VLIV DEGRADUJÍCÍHO PERMAFROSTU NA LOKÁLNÍ EKOSYSTÉMY A LIDSKOU SPOLEČNOST CENTRÁLNÍ ASIE

Lucie Jánošíková[1] - David Juřička [1] - Jindřich Kynický[1]
[1] Ústav geologie a pedologie, Mendelova Univerzita v Brně, Zemědělská 3, 61300 Brno, Česká republika

Abstrakt

Cílem tohoto příspěvku je shrnout nejvýznamnější dopady degradujícího permafrostu jednak na ekosystémy, ale také na lidskou společnost. Degradace permafrostu je v současnosti ovlivněna dvěma hlavními faktory – změnou klimatu a lidskými zásahy do přírodního prostředí. Důsledky procesu degradace jsou nejvíce patrny v ekosystémech, kde dochází ke změně vegetačního krytu či mizí vodní plochy. Změny v přírodních systémech mají sekundární vliv i na lidskou populaci. Dochází k deformaci potrubí, narušení statiky domů či poklesu intenzity pastevectví.
Klíčová slova: permafrost, degradace, Centrální Asie

Abstract

An aim of this article is to summarize the most significant impacts of degraded permafrost on ecosystems and human society. The process of degradation is influenced by two major factors – climate changes and anthropogenic encroachment to environment. Consequence of this process significant mainly in ecosystems, where vegetation coved is changed and water bodies disappear. Changes in nature secondarily influence human society. Oil pipes are warped, structural stability is disturbed and there is also decrease in nomadism.
Key words: permafrost, degradation, Central Asia

Úvod

Mezinárodní asociace pro výzkum permafrostu IPA (International Permafrost Association) definuje permafrost jako „půdu, jejíž teplota zůstává minimálně po dobu dvou, po sobě jdoucích let na úrovni bodu mrazu, tedy 0 °C, nebo klesá pod tuto hodnotu“. Dle nejpoužívanější klasifikace mohou být rozlišovány 3 základní kategorie permafrostu: *Kontinuální* – vyskytuje se na 90 – 100 % území; *Nesouvislý* – 50 – 90 % území; *Sporadický* – 0 – 50 % území IPA (2011). Na povrchu permafrostu se vyskytuje tzv. „aktivní vrstva“. Tato část půdního profilu sezóně taje a znovu zamrzá díky interakci s atmosférou a vlivem dalších faktorů jako jsou vegetační pokryv či půdní mikroorganismy (NSIDC, 2009).

Permafrost se vyskytuje na obou polokoulích planety Země ovšem s rozdílnou distribucí a procentuálním zastoupením. Nepoměr rozlohy tohoto jevu je dán výraznějším zastoupením oceánů na jižní polokouli, zde se permafrost vyskytuje pouze v Patagonii, na Novém Zélandu a volných plochách Antarktidy. Do celkové plochy je také započítán tzv. podmořský permafrost neboli permanentně zmrzlé podmořské dno. Na severní polokouli zabírá permafrost (23 milionů km^2) tedy zhruba ¼ plochy. Tloušťka permafrostu se v průměru pohybuje v rozmezí 1 m – 1 500 m. Průměrná teplota vzduchu v oblastech přechodu mezi kontinuálním a nesouvislým permafrostem fluktuuje mezi -5 °C a -8 °C (IPA 2011).

Problematika je zpracována formou literární rešerše.

Degradace permafrostu

Většina permafrostového pokryvu, který se na naší planetě momentálně vyskytuje, byl formován během dob ledových a přetrval i teplejší doby meziledové jako např. Holocén. Avšak v posledních desetiletích je tento unikátní pokryv silně ovlivňován dvěma dalšími faktory – činností lidské společnosti a změnami klimatu. Tání permafrostu je jev, který je pozorován od 60. let 20. st., avšak důkazy o tomto fenoménu jsou spíše nepřímé – jedná se o změny

v pokryvnosti lesa a další vegetace tundry, ztráta původních typických ekosystémů např. jezera, propady půdy (IPA 2011).

Degradaci permafrostu lze také pozorovat prostřednictvím nepravidelného posunu jeho hranic směrem k severu v důsledku lokálních faktorů, kterými jsou rozmístění bažin, půdní vlhkost, vegetační i sněhový pokryv. Permafrost degraduje jednak ze shora (např. dešťovými srážkami, jež byly původně zachytávány lesním porostem, který byl vykácen) i ze spodu.

V oblastech, kde dochází k degradaci permafrostu, je možné pozorovat unikátní změny krajiny. Konkrétně se jedná o thermokarsts, pingos či drunken trees (pozn. názvy budou uváděny v angličtině, jelikož neexistuje český ekvivalent). *Thermokarsts* mohou být popsány jako nepravidelné terénní změny, přesněji se jedná o vznik pahorků, propadlin, tunelů či jeskyní právě v důsledku tání podloží (Obr. 1). Ve většině případů jsou tyto útvary vyplněny vodou právě z degradujícího permafrostu (Karlsson et al., 2012). *Pingos* jsou malé kulaté kopečky, jejichž jádro je tvořeno zmrzlými sedimenty. Mohou dosahovat výšky až 60 m a šířky 450 m. (Blyakharchuk et al., 2008). *Drunken forests* jsou stromy v lesním porostu, které byly vychýleny v důsledku úplného nasycení půdního profilu díky nepropustné vrstvě permafrostu nebo díky bažině, která zde vznikla roztáním permafrostu (Kokelj et al., 2003).

Obrázek 1: Thermokarst v národním parku Khan Khetei (Kynický, 2009)

<u>Vliv degradujícího permafrostu na ekosystémy</u>

Výraz ekosystém je velmi obšírný pojem. Ekosystémů existuje značné množství s rozličnými charakteristikami, není tedy možné dopady zobecnit. V této subkapitole bude poukázáno na tři konkrétní negativní dopady tajícího permafrostu na různorodá prostředí.

V oblasti Tibetské náhorní plošiny (QTP) jsou nerozšířenějším vegetačním pokryvem louky a mokřady, které výrazně regulují hydrologické poměry vodních toků a ovlivňují produktivitu lokálních pastvin. Genxu et al. (2012) se zabývá výzkumem sezónní distribuce a dynamiky půdní vody v oblastech s klesající vegetační pokryvností právě v oblastech QTP. V této oblasti probíhalo mnoho různých měření – výkyvy teplot během dne, nástup jara (lépe řečeno sezóny, kdy permafrost začíná tát), sezónní variace půdní teploty a roční změny půdní teploty a vlhkosti Podle výsledků lze konstatovat, že s poklesem vegetačního krytu dochází k nárůstu teploty, permafrost taje do větších hloubek. Závěrem bylo konstatováno, že čím vyšší je vegetační pokryvnost, tím vzdálenější je počátek nástupu tání permafrostu.

Dalším příkladem je vliv degradujícího permafrostu na vodní plochy. V roce 2005 uskutečnil Smith et al. (2005) výzkum, kdy porovnával satelitní snímky vybrané části Sibiře ze 70. let 20. st. s daty z let 1997 – 2004. Celková plocha zájmové oblasti byla 515 000 km^2. Počet velkých jezer (rozloha > 40 ha) poklesl z původních 10 882 na 9 712. Jinými slovy lze konstatovat, že se plocha více než 10% jezer buď zmenšila pod 40 ha nebo zmizela úplně. Celková zavodněná plocha se tedy zmenšila o 93 000 ha. Následný terénní výzkum potvrdil, že žádné z těchto jezer nebylo znovu naplněno vodou. Výzkum přinesl i zajímavé zjištění, že k poklesu počtu i plochy jezer došlo i přes nárůst množství srážek. Nejpravděpodobnější příčinou tohoto jevu jsou tedy změny způsobené degradujícím permafrostem, čemuž odpovídá i lokalizace vodních ploch v krajině.

Vliv degradujícího permafrostu je možné pozorovat i v půdním prostředí. Přesněji se jedná o činnost půdních mikroorganismů. Je všeobecně známo, že v permafrostu existuje značné množství

životaschopných prastarých organismů (Vorobyova et al., 1997). Celkové množství životaschopných mikroorganismů v permafrostu se pohybuje v rozmezí 10^2 – 10^6 buněk/g. Celkově je v zde zhruba 10^8 buněk/g (Vishnivetskaya et al., 2000). Jak vyplývá z výše uvedených informací, buňky v permafrostu jsou živé, nezůstávají v klidovém stavu. Tento fakt byl prokázán řadou nepřímých důkazů, jako jsou stopy enzymů či další biochemické procesy. Při procesu tání permafrostu dojde k nárůstu produkce metanu, což bylo potvrzeno i laboratorním experimentem. Do atmosféry bude tedy vypuštěn metan uložený v permafrostu, ale také ten, který bude vytvořen zvýšenou metanogenezí půdních mikroorganismů (Rivkina et al., 2003).

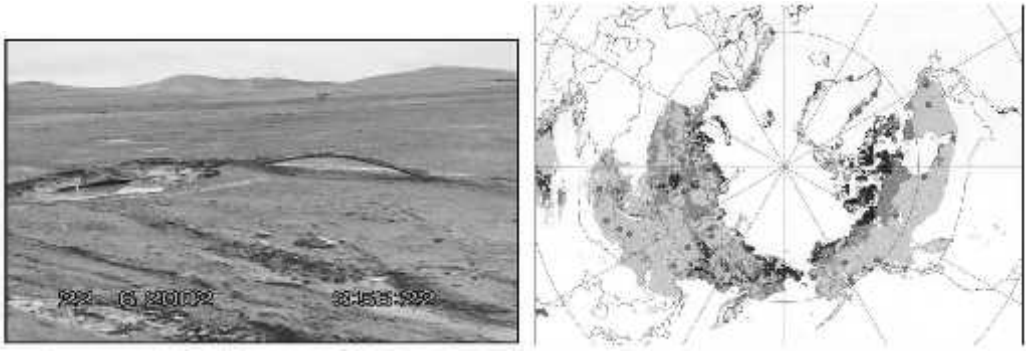
Vliv degradujícího permafrostu na lidskou společnost

Degradující permafrost sekundárně ovlivňuje i lidskou společnost. Konkrétně se jedná o škody na potrubí transportujících ropu, ničení a neprůjezdnost silnic, destabilizace budov, a v neposlední řadě úbytek pastvin (Osterkamp et al., 1997).

Odvětvím, kterou degradující permafrost výrazně ovlivňuje je potrubní doprava. Potrubí je vedeno permafrostem na dlouhé vzdálenosti, je tedy nezbytné tento aspekt brát v úvahu již při návrhu vlastního potrubí. To musí být speciálně upraveno podmínkám, které zde nastávají. Nejvíce je ovlivněno právě střídáním period tání a znovuzamrzání. Právě oscilací teplot v průběhu dne je nejvíce ohroženo potrubní vedení do budoucna. Neví se totiž, jaké klimatické změny přesně nastanou a jak velký bude teplotní skok (Jin, 2010). Největším problémem je ovšem zdvih již existujících potrubí. K takovému to jevu došlo např. v čínské oblasti Wuli v roce 2002 (Obr. 2), kde bylo potrubí zdviženo o 0,7 m nad terén v celkové délce téměř 4 m a došlo k výraznému prohnutí. Takovýto zdvih je nebezpečný hlavně vzhledem k riziku destrukce potrubí, která by znamenala značné poškození lokálního životního prostředí, ale i významné ekonomické ztráty. Situace také zvyšuje riziko krádeže potrubí, což je častým jevem právě v neobydlených oblastech Číny.

Dalším problémem je mechanická destrukce budov a silnic vybudovaných na trvale zmrzlé půdě (Osterkamp et al., 1997). IPA vytvořila mapu "*Circum-Arctic Map of Permafrost and Ground Ice Conditions"* znázorňující infrastruktury, které jsou ohroženy degradujícím permafrostem. Vyznačeny jsou 3 kategorie rizikovosti, body představují aglomerace a zvýrazněná pole osídlené oblasti (Obr. 2). Existuje zde velké riziko, že s narůstajícími globálními změnami poroste i počet takovýchto případů v budoucnu (Esch a Osterkamp, 1990).

Podle klimatických scénářů existují 2 nejpravděpodobnější varianty, jak bude vypadat krajina, kde roztál permafrost – buď zde vzniknou stepi nebo mokřady. V obou případech však dojde k úbytku ploch, které v současnosti využívají obyvatelé k pastevectví, což je pro některé obyvatele jediný zdroj příjmů a tradiční způsob života (Harris, 2010).



Obrázek 2: vlevo zdvih potrubí Wuli (Jin, 2010); vpravo mapa oblastní ohrožených degradací permafrostu (Brown et al., 1997)

Diskuse

V článku jsou vyzdviženy jednak dopady degradujícího permafrostu na ekosystémy, ale také na lidskou společnost. Ve skutečnosti však není možné tyto dvě skupiny oddělit, jelikož se vzájemně ovlivňují. Konkrétním příkladem může být metanogeneze půdních mikroorganismů (Rivkina et al., 2003). Ta je znásobena tajícím permafrostem v důsledku klimatických změn. Ovšem metan, jako produkt činnosti mikroorganismů, je skleníkovým plynem způsobujícím klimatické změny. Dalším faktorem negativně ovlivňujícím permafrost je odlesňování či antropogenní požáry. Oba tyto jevy jsou však pro Centrální Asii typické.

Cílem tohoto příspěvku bylo získání informací o dopadech degradujícího permafrostu jednak na krajinu, ale také na lidskou společnost. Informace získané touto cestou slouží jako startovací enkláva k mému terénnímu výzkumu. Dle mého názoru je nezbytné mít na problematiku holistický pohled, jelikož pouze tak je možné koncipovat výzkum jako ucelený a zahrnující veškeré faktory, jež jej ovlivňují. V rámci výzkumu si dovoluji vyslovit hypotézu, že „lidský zásah v jakékoli formě (deforestace, těžba, antropogenní požáry, atd.) ovlivňují degradaci výrazněji než klimatické změny“. Je zřejmě troufalé zastávat tento názor v silně technizovaném a antropocentrickém světě.

Závěr

Článek shrnuje formou literární rešerše dopady, jež má degradující permafrost na ekosystémy i lidskou společnost. Tematicky je zaměřen na Centrální Asii. Mezi významné problémy patří ztráta vodních ploch, jejichž podloží bylo tvořeno permafrostem, zásadní vliv vegetačního pokryvu na ochranu trvale zmrzlé půdy či metanogeneze životaschopných organismů v tomto půdním pokryvu. Fenomén tajícího permafrostu má dopady i na lidskou společnost – přesněji na lidská obydlí, cesty, potrubní dopravu či zdroje obživy.

Zdroje

BLYAKHARCHUK, T. A., WRIGHT, H. E., BORODAVKO, P. S., VAN DER KNAAP, W. O., AMMANN, B.. The role of pingos in the development of the Dzhangyskol lake – pingo complex, central Altai Mountains, southern Siberia. In: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeloecology, 2008, 257, 404-420.

BROWN, J., FERRIANS O.J., HEGINBOTTOM J.A., MELNIKOV E.S.. *International Permafrost Association Circum-Arctic Map of Permafrost and Ground Ice Conditions*. U.S. Geological Survey Circum-Pacific Map Series, Map CP-45. 1997, Scale 1:10,000,000.

ESCH, D.C., OSTERKAMP, T.E.. *Cold region engineering: Climatic warming concerns for Alaska*. Journal of Cold Regions Engineering, 1990, č. 4 (1), s. 6-14.

GENXU, W., GUANGSHENG, L., CHUNJIE, L., YAN, Y.*The variability of soil thermal and hydrological dynamics with vegetation cover in a permafrost region*. Agricultural and Forest Meteorology, 2012, č. 162-163, s. 44-57.

HARRIS, R. B. *Rangeland degradation on the Qinghai-Tibetan plateau: A review of the evidence of its magnitude and causes*. Journal of Arid Environments, 2010 , č. 1, s. 1-12.

International permafrost association (IPA). [Online] 2011 [Cit. 2013-01-20]. Available from www: http://ipa.arcticportal.org/resources/what-is-permafrost

JIN, H. *Design and construction of a large-diameter crude oil pipeline in Northeastern China: A special issue on permafrost pipeline*. Cold regions Science and Technology, 2010, č. 64, s. 209-212.

KARLSSON, J. M., LYON, S. W., DESTOUNI, G. *Thermokarst lake, hydrological flow and water balance indicators of permafrost change in Western Siberia*. Journal of Hydrology, 2012, č. 464-465, s. 459-466.

KOKELJ, S. V., BURN, C. R.. *“Drunen forest” and near-surface ground ice in Mackenzie Delta, Northwest Territories, Canada*. In: Permafrost. Phillips , Sprigman , Arenson (eds.), 2003, ISBN 90 5809 582 7.

National Snow & Ice Data Center (NSIDC) [Online]. *All about frozen ground*. 2009 [Cit. 2013-01-20]. Available from www: http://nsidc.org/cryosphere/frozenground

OSTERKAMP, T.E., ESCH D.C., ROMANOVSKY, V.E. *Infrastructure: Effects of climatic warming on planning, construction and maintenance*, Proc. of the BESIS Workshop, Univ. of Alaska, Fairbanks, AK, 1997, s. 115-127.

SMITH L. C., SHENF Y., MACDONALD G.M., HINZMAN L. D. *Disappearing Arctic Lakes*. Science, 2005, č. 308, s. 1429.

RIVKINA E., LAURINAVICHIUS K., MCGRATH J., TIEDJE J., SCHERBAKOVA V., GILICHINSKY D. *Microbial life in permafrost*. Advance Space Research, 2003, č. 33, s. 1215-1221.
VISHNIVETSKAYA T., KATHARIOU S., MCGRATH J., GILICHINSKY D., TIEDJE J. *Low-temperature recovery strategies for the isolation of bacteria from ancient permafrost sediments*. Extremophiles, 2000, č. 3, s. 165-173
VOROBYOVA, E., SOINA, V., GORLENKO, M., MINKOVSKAYA, N., MAMUKELASHVILI, A., ZALINOVA, N., GILICHINSKY, D., RIVKINA, E., VISHNIVETSKAYA, T. *The deep cold biosphere: facts and hypothesis*. FEMS Microbial rev., 1997, č. 20, s. 277-290.