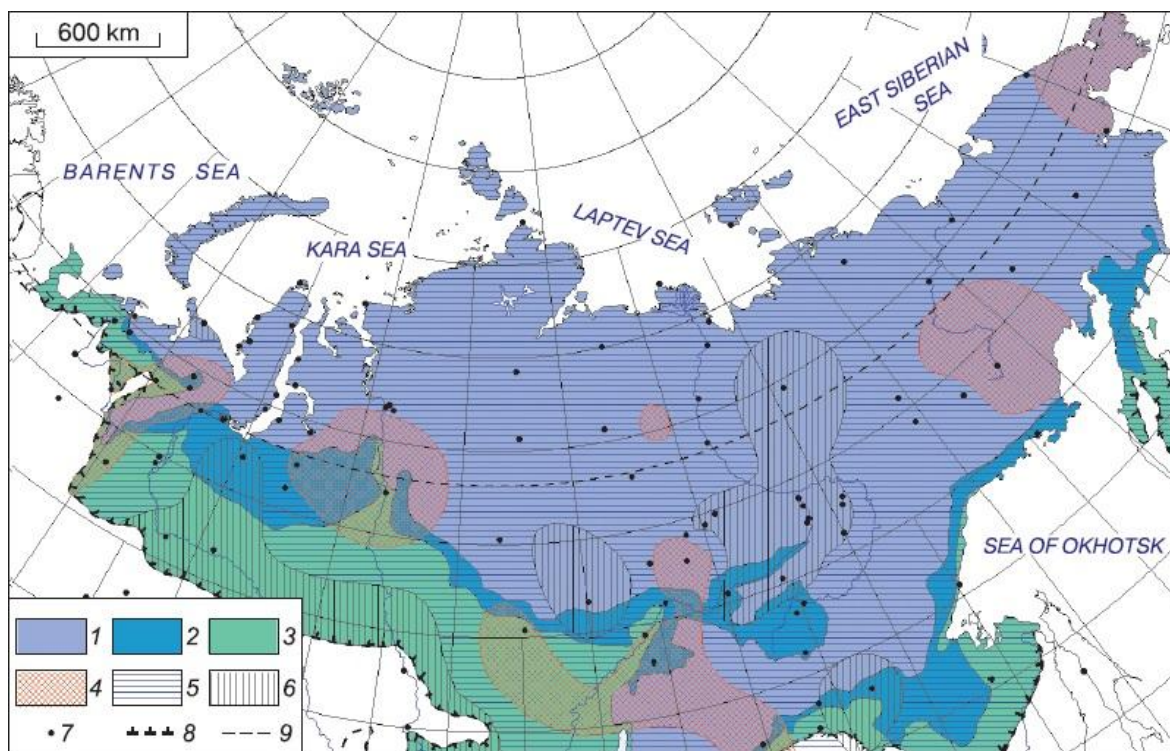


Fig. 3 - Mapa termální stability zmrzlé země (permafrostu) v Rusku.[12]

1–3 – rozsah permafrostu: 1 – permanentní, 2 – nesouvislý, 3 – sporadický a záplátovaný;
 4–6 – termální stabilita: 4 – nízká ($K\alpha > 0.75$), 5 – střední ($0.50 < K\alpha \leq 0.75$), 6 – vysoká ($K\alpha \leq 0.50$); 7 – meteorologické stanice a pozorovací místa; 8 – jižní hranice cryolithozony; 9 – polární kruh

Největší část permafrostové zóny náleží do rozmezí $0.50 < K\alpha \leq 0.75$ odpovídající střední tepelné stabilitě, zatímco oblasti vysoké a nízké stability jsou lokální.

Navzdory rychlému (vysokému) současnému oteplování, permafrost v jižním Jakutsku zůstává vysoce stabilní, jako výsledek různorodosti tloušťky (hustoty) sněhu a silné kontroly (regulace) množství a zvláštnosti nezvykle nahromaděného sněhu. (Skachkov, 2008)

Záznamy teplot zmrzlých půd na Jihu Západní Sibíře a na ruském vzdáleném východě neukazují stoupaní teplot současně s oteplováním vzduchu. Důvod může být, že permafrost je vysoké teploty (blízko 0st. celsia) a mnoho tepla přicházejícího ze slunce je spotřebováno na fázovém přechodu do půdy. (Pavlov and Malkova, 2009).

Nicméně jestliže bude oteplování pokračovat, zmrzlé půdy mohou rozmraznout nebo roztát ve všech těchto oblastech. Především zranitelný je permafrost v Komijské republice ve

středu dosahu Jenisej, a Bajkalském regionu, kde je to oteplování nepokračující nebo sporadický a ukazují rapidní tepelné hodnoty.

Tedy, monitorování a mapování v málem měřítku GIS permafrostu jsou efektivními nástroji pro studie geokryologických důsledků klimatického oteplování.

Případové studie dovolují sbírání souborů map v malém měřítku, spolu s rozsahem teplotní stability a odhadovanými odpověďmi permafrostu na současné klimatické změny. [14]

4 JAKUTSKO

Jakutsko se po rozpadu sovětského svazu přejmenovalo na autonomní republiku Sacha podle jakutského označení tohoto severského lidu. Zima zde trvá 9-10 měsíců v roce a skoro polovina území je za polárním kruhem. Jakutsko se nachází v blízkosti bodu, který geografové označují jako sibiřský pól chladu, protože zde byly naměřeny nejnižší teploty na severní polokouli okolo -70 stupních celsia.

Jakutsko je hlavní město republiky, ale zároveň také nejchladnější město světa, které se nachází v severní části východní Sibiře. Tato největší republika Ruska sousedí na jihu s Amurskou a Irkutskou oblastí, ale také Zabajkalským krajem, na severu tvoří její hranici Severní ledový oceán, na východě je spojena s Čukotským poloostrovem, oblastí Magadanu a Chabarovem, na západě sousedí s krajem Krasnojarským. [19]

4.1 Historie

První ruští přistěhovalci vstoupili na Jakutskou půdu roku 1632. Ruský car v tehdejší době poslal skupinu asi 400 kozáků doprovázenou 5 kněžími. V místech dnešního Jakutska vybudovali pevnost, která sloužila jako základna pro další průzkum oblasti. A založili tak hlavní město Jakutsk. V následujících asi 20 letech posunuli hranice svaté rusy až k jezeru Bajkal. Jakuti, jak jim začali říkat rusové, kteří do těchto míst začali pronikat v 17 století, jsou příbuzní s mongolskými a turkickými národy. V dobách sovětského svazu byla Jakutská republika centrem těžby nerostných surovin a po jeho rozpadu si své postavení udržela. I když se země otepluje a globální oteplování otrásá základy města, pořád tam jde o to samé o těžbu ropy, uhlí, zemního plynu a diamantů neobyčejné kvality. Město, jež bylo založeno už v první polovině sedmáctého století, má ovšem ještě jednu zvláštnost: je postaveno na permafrostu, věčně zmrzlé půdě, a proto celé stojí na ocelo-betonových pilotech, tvořících základy. [19]

4.2 Přírodní poměry

4.2.1 Geografie a geologie

Území Jakutska spadá do čtyř geografických oblastí: a to do oblastí boreálních lesů (téměř 80%), tundry, lesotundry a arktické pouště. Ze stromů převládá nejvíce modřín Daurian (85% rozlohy lesů), jinak jsou zde všudypřítomné borovice, plíživý cedr, smrk, bříza, osika, v jižních oblastech je to potom sibiřská borovice, v horách topol a Korejanka. Zásoby lesních zdrojů, jsou odhadovány na 10,3 mld. km².

Složení a prostorové rozložení bohatství republiky Sacha (Jakutsko), je způsobeno různými geostrukturálními oblastmi na jeho území. Podíl zásob republiky Sacha v minerálním potenciálu Ruska je: Diamant 82%, 17% zlato, uran 61%, 82% antimonu, železné rudy 5%, 5% uhlí, 28% cínu, rtuti 8 %. Nachází se zde i významné zásoby vzácných zemin, stříbra, olova, zinku, wolframu, atd. až do posledních prvků periodické tabulky. [19]

4.3 Vegetace

V Jakutsku se rozkládá Středosibiřská vysočina, celá země je hodně hornatá, navíc v centrální a severní oblasti panuje opravdu drsné a chladné klima, které vegetaci zrovna neprospívá. Z velké části je země pokrytá permanentně zmrzlou půdou = permafrostem a to do hloubky 300 - 400m, někde i více. Další velkou část země pokrývá tajga s jejím přirozeným biotopem, tvořená převážně modřínou. Největší pohoří Jakutska, které se nachází na východě, je pohoří Čerského s jeho nejvyšší horou Pobeda (3147 m. n. m).

Jakutsko je jedno z mála míst na planetě, kde můžeme ještě najít prvotní čistou, nezníčenou přírodu a úžasnou rozmanitost rostlin a živočichů. V současné době globální vědecká komunita uznává, že povaha Jakutska má unikátní přírodní dědictví pro lidstvo. Podíl republiky Sacha tvoří více než 30% ruských volně žijících živočichů, a více než 10% z celého světa. Více než 90% území Jakutska není ovlivněno nebo jen mírně průmyslovým vývojem. Je to nedotčený ekosystém přirozeného průběhu přírodních procesů.

Díky zeměpisné poloze má oblasti mimořádně bohatou faunu. Žijí zde: mrož, tuleň, polární medvěd, los, sob, severský jelen, divoké prase, ovce, jelen lesní, medvěd hnědý, vlk, ale také zvířata cenné na kožešiny - liška, liška polární, sobol, hranostaj, lasice sibiřská, norek americký a další... Pro domorodé národy v Jakutsku měl lov těchto zvířat vždy velký ob-

chodní význam, kvůli cenné kožešině. Tyto kožešiny byly v 17. století ve velkém množství vyvážené do Ruska.

V moři, řekách a jezerech republiky, existuje asi 50 druhů ryb například losos a bělice. Území Jakutska je také známo jako místo pro hnízdění více než 250 druhů ptáků. Mezi nimi jsou takový vzácní ptáci jak racek růžový, bílý a černý jeřáb, Koliha malá a Dřemlík tundrový uvedený v Mezinárodní Červené knize. V roce 1993 se Jakutsko připojilo k World Wildlife Fund (WWF), ve kterém pracuje International Research Station "Lena-Nordenskiöld" vedoucí biologické sledování v jedné z nejzajímavějších oblastí Arktidy - delty řeky Lena. [19]

4.3.1 Zvláště chráněná území

V souladu s právními předpisy Sacha "ve zvláště chráněných územích" jsou asi tři milionů hektarů půdy klasifikované jako chráněná území - Ytyk Kere Sirder.

V současné době je plocha těchto území více než jedna čtvrtina území státu a zahrnuje více než dvě stě zvlášť chráněných území přírody. Včetně: dvou rezervací Ruské federace, Botanické zahrady patřící Ústavu biologických problémů v permafrostu, sibiřské pobočky Ruské akademie věd, 6 národních parků, jako jsou slavné "Lena pilíře", které v roce 2012 přibily do seznamu světového kulturního dědictví UNESCO jako jeden z nejúžasnějších míst na naší planeta s dokonalým ekosystémem nedotčeným člověkem. Další jsou státní přírodní rezervace "Janské mamuti" rezervace 113 zdrojů, 26 jedinečných jezer, dvě chráněné krajinné oblasti, 17 přírodních památek a 16 zón míru.

System chráněných oblastí v republice získala mezinárodní uznání jako záložní planetu. Jako první prezident republiky Sacha (Jakutsko) Michail Nikolajev, tyto oblasti necháme beze změny pro budoucí generace - je dar od naší generace do 21. století. [19]

4.4 Klima

Klima je díky poloze republiky silně kontinentální. Na severu a v centrálním Jakutsku je velice chladné, na jihu je spíše mírné. Chladné teploty, které se tu lednu průměrně pohybují mezi -28 až -47 °C, střídají v letních měsících teplejší teploty 2-19 °C a to díky extrémně kontinentálnímu subarktickému podnebí. Roční úhrn srážek je rozdílný ve vnitrozemí je to asi 200 mm, zatímco v hornatých oblastech zejména na východu je to až 700 mm.

Sibiřský pól chladu – je to nejchladnější místo na Zemi a to ve vesnici Ojmjakon, kde roku 1926 byla naměřena rekordně nízká teplota $-71\text{ }^{\circ}\text{C}$. [19],[25]

4.5 Vodstvo

Největší řekou, která republikou protéká, je řeka Lena (4 400 km). Ta protéká zemí směrem ze severu na jih i se svými přítoky jako je Viljuj (2 650), Aldan (2 273). Dalšími významnými splavnými řekami, které se nachází na východě, jsou Kolyma (Colima 2 129) a Indigrika (1 726), nebo také řeky Olekma (1436), Anabar (939) a Jan (872 km). Oblasti jsou známé pro velký počet jezer až 800 tisíc a řek až 500 tisíc, které se vlévají do Severního ledového oceánu. [19]

4.6 Obyvatelstvo

Země je domovem více než 120 národností. Počet obyvatel je 958 528 tisíc. I přes rozsáhlou oblast území se Jakutsko vyznačuje tím, že je řídce osídlen. Průměrná hustota je desetkrát nižší, než v evropských částech Ruska. Demografická situace se vyznačuje stabilním ročním přebytkem narozených, který je větší než úmrtí. Oficiálním jazykem obyvatel je ruština a jakutština, kterou se učí i děti ve škole od 11 let. Jedním z rysů republiky je historicky velká část venkovského obyvatelstva na celkovém počtu obyvatel (35,9% v průměru v ostatních severních oblastech Ruska - 8%). Další národnostní složení obyvatel je z velké části ovlivněno migrací přistěhovalců.

V republice jsou zastoupeny tyto národy: Jakuti, Rusové, Ukrajinci, Evenkové, Tataři, Evenové, Burjati a další jako Arméni, Uzbekové, Kyrgyzové, Dolganové, Jakagirové, Tádžikové a několik kmenů. [19],[25]

4.7 Ekonomika

Hlavním ekonomickým centrem je samotné hlavní město Jakutsko. I v dnešní době stojí celá ekonomika na těžbě nerostných surovin, které jsou zastoupeny ve velkém množství v celé republice. Disponuje obrovskými zásobami černého uhlí, diamantů, zlata, zemního plynu, železné, barevné a vzácné kovy, cín, uran...

Jakutsko má vedoucí postavení v těžebním průmyslu republiky v diamantovém těžebním průmyslu. Tato diamantová provincie je největší v Rusku - představuje 90% populace a 95% produkce.

V moderních podmínkách velkého strategického a hospodářského významu surovin paliv a energie (uhlí, plyn, ropa, kondenzátu), odhalila její produkce více než 20% z pevninského území Jakutska. V současné době existuje 900 prozkoumaných ložisek kamene, hnědého, koksovateľného uhlí i černého uhlí. Největší ložiska jsou: na řece Lena, kde jsou uhelné pánve - 840 (miliard tun), Jižní Jakutská uhelná pánev -38 (miliard tun), Tunguské uhelné pánve 11 (miliard tun), Zyryanská uhelná pánev - 9 (v miliardách tun).

Specializované oblasti ropy a zemního plynu se vyskytují a pokrývají téměř celou jihozápadní část země. V současné době jsou zásoby ropy na 330.000.000 t, zemní plyn - 2,4 TCM. Geologicky je prozkoumáno více než 10% území Jakutska.

Těžba zlata je především v povodí řek Jana a Indigrika, kde se těží 24% veškerého zlata v Rusku. Další významné naleziště je Elkonké uranové ložisko se zásobou asi 344 tisíc tun, které je největší v Rusku.

Největší naleziště v Jakutsku jsou: Oil & Gas - Talakanskoye (ropné), Chayandinskoe, Tas-Yuryakhskoye, Verkhnechonskoe, Vakunayskoe, Srednebotuobinskoye jsou naleziště ropy a zemního plynu (COG), naleziště zlata - Nezhdaninskoe (477 m), Kyuchyus (136 m), Kurana (110 t), těžba uranu - Elkonké uranové rudy, železné rudy se nachází v oblasti - Jižního Aldanu - Tajga, kovy vzácných zemin - Tomtor vzácný kov vklady, antimon - Sarylaskoe, Sentachanskoe vklad (210.000 t), cín - zástupce, Tirehtyax, Single, Churpunya, stříbro - Forecast, Horní Menkeche.

Další významná ekonomická síla je díky řekám ve vodní energii, kde produkce vodních elektráren vyprodukuje přes 70 GWt.

Celé republika Sacha má v těžbě nerostných surovin důležitou roli pro celé Rusko. V těžbě diamantů zaujímá první místo na světě vůbec, v těžbě uhlí je to 5. místo v celém Rusku.

Jakutsko nejvíce vyváží na export již zmíněné nerostné suroviny, kožešiny, energetické zdroje a paliva, drahokamy.

Republika Sacha má tedy vše, co potřebujete pro vybudování prosperujícího životu - bohaté přírodní zdroje, dlouhodobé strategické plány a rozvoje, stabilní sociální situaci, pozitiv-

ní dynamika přirozeného růstu, vysokou úroveň vzdělání obyvatelstva a relativně mladé ekonomicky aktivní pracovní síly. [19]

4.7.1 Zemědělství a průmysl

Jelikož celou oblast svazují chladné a drsné klimatické podmínky skoro po celý rok. Je zemědělství velice speciální a lidé se už od prvního příchodu s tím museli vyrovnat. Zemědělství je tedy zaměřeno především na rybolov díky velkým řekám, jako je Lena, dále je to chov koz, ovcí, jelenů, koní. Převyšuje zde zejména živočišná výroba. Při pěstování se využívá nejvíce brambor, pšenice, ječmene, ovse, zeleniny a jiné spíše odolné plodiny. Mezi základní průmyslová odvětví v Jakutsku patří potravinářský průmysl, dřevozpracující průmysl, zpracovatelský průmysl, těžební průmysl (zlato, diamanty, cín, slída, antimon, uhlí) a zpracovatelský průmysl. Republika má svůj monopol na výrobu antimonového koncentrátu. A mezi největší elektrárny se řadí Jakutská, Čulmanská, Něrjungrijská. [19]

4.7.2 Doprava

Doprava v Jakutsku je díky řídkému osídlení a velkým vzdálenostem mezi městy zaměřena především na leteckou a lodní (po velkých řekách - Lena). Velice důležitá je však, ale silniční doprava. Jenda z nejvýznamnějších federálních silnic je trasa mezi Kolymou - Jakutskem - Magadanem. Bohužel je sjízdná jen v zimě, kdy je řeka Lena zamrzlá. Naprostá většina ostatních cest je podobně jako tato hlavní dopravní osa vybudovaná v nezpevněné formě z ujetých mas hlíny, písku a stěrku. Pouze ve městech a místních regionálních centrech jsou úseky asfaltových cest. Tyto cesty jsou ale vzhledem k drsným klimatickým podmínkám neustále a nákladně opravované, díky jejich častému popraskání. Silnice z Jakutska do Magadanu na pobřeží Pacifiku vděčí za svůj vznik gulagům. Cesta kostí, jak se ji říká, stála život přibližně milión vězňů. K urychlení stavby došlo roku 1949, kdy byl v této oblasti nalezen první diamant a tak vypukla zlatá horečka.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 PROJEVY A DUSLEDKY KLIMATICKÝCH ZMĚN V JAKUTSKU

5.1 Abiotické prostředí

Abiotické prostředí je takové prostředí, které není ovlivňováno živými organismy. Takové prostředí souvisí s neživou složkou Země.

Mezi tyto složky patří:

- Světlo a sluneční záření
- Teplo
- Půda
- Vzduch
- Voda

Světlo a sluneční záření

Sluneční záření slouží jako zdroj tepla, světla a energie pro život na Zemi.

Rozdělení slunečního záření podle vlnové délky:

- Ultrafialové záření (100 - 390 nm) - Je z velké části zachyceno ozonovou vrstvou. V malých dávkách má pozitivní vliv na člověka - tvorba vitamínu D. Ve velkých dávkách má negativní vliv na člověka - mutagenní účinky = tvorba rakoviny.
- Viditelné záření – světlo (390 – 760 nm) - Každý druh organismu vnímá světlo jinak a proto rozsah spektra je u každého jiný. U člověka je to (400 – 750 nm) u včely (300 – 600 nm). Viditelné světlo je to základní zdroj pro tvorbu fotosyntézy. Ovlivňuje rostliny i živočichy. Má vliv na fotoperiodismus a je příčinou přírodních biorytmů a biologických jevů.
- Infračervené záření (800 - 5000 nm) - Velice významný zdroj tepla jak pro organismy tak neživá tělesa.

Tepl

- Zdrojem tepla je sluneční záření, infračervené záření, příjem tepla z okolí, exotermní reakce metabolismu.
- Optimální teplota u většiny organismů je 15-30°C
- Tepl ovlivňuje Biochemické reakce a má vliv na rostliny i živočichy.

Půda

- Vzniká působením půdotvorných činitelů a zvětráváním matečné horniny a nerostů. Obsahuje složku pevnou, plynou, a kapalnou. Je zdrojem anorganických živin a minerálních látek pro organismy.
- Ovlivňuje rostliny i živočichy. Soubor všech žijících organismů v půdě se nazývá Edafon

Vzduch

- Je směs a zdroj chemických látek, které jsou potřebné k životu. Nejdůležitější je kyslík, který potřebuje k dýchání, ale také oxid uhličitý bez kterého by neprobíhala fotosyntéza.
- Organismy ovlivňuje fyzikálními vlastnostmi jako je tlak, hustota, proudění ale i chemickými vlastnostmi jednotlivých prvků zastoupených v ovzduší.

Voda

- Voda je nezbytná pro život na Zemi, je součástí těl člověka i organismů. Voda zabírá 2/3 veškerého zemského povrchu. Vodu můžeme najít ve všech třech skupenstvích.
- Ovlivňuje život organismů svými chemickými a fyzikálními vlastnostmi. [3]

5.1.1 Termokrasova jezera

Termokrasová jezera se nachází v oblastech s velmi chladným podnebím. Jejich výskyt se formuje na povrchu ledovců a v blízkosti permafrostu. Pro jejich vznik jsou velmi vhodné okrajové místa části ledovců. Tyto jezera se tvoří díky přítomnosti tajícího permafrostu, poklesem povrchu a degradací ledu. Velká část takových jezer je mělká ale objemná.

5.1.2 Alasy

Alasy jsou deprese typu ploché kotliny, které se nachází v regionech s výskytem permafrostu. Tyto deprese byly vytvořeny táním podpovrchového ledu díky globálnímu oteplování klimatu. Díky tomu mohou vznikat prohlubně. Průměry prohlubní se liší od desítek metrů až několik kilometrů; hloubky v rozmezí 1 - 15 m (zřídka až 30 m). Prohlubně jsou pokryty například stepní vegetací, loukou, nebo jsou vyplněné vodou a vznikne jezero. Alasy jsou typické pro Jakutské pláne a mohou se využívat pro zemědělské účely.

Na území Ruska, je celková hmotnosti podzemních částí ledu přibližně 19000 km³. Zásadní význam zde jsou opakující se puklinové zmrzliny a vrstevnaté ložiska podzemního ledu. Opakující se puklinové ledy mají dominantní roli v severní části západní Sibiře, ve středním Jakutsku a na pobřežních nížinách severního Jakutska. Rozvrstvené ložiska ledu se často vyskytují zejména na severu západní a střední Sibiře, a na pobřežních nížinách Čukotky. Největší objemový obsah ledu (ledovost) z trvale zmrzlých hornin (více než 40%), je na arktickém pobřeží nížin Ruska a v centrálním Jakutsku (Kotlyakov, Khromova, 2002). [18]

5.1.3 Jezera termokrasových depresí

Jezera termokrasových depresí se tvoří v morénách a to bočních, čelních nebo koncových. Počet takto vytvořených jezer může být na jedné moréně několik. Velmi často se také vyskytují v bazálních morénách po ústupu ledovce (Vilímek et al., 2005a). Vznikají odtáváním permafrostu a pohřbeného ledu. Voda z tajícího ledu a sněhu se hromadí a zadržuje a tím vznikají jezera. Taková jezera mohou být bezodtoká, nebo mají povrchový odtok vody, nebo jsou odvodňována podzemními vnitromorénními odtokovými kanály. Když se tyto kanály ucpou, dojde ke zvýšení hladiny vody a tlaku na hráz, čímž může dojít k jejímu protržení. Jezera termokrasových depresí mají objem desítek tisíc m³ a jejich hloubka může být kolem 20-30 m. Vzhledem ke své životnosti a velikosti jsou jezera většinou bezejmenná. V roce 2004 bylo dokumentováno 7 termokrasových jezer. [4]

5.1.4 Termokrasové formy

Pingo

Trvale zmrzlé neboli kryogenní masy se vyskytují s permafrostem v oblastech polárních, arktických a subarktických. A v takových místech se vytváří termokras ledových skal zvaný Pingo. Pingo nebo „malý kopec“ pochází z jazyka domorodých Inuitů. Na Sibiři je to ale známo jako Bulgunyakhis což je místní jakutský název pro Pinga. Pingo je hromada vyvýšené země, která vystupuje nad okolní terén a je pokrytá ledem. Může dosáhnout výšky 40-70 m a šířky až 600m v průměru. Jeho vrcholek je většinou propadlý do sebe v důsledku slabší svrchní vrstvy, díky tomu vzniká půdní deprese. Nejčastěji se vyskytují na Tajmyrském poloostrově, na severu západní Sibiře, v Zabaikaljie, a v Jakutsku.

Za přetrvávajícího roztavení ledových skal, se na povrchu po čase objeví zvláštní přírodní formy. Formy jako jsou například tzv. dřezy, dutinky, krátery (kužely), deprese s jezery a bez jezer, nebo originální kopcový dřez, který se nazývá Termokras. Ve středním Jakutsku na řece Lena-Amra a Lea-Viljuj v oblastech středního toku proudu. Tání podzemního ledu vytváří alasy. To jsou prostorná, často bezlesá místa s plochým dnem, nebo prohlubně zabírající oblast až několik kilometrů čtverečních. Alasy jsou obklopeny jezery, bažinami a loukami. [23]



Obrázek 1 – Pingo.[24]

Palsa

Palsa - Palsas jsou nízké, často oválné, zmrzlé a vyzdvižené země. Vyskytující se v oblastech s polárním a subpolárním podnebím. Palsas obsahují stále zmrzlé ledové čočky. Stejně jako pingos, palsas se skládají z ledového jádra překrývající půdu, ale jsou obecně menší než pingos. Často se vyskytují ve skupinách a můžou se vyvinout z podzemních vod bez dalšího hydrostatického tlaku. Palsas se nacházejí v oblastech s nesouvislým permafrostem, a v těchto oblastech mohou být jediným spolehlivým důkazem permafrostu. Palsas potřebují velké množství vody pro tvorbu jejich ledových čoček, a z tohoto důvodu se vyskytují zejména v rašeliništi. [22]



Obrázek 2 – Palsa.[25]

5.2 Biotické prostředí

Je to veškerá živá příroda, energie, organismy a vztahy mezi nimi. Nejdůležitější faktory, které prostředí ovlivňují, jsou způsob a kvalita výživy.

Biotické prostředí zahrnuje také: Populaci, Společenstvo, Ekosystém, Biosféru.

5.2.1 Vodní ekosystémy, Mokřady

Mokřady a jezera patří mezi velice cenné ale zároveň taky velmi ohrožené ekosystémy na světě. Vyvinula se v nich totiž specifická společenstva rostlin a živočichů, které mezi sebou žijí ve velmi křehké rovnováze. Díky zvyšující se intenzitě oběhu vody, která sebou nese bahno, kal a často i lidské odpady se hloubka mokřadů zmenšuje. Mění se struktura mokřadů a i obsah živin v nich. Jejich křehkému ekosystému nepomáhá ani průmyslová činnost nebo kyselá deště.

Sladkovodní mokřady se nachází v záplavových územích velkých řek. Díky globálnímu oteplování se taková záplavová území budou rozšiřovat. Mezi hlavní typy sladkovodních mokřadu jsou slatiniště, vrchoviště a marše (bláta). Takové mokřady se doposud objevovaly v oblastech mírného pásma, kde jsou vysoké srážky, například sever a severozápad Severní Ameriky, v Evropě či Asii. Ale v souvislosti s globálním oteplováním lze předpokládat jejich rozšíření do oblastí s dočasným permafrostem. Tající permafrost zvětší rozlohu mokřadů, které jsou již nyní velmi rozsáhlé a to zejména v severní části ruské Sibiře.

Slané mokřady se vyskytují v mělkých šelfových pásmech a na místech styku pevniny a moře kde se mísí slaná voda se sladkou. Nachází se v tropických oblastech.

Společným znakem obou druhů mokřadů je velké množství bio hmoty ale také uvolňující se metan, který bude významně zvyšovat globální oteplování. Sibiřský permafrost (Kadrnožka, 2008)

5.2.2 Migrace zvířete

Migrace znamená posun hranice výskytu určitého druhu ze svého doposud známého teritoria. Díky globálnímu oteplování nejde jen o migraci zvířete ale také hmyzu, rostlin a dalších živočichů. Tito všichni zástupci asi 1 700 všech druhů postupně migrují směrem od rovníku k pólům do větších zeměpisných šířek po celém světě. Průměrná rychlost takové migrace za jedno desetiletí je asi 6 km (Kadrnožka, 2008). Díky narůstajícímu a zrychlujícímu oteplování se rychlost a množství druhů zvětšuje. Jelikož každý určitý zástupce a druh reaguje na změny klimatu rozdílně, je také rozdílná jejich migrace. V jihozápadní Sibiři se medvědi hnědí díky teplé zimě neuloží k zimnímu spánku, a proto se toulají po lesích a hledají potravu.

5.3 Současné klimatické změny a jejich vliv na infrastrukturu Jakutska

V současné době byly globální klimatické změny uznány nejen jako ekologický problém, ale také jako problém ekonomiky a bezpečného života lidí. V první řadě budou změny životního prostředí ovlivňovat funkci takových odvětví, které jsou k dispozici a omezena těmito složkami ekosystému jako je zemědělství, lesnictví, vodního hospodářství, rekreaci a volný čas, průmyslu, energetiky, stavebnictví, doprava, důlní průmysl. Samozřejmě, že v těchto odvětvích, jsou výsledky celosvětové změny klimatu vázány na vodní ekosystémy, to může být jak pozitivní tak negativní; Nicméně extrémní klimatické jevy a jiné náhlé změny, které poskytují méně času na adaptaci, mají tendenci vážněji ovlivňovat systémy podpory života včetně dopravy. Zároveň je třeba poznamenat, že pro Sibiř, a to zejména v severních oblastech, kde dochází k rozvoji dopravních komunikací, hrála adaptace vždy zásadní význam. Každá změna podmínek, za nichž jsou tyto komunikace konstruovány a využívány tak může komplikovat fungování prakticky všech odvětví ekonomiky. Doprava je důležitá část současného hospodářství Jakutska, protože zajišťuje přenos životně důležitého nákladu, zboží a osob. To hraje významnou roli v zajištění kvality života a životní úrovně na severu.

Doprava poskytuje nepřetržité dodávky pro tyto strategické sektory ekonomiky jako je těžba a další. Dopravní síť nejen že uspokojuje lidské a ekonomické potřeby přímo v provozu, ale také tvoří materiální základ pro sociální a hospodářský rozvoj regionu. V současné době v Jakutsku fungují prakticky všechny druhy dopravy, tedy železniční, letecké, motorové, ale i vodní (moře a řeky), a také potrubí provoz. Železniční doprava je v Jakutsku nejmladší. Její další vývoj bude v republice Jakutsko vytvářet příležitosti pro posílení hospodářského rozvoje regionu, úspěšné využívání ložisek nerostných surovin v jižním Jakutsku, rozšíření celoročního pásma dopravní dostupností pro značnou část území republiky (s podstatnou částí jejich obyvatel), a tím dojde ke snížení nákladů na dodávky zboží. Plánována výstavba mostu přes řeku Lena se tak přímo spojí hlavní město republiky Jakutsk City, s celou ruskou železniční sítí. V jihovýchodním Jakutsku, výstavba terminálu železniční trati Ulak-Elga je téměř hotový, a to tím bude propojena Baykal-Amur železnice s úložištěm uhlí Elga. Jakutsko disponuje mezi ruskými regiony, poměrně rozvinutou leteckou dopravu. Do počátku roku 2010, působilo na území Jakutska 23 letišť. Letecká doprava zajišťuje největší část osobní dopravy v republice a pokrývá asi 65% z celé osobní dopravy. Kromě dálkové osobní dopravy. [24]

5.4 Transport a logistika

Zvyšující se četnost extrémních meteorologických dějů výrazně zvyšuje zranitelnost infrastruktury. Přitom nejde jen o extrémní klimatické jevy ale i o působení nevýrazných procesů, které se mohou často měnit ze dne na den. Jde například o střídání období sucha a deště, tání a opětovné zmrznutí nebo promrzání, působení větru a slunce jako zdroj tepla a záření. To vše má velký vliv na infrastrukturu a její životnost. Nejvíce se globální oteplování projevuje na cestách, silnicích či dálnicích v severních oblastech s výskytem permafrostu. Jelikož při tání se póry v silničních materiálech se zaplní vodou a ta po zmrznutí praská a způsobuje trhliny. Jedna z oblastí s problematickou infrastrukturou je právě Jakutsko. Transport se zajišťuje převážně díky terénním automobilům, nákladním automobilům ale také lodní dopravy po řekách. Celé logistika je závislá na přírodních podmínkách a ne kvalitní infrastruktuře.

Nejen cesty ale i domy, banky a různé budovy začínají vykazovat známky porušené tektoniky, objevují se praskliny a podloží některých budov začíná být nestabilní. Na jaře když začne tát vrchní vrstva permafrostu tzv. činná vrstva její tání je pravidelně se opakujícím jevem, kteří místní stavitelé dobře znají a musí se s tím umět vypořádat. Problém je v tom, že tato vrstva původně o síle 1-2 m dosahuje každým rokem větší hloubky a ohrožuje základy města.

Odborníci na stavebnictví se v tomto směru dělí na dvě skupiny. Podle jedněch je na vinně globální oteplování planety, podle druhých je to díky nerespektování specifických pravidel pro stavbu na věčně zmrzlé půdě.

Při stavbě se navrtává zmrzlá půda až do hloubky 12-15m až na stabilní vrstvu permafrostu, poté se do vyhloubených děr zapouštějí obří hranoly z vyztuženého betonu, permafrost kolem nich znovu zmrzne a sevře je ledem. Takové obrovské piloty zapuštěné do země slouží jako základ pro stavbu budov. Piloty váží okolo 10 000 tun. Přesto tu hrozí určité nebezpečí, pokud permafrost začne tát, celé město se sesype a zanikne.

6 DISKUZE – DOPAD ZMĚNY KLIMATU NA INFRASTRUKTURU

6.1 Dokumentace – Současná degradace infrastruktury v Jakutsku

Na následujících obrázcích je vidět typická infrastruktura v Jakutsku. Tyto cesty jsou převážně všechny vytvořené na trvale zmrzlé půdě neboli permafrostu z udusaných a uježděných směsí hlíny, písku, kamení a šterku. Ten je vybírán z místních geologických výchozů podél cest buldozery. Materiál se většinou nepřiváží. Asfaltové cesty, které jsou velice náročné na údržbu a opravy, najdete jen výjimečně a převážně v hlavním městě Jakutsku. Nejvíce se cesty ničí v letních měsících, když svrchní vrstva permafrostu povolí a jsou častější srážky. Silnice se začnou rozjíždět pod tíhou nákladních aut, jsou blátivé, nestabilní a je obrovský problém dostat se z místa na místo. To má za následek ekonomickou, sociální a kulturní ztrátu pro všechny obyvatele. Díky opravdu velmi rozrušeným silnicím, ve kterých zapadne skoro každé auto, je těžké normálně každodenně fungovat a žít. Lidé se nemohou dostat do práce, děti do škol. Dovážky jídla, zboží, surovin, oblečení jsou totiž závislé na transportu po místních komunikacích a cestách. Je tím narušen celý koloběh obchodu, práce, vzdělání, a celkového života lidí v Jakutsku.



Obrázek 3 - cesta do Jakutska. [26]



Obrázek 4 - rozbláčená cesta, která je důsledkem tání permafrostu.[26]



Obrázek 5 - typický příklad silnice v Jakutsku.[26]



Obrázek 6 - jedna z nejlepších cest do Jakutska. Pro místní je to dálnice.[26]



Obrázek 7 - další příklad Jakutské „dálnice“.[26]



Obrázek 8 - vlivem častých dešťů, se silnice mění v blátivá pole.[26]



Obrázek 9 - další příklad velmi rozblácených cest u místního obydlí.[26]



Obrázek 10 - příklad kamionové dopravy, která cesty velmi ničí, ale pro obyvatele je důležitá.[26]



Obrázek 11 - místní a často provizorní obydlí a obyvatelé, kteří jsou na drsné podmínky zvyklí.[26]



Obrázek 12 - lodní-automobilová doprava, (trajekt na řece. Leně).[26]



Obrázek 13 - příklad Magadanskeho traktu.[26]

Celá oblast severovýchodní Sibíře a Jakutska se potýká s nehostinným podnebím a prostředím. Díky tomu, že v teplejších letních měsících jsou teploty přijatelné a často dosahují i 20 °C, jsou cesty mnohdy nesjízdné, rozbořené, blátivé. A to proto, že všechno je v této zemi postavené na permanentně zmrzlé půdě zvané permafrost. Kvůli globálnímu oteplování se roční teploty neustále zvyšují. To pomáhá narušovat svrchní vrstvu permafrostu a následně k jeho tání. Když se stane, že zapadne nákladní nebo osobní automobil, je veliký problém ho vyprostit a dostat zpět na silnici. Protože města jsou od sebe velmi vzdálená, je složité volat někoho o pomoc. Mnohdy takové vyproštění trvá i týden, než se k vám někdo dostane. Proto se v teplých měsících, když řeky nejsou zamrzlé, hojně využívá lodní doprava, za pomoci trajektu.

Například řeka Lena je velice frekventovanou řekou, po které se převáží nejrůznější věci, jídlo, nerostné suroviny ale také právě zmiňované nákladní a osobní automobily. Trajekty jsou samozřejmě využívány i k přepravě osob. V zimních měsících je situace jiná. Cesty už nejsou blátivé a rozbředlé ale pevné a zamrzlé. Problémem může naopak být velký přísun sněhu, nízké teploty a tvořící se několikametrové závěje. I to způsobuje problém v dopravě. A následně i ekonomické ztráty. Výhodou je, že řeky a jezera jsou většinou zamrzlé natolik, že se po nich dá přejíždět a tím si lidé můžou zkrátit cestu nebo ušetřit drahocenný čas.

ZÁVĚR

Závěrem bych chtěl říct, že globální oteplování planety Země, je neustále diskutované a projednávané téma po celém světě. Ať už je jeho vliv jakýkoliv. Jeho příčiny, důsledky a projevy na přírodu a okolí kolem nás je nezpochybnitelné. Jak ale víme z minulosti, taková teplá období se na planetě již vyskytovala a je otázkou, zda se nejedná jen o periodicky opakující se jev. Samozřejmě spalování fosilních paliv a koncentrace výfukových plynů přírodě neprospívá, ba naopak globální oteplování jen podporuje. Jeden z velkých a doposud neřešitelných problémů je působení globálních klimatických změn na životní prostředí a infrastrukturu.

V první kapitole teoretické části je obecně definováno globální oteplování a změny klimatu. Jeho příčiny projevy ale také důsledky, které způsobuje a vyvolává.

Další část teoretické části je zaměřena na charakteristiku, formy a geografické rozšíření permafrostu.

Poslední kapitola teoretické části mé bakalářské práce, pojednává o charakteristice Republiky Sacha – Jakutsko.

V praktické části jsou zkoumány projevy a důsledky klimatických změn v SV Sibiři v Jakutsku. Ale také působení biotických a abiotických prvků v prostředí.

V poslední kapitole praktické části bakalářské práce jsou popsány dopady změny klimatu na infrastrukturu a její současná fotografická dokumentace.

Cílem mé práce bylo seznámení se s dostupnou publikací na téma degradace a tání permafrostu v SV Sibiři v důsledku klimatických změn působících na infrastrukturu a životní prostředí v Jakutsku.

Myslím si, že cíl bakalářské práce je naplněn a téma degradace permafrostu a vliv klimatických změn na infrastrukturu a životní prostředí v Jakutsku je velmi aktuální. Podle mého názoru, by se touto tematikou měla zabývat nejen země Jakutsko, ale i další země, které mají stejné problémy jako na SV Sibiři.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BARROS, Vicente. *Globální změna klimatu*. 1. vyd. Praha: Mladá fronta, 2006, 165 s., [24] s. barev. obr. příl. ISBN 80-204-1356-1.
- [2] Encyklopedie CoJeCo. 2000. *Aridizace* [online]. [cit. 2015-05-12]. Dostupné z: http://www.cojeco.cz/index.php?id_desc=4847&s_lang=2&detail=1&title=aridizace
- [3] Biomach, výpisky z biologie. 2005. *Abiotické faktory prostředí* [online]. [cit. 2015-05-08]. Dostupné z: <http://www.biomach.cz/ekologie/abioticke-faktory-prostredi>
- [4] Geomin s.r.o. 1999. *Vysokohorská jezera* [online]. [cit. 2015-05-08]. Dostupné z: <http://geominprojects.com/28-alpine-lakes-in-kyrgyzstan.html>
- [5] *Global warming and the human - nature dimension in Siberia: Social adaptation to the changes of the terrestrial ecosystem, with and emphasis on water environments* [online]. 2013. Yakutsk, Russia [cit. 2015-05-11].
- [6] HRBÁČEK, Filip. 2011. *ZMĚNY PŮDNÍ VLHKOSTI V OKOLÍ STANICE J. G. MENDELA* [online]. Brno [cit. 2015-05-07]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/323847/prif_b/bp_hrbacek.txt. Bakalářská práce. MASARYKOVA UNIVERZITA.
- [7] JELÍNEK, Jan. 2010. NAUKA O ZEMI pro technické obory. *Globální oteplování* [online]. [cit. 2015-05-11]. Dostupné z: <http://geologie.vsb.cz/jelinek/tc-global-oteplovani.htm>
- [8] KADRNOŽKA, Jaroslav. *Globální oteplování Země: příčiny, průběh, důsledky, řešení*. Vyd. 1. Brno: VUTIUM, c2008, 467 s. ISBN 978-80-214-3498-1.
- [9] Kadrnožka, Jaroslav. *Energie a globální oteplování: Země v proměnách při opatřování energie*. Vyd. 1. Brno: VUTIUM, 2006. 189 s. ISBN 80-214-2919-4.
- [10] KLAUS, Václav. *Modrá planeta v ohrožení: (sborník nových textů o globálním oteplování)*. 1. vyd. Praha: Dokořán, 2009, 227 s. ISBN 978-80-7363-277-9.

- [11] KLIMATICKÉ KOALICE A CEE BANKWATCH NETWORK. *Nejnovější vědecké poznatky o změně klimatu*[online]. Prosinec 2013 [cit. 2015-04-29]. Dostupné z: http://www.fors.cz/wpcontent/uploads/2014/02/brozura_klima_final_web.pdf
- [12] KOTLYAKOV, KHROMOVA. 2002. Description of Russian Permafrost. *National snow and ice data center* [online]. [cit. 2015-05-07]. Dostupné z: https://nsidc.org/data/docs/fgdc/ggd600_russia_pf_maps/russian_permafrost_desc.html
- [13] KUTÍLEK, Miroslav. *Racionálně o globálním oteplování*. 1. vyd. Praha: Dokořán, 2008, 185 s. ISBN 978-80-7363-183-3.
- [14] MALKOVA, G.V., A.V. PAVLOV a Yu.B. SKACHKOV. 2011. *PERMAFROST MONITORING AND PREDICTION: ASSESMENT OF PERMAFROST STABILITY UNDER CONTEMPORARY CLIMATIC CHANGES* [online]. Vol. XV, . [cit. 2015-05-10].
- [15] National geographic - česko. 2015. *Globální oteplování zvrátilo trend ochlazování Země trvající 2000 let* [online]. National Geographic Society and Astrosat Media, s.r.o. [cit. 2015-05-11]. Dostupné z: <http://www.national-geographic.cz/clanky/globalni-oteplovani-zvratilo-trend-ochlazovani-zeme-trvajici-2000-let.html#.VVD61qLkpgl>
- [16] PRETEL, CSC, RNDr, Jan. Ekologie hospodárnost: Pro-energy. In: *Současná realita globální změny klimatu*[online]. [cit. 2015-04-29]. Dostupné z: <http://www.pro-energy.cz/clanky3/3.pdf>
- [17] Rámcová úmluva OSN o změně klimatu. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. Ministerstvo životního prostředí, © 2008–2015 [cit. 2015-04-29]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/ramcova_umluva_osn_zmena_klimatu/\\$FILE/OMV-cesky_umluva-20081120.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/ramcova_umluva_osn_zmena_klimatu/$FILE/OMV-cesky_umluva-20081120.pdf)
- [18] The free dictionary: Alasy. 2010. *Encyclopedia: Alasy* [online]. [cit. 2015-05-12]. Dostupné z: <http://encyclopedia2.thefreedictionary.com/Alasy>

- [19] *Všeobecné informace na oficiálních stránkách republiky* [online]. Jakutsk: Администрация Президента и Правительства РС(Я), 2010, [cit. 2012-09-11]. Dostupné z: <http://www.sakha.gov.ru/node/448>
- [20] Příspěvatelé Enviwiki, *Globální oteplování* [online], c2014, Datum poslední revize 28. 04. 2014, 13:42 UTC, [citováno 11. 05. 2015] Dostupný z WWW: <http://www.enviwiki.cz/w/index.php?title=Glob%C3%A1ln%C3%AD_oteplov%C3%A1n%C3%AD&oldid=13720>
- [21] *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Globální oteplování* [online]. c2015 [citováno 11. 05. 2015]. Dostupný z WWW: <http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Glob%C3%A1ln%C3%AD_oteplov%C3%A1n%C3%AD&oldid=12537508>
- [22] Wikipedia, The Free Encyclopedia.: Palsa. 2015. *Wikipedia, The Free Encyclopedia.: Palsa* [online]. [cit. 2015-05-12]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Palsa>
- [23] *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Pingo* [online]. c2014 [citováno 12. 05. 2015]. Dostupný z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Pingo&oldid=12017884>>
- [24] WILEY, John. 2004. Permafrost and Periglac. Process: Thermokarst as a Short-term Permafrost Disturbance, Central Yakutia. *PERMAFROST AND PERIGLACIAL PROCESSES* [online]. [cit. 2015-05-08]. DOI: 10.1002/ppp.473. Dostupné z: www.interscience.wiley.com
- [25] *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Sacha* [online]. c2015 [citováno 12. 05. 2015]. Dostupný z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Sacha&oldid=12285310>>
- [26] <http://www.profudegeogra.eu/wp-content/uploads/2011/09/Pingo-in-Canada.jpg>
- [27] <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9c/Palsaaerialview.jpg>
- [28] Obr. č. 3 – 13 : prof. PhDr. Jiří Chlachula, PhD. et Ph.D.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Km ²	Kilometry čtvereční
m. n. n	Metry nad mořem
EU	Evropská Unie
°C	Teplotní stupeň celsia
Cm	Centimetr
m	Metr
fig.	Mapa
yr.	Rok
Δt air	Teplotní index větru
$K\alpha$	Bezrozměrný koeficient
α_{tg}	Hodnota půdy
α_{ta}	Hodnota vzduchu
SZ	Severozápad
mld.	Milarda
CO ₂	Oxid uhličitý
CH ₄	Metan
N ₂ O	Oxid dusný
H ₂ O	Vodní pára
SF ₆	Fluorid sírový
PFCs	Polyfluorovodíky
HFCs	Hydrogenované fluorovodíky
%	Procenta
TCM	Bilión kubických metrů
IPCC	Mezivládní vědecký panel pro změnu klimatu

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Pingo.[24]	40
Obrázek 2 – Palsa.[25]	41
Obrázek 3 - cesta do Jakutska. [26]	45
Obrázek 4 - rozbláčená cesta, která je důsledkem tání permafrostu.[26]	46
Obrázek 5 - typický příklad silnice v Jakutsku.[26]	46
Obrázek 6 - jedna z nejlepších cest do Jakutska. Pro místní je to dálnice.[26]	47
Obrázek 7 - další příklad Jakutské „dálnice“. [26]	47
Obrázek 8 - vlivem častých dešťů, se silnice mění v blátivá pole.[26]	48
Obrázek 9 - další příklad velmi rozbláčených cest u místního obydlí.[26]	48
Obrázek 10 - příklad kamionové dopravy, která cesty velmi ničí, ale pro obyvatele je důležitá.[26].....	49
Obrázek 11 - místní a často provizorní obydlí a obyvatelé, kteří jsou na drsné podmínky zvyklí.[26]	49
Obrázek 12 - lodní-automobilová doprava, (trajekt na řece. Leně).[26]	50
Obrázek 13 - příklad Magadanskeho traktu.[26]	50

SEZNAM MAP

Fig. 1 - Variace průměrné roční teploty vzduchu v severním Rusku v posledním desetiletí.[12]	25
Fig. 2 - Průměrný roční vývoj teploty vzduchu na Sibiři a v severní části evropského Ruska.[12].....	26
Fig. 3 - Mapa termální stability zmrzlé země (permafrostu) v Rusku.[12].....	28