

Základné problémy analýzy možnej zmeny klímy v 21. storočí

M. Lapin: Basic Problems Involved in Possible Climate Change in the 21 st Century. Život. Prostr., Vol. 39, No. 5, 245 – 249, 2005.

Main results of the Climate Change issues solving and on monitoring of climate change are presented in the paper. Slovakia approved the UN Framework Convention on Climate Change (FCCC) in August 1994 and collaborates in the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) analyses. Some of such activities have been realized by the Slovak National Climate Programme (established in 1991). Results of the IPCC and other international organization are presented briefly in the paper. Climate change issues are divided there into 5 main topics, some answers to selected questions are presented. More details on these issues can be also found on the web www.dmc.fmph.uniba.sk. Full texts of the IPCC reports are available on the web www.ipcc.ch, others also at the Slovak Hydrometeorological Institute and at the Slovak Ministry of Environment

Od r. 2001, keď Medzivládny panel pre klimatickú zmenu (*Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*) vydal tretiu správu o všetkých aspektoch analýz očakávanej (alebo už prebiehajúcej) klimatickej zmeny, ubehli 4 roky. Medzitým sa v *draft* verzii objavila štvrtá správa IPCC, ktorá vyjde pravdepodobne r. 2006 (autor ju má k dispozícii ako posudzovateľ). Pokúsime sa v skrátenom prehľade uviesť základné problémy analýzy možnej zmeny klímy v 21. storočí. Pripomeňme, že evolúcia klímy Zeme prebiehala už od jej vzniku pred takmer 5 miliardami rokov a klimatický systém Zeme fungoval v podstate bez uvedomelej činnosti človeka, teda viacej iba na základe prirodzených klimatotvorných procesov. Výnimkou bolo obdobie od začiatku tzv. priemyselnej revolúcie (približne od r. 1750), keď začali ľudia spaľovať uhlie, ropu, zemný plyn a iné fosílné palivá. Do atmosféry Zeme sa tak začal dostávať uhlík, ktorý bol biosféricky (predovšetkým fotosyntézou) viazaný milióny až desiatky miliónov rokov. Tento uhlík vraciame naspäť do atmosféry tak rýchlo, že sa s tým príroda nevie bez negatívnych dôsledkov vysporiadať. Podotýkam, že ak spaľujeme novú biomasu, teda drevo, slamu a pod., nedostáva sa do atmosféry tento prvok nad jeho prirodzenú úroveň, lebo ide vlastne o recykláciu uhlíka biosféricky zachyteného z atmosféry fotosyntézou pred rokom až niekoľkými desaťročiami.

V posledných dvoch-troch desaťročiach sa začalo svetové spoločenstvo významnejšie venovať aj možnému negatívne vývoju klímy na Zemi. Klimatológovia upozorňovali na túto skutočnosť už v päťdesiatych rokoch, keď sa zistilo závažné zvýšenie koncentrácie oxidu uhličitého (CO₂) v atmosfére Zeme (predovšetkým na základe podrobných meraní na hore Mauna Loa; r. 2005 to bolo už o 35 % nad prirodzenou úrovňou 285 ppmv) a potvrdili sa teórie o možnom súvisе „globálneho otepľovania“ a rastu „skleníkového efektu atmosféry“ (Lapin, 2000, 2002). Sústreďme sa však na informácie z Medzivládneho panelu pre klimatickú zmenu vydané po r. 2001 a z iných zdrojov.

Rámcový dohovor OSN o klimatickej zmene

Na Konferencii OSN o životnom prostredí a rozvoji (UNCED, Rio de Janeiro, 1992) bolo predložených na podpis 5 rámcových dohovorov, resp. konvencií OSN. Z nich sa problematiky klimatickej zmeny (zmeny charakteru podnebia v globálnom rozsahu vplyvom antropogénne podmieneného rastu skleníkového efektu atmosféry) bezprostredne dotýkal Rámcový dohovor OSN o klimatickej zmene (*Framework Convention on Climate Change – FCCC*) a Agenda 21.

Slovenská republika podpísala dohovor 19. mája 1993, NR SR ho ratifikovala 18. 8. 1994 a uložením ratifikačných listín v príslušnej inštitúcii OSN koncom augusta 1994 sa stala 89. právoplatným členom Konferencie zmluvných strán FCCC (1. zasadanie tejto konferencie bolo r. 1995 v Berlíne, 2. zasadanie v Kjóte r. 1997, posledné jedenáste v Montreale v decembri 2005), ktoré mali pripraviť celosvetové záväzné opatrenia v zmysle záväzkov obsiahnutých v dohovore.

Cieľom dohovoru je stabilizovať koncentráciu skleníkových plynov v atmosfére na takej úrovni, ktorá by umožnila predísť nebezpečným dôsledkom interakcie ľudstva a klimatického systému Zeme. Táto úroveň by sa mala dosiahnuť v prijateľnom časovom horizonte tak, aby sa mohli ekosystémy prispôbiť prirodzenou cestou zmene klímy, pričom by nebol ohrozený udržateľný rozvoj a potravinová bezpečnosť. Pod klimatickou zmenou tu rozumieme komplex zmien klímy vyvolaných antropogénne podmieneným zosilnením skleníkového efektu atmosféry, nezahrňujeme sem prirodzené zmeny a premenlivosť klímy (pokiaľ ich možno od seba odlíšiť).

Záväzky, ktoré vyplývajú z dohovoru možno rozdeliť do piatich tematických okruhov:

- Inventarizácia emisie skleníkových plynov a spresnenie teórie kolobehu skleníkových plynov v atmosfére Zeme,
- Opatrenia na redukciu emisie skleníkových plynov do atmosféry,
- Monitoring klimatickej zmeny,
- Odhad možných dôsledkov klimatickej zmeny,
- Opatrenia na zmiernenie jej možných dôsledkov.

Ide o súbor vedeckých (teoretických) a praktických aktivít v rôznych krajinách sveta, podstatnú časť z nich koordinuje a rieši *Medzivládny panel pre klimatickú zmenu* (IPCC), zriadený r. 1988 pod patronátom OSN. Slovensko sa hneď od začiatku aktívne zapojilo do týchto aktivít a jedným z príspevkov bolo ustanovenie *Národného klimatického programu* (r. 1991 spolu s ČR a od r. 1993 samostatne) so sídlom v Slovenskom hydrometeorologickom ústave v Bratislave. Kordinátorom programu je Ministerstvo životného prostredia SR.

Inventarizácia emisie skleníkových plynov a spresnenie teórie ich cyklov v atmosfére

Kľúčovým problémom je emisia a kolobeh oxidu uhličitého (CO₂), ktorý sa podieľa na globálnom otepľovaní asi polovicou. Nestačí iba monitorovať emisie CO₂ zo spaľovania fosílnych palív, ktoré sa dajú pomerne ľahko spočítať podľa všeobecne známej ťažby uhlia, lignitu, ropy, zemného plynu a iných fosílnych foriem uhlíka používaných na spaľovanie. CO₂ sa uvoľňuje napríklad aj pri výrobe cementu a rozklade orga-

nickéj hmoty. Treba lepšie poznať celý uhlíkový cyklus v prírode. Pokiaľ ide o fosílna palivá, očakáva sa, že r. 2005 bude predstavovať svetová emisia uhlíka takmer 10 mld. t (r. 1980 to bolo iba 5,4 mld. t, z toho 0,1 mld. t z výroby cementu). Prirodzený cyklus uhlíka v klimatickom systéme Zeme je oveľa väčší, predstavuje ročne asi 90 mld. t výmeny medzi atmosférou Zeme a svetovým oceánom a 120 mld. t medzi atmosférou a kontinentmi (predovšetkým prostredníctvom biosféry). Táto výmena je za posledných 10 tisíc rokov zrejme veľmi stabilná, pretože ročná depozícia fosílného uhlíka predstavuje iba asi 0,3 mld. t v oceánoch a zhruba len 0,2 mld. t na kontinentoch (ten sa ale čiastočne dostáva aj do oceánu). Tento proces prebieha vďaka prirodzeným mechanizmom, predovšetkým biologických druhov (závisí aj od klimatických a hydrologických podmienok v konkrétnom roku) a absorpčnej schopnosti oceánu (závisí aj od jeho teploty a cirkulácie). V jednotlivých rokoch preto nepribúda v atmosfére Zeme konštantný podiel z emitovaného množstva CO₂, priemerne okolo 60 %, zvyšok sa absorbuje v oceáne, alebo sa uloží ako fosílny uhlík nad prirodzenú úroveň.

Iné skleníkové plyny sa monitorujú oveľa ťažšie a ani ich kolobeh medzi atmosférou Zeme a inými zložkami klimatického systému (hydrosférou, kryosférou, litosférou a biosférou) nepoznáme do detailov. Napriek tomu sa hlavne teória cyklov metánu a ozónu veľmi spresnila.

Závažným problémom zostávajú sekundárne vplyvy na zmenu kolobehu skleníkových plynov. Ide hlavne o zmenu vo využívaní krajiny (odlesňovanie a zalesňovanie, zmeny v poľnohospodárstve, znečisťovanie kontinentov a oceánov, urbanizáciu a pod.). Zdá sa, že najzávažnejším problémom je ničenie tropických dažďových pralesov a ich premena na málo efektívne poľnohospodárske polia (môže prispievať k rastu skleníkového efektu atmosféry do 15 %). Avšak v dôsledku rastu teploty vzduchu a úhrnov zrážok sa zvýšil biosférický záchyt CO₂ v biomase v polárnych oblastiach severnej pologule a mierne poklesol biosférický záchyt v subtropických šírkach (kvôli rastu rizika sucha a zvýšeniu počtu lesných požiarov).

Rast teploty vzduchu prináša aj nové problémy. Deštrukcia permafrostu na Sibíri a v Severnej Amerike, ktorá sa už začala, zrejme spôsobí dodatkovú emisiu metánu a CO₂, ktoré boli viazané v zmrznutej pôde možno dlhšie ako 2 milióny rokov. Zrýchlenie topenia polárneho ľadnena priniesie akiste dodatkovú emisiu CO₂ a metánu do atmosféry. Nie je zatiaľ ani dostatočne známa možná reakcia svetového oceánu na oteplenie jeho vôd, pretože v oceáne je viazané predovšetkým obrovské množstvo CO₂. Posledné výsledky výskumu naznačujú možnosť zvýšenia koncentrácie

CO₂ a metánu v atmosfére v budúcnosti oproti doterajším odhadom.

Opatrenia na redukciu emisie skleníkových plynov do atmosféry

Je všeobecne známe, že ani 50 % redukcia terajšej emisie všetkých skleníkových plynov do atmosféry by v blízkej budúcnosti nepriniesla stabilizáciu zemskej klímy a otepľovanie by pokračovalo, kým by sa v globálnom meradle nezvýšila teplota o jeden °C v porovnaní so súčasnosťou (asi až v horizonte r. 2100). V emisii skleníkových plynov by sme sa dostali len na úroveň okolo r. 1970. Navyše, takéto dramatické zníženie emisie CO₂, metánu a iných skleníkových plynov by znamenalo pokles ekonomického rozvoja a zníženie životnej úrovne.

Prijatím tzv. Kjótskeho protokolu (1997) sa svetové spoločenstvo pokúsilo o prechodné riešenie znížením iba emisie CO₂ o 5,2 % do r. 2010 (priemer z obdobia 2008 – 2012) v porovnaní s r. 1990.

V krajinách OECD by takéto globálne zníženie znamenalo väčšinou redukciu o 5 – 8 %, no v Austrálii rast o 8 % a v Nórsku o 1 %. Pätnásť nových krajín EÚ väčšinou nemá s redukciami emisie CO₂ závažnejšie problémy, pretože v dôsledku zmeny štruktúry priemyslu a modernizácie spoločnosti je reálne zníženie emisie CO₂ oveľa väčšie. V Rusku a na Ukrajine sa predpokladalo zotrvanie na stave emisie z r. 1990.

Kľúčovým problémom sa ukázalo riešenie zníženia emisie CO₂ v USA. Napriek naliehaniu svetovej verejnosti Kjótsky protokol zatiaľ nepodpísali, pritom sú najväčším producentom CO₂ na Zemi (viac ako 25 % z celosvetovej emisie, asi 21 t na obyvateľa za rok). Navrhujú iné riešenia, ktoré by konzervovali vysokú spotrebu energie a zachovali náskoku USA pred ostatnými krajinami v efektívnosti ekonomiky. Aj systém obchodovania s emisiami CO₂ bol navrhnutý predovšetkým so zámerom vyhovieť požiadavkám USA, ktorým sa redukcia o 7 % do r. 2010 zdá privysoká.

Obchodovanie s emisiami CO₂ treba považovať iba za prechodné opatrenie, pretože umožňuje zachovať vysokú emisiu v priemyselne rozvinutých štátoch na úkor chudobných a rozvojových krajín. Ani stanovenie kvót CO₂ na obchodovanie nemusí byť spravodlivé v prípade rozvojových a chudobnejších krajín.

Istotne je namiesto otázka, aké sú možné cesty redukcie emisie skleníkových plynov do atmosféry. Aj pri súčasnom technologickom vybavení priemyslu či domácností možno dosiahnuť značnú redukciu úsporami v spotrebe energie, surovín a tovarov. Pritom ide o celkom malé a nenáročné opatrenia – dodržiavanie disciplíny a vyhybanie sa zbytočnej spotrebe.

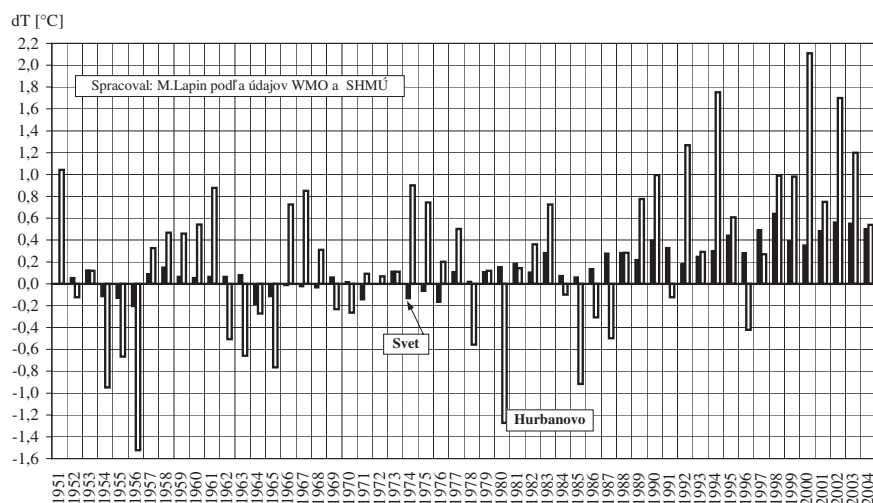
Zložitejšie je uvedenie nových technológií, menej náročných na spotrebu energie, surovín a materiálov, predovšetkým modernizáciou, automatizáciou a miniaturizáciou. Nové technológie pri získavaní zdrojov energie môžu ale priniesť zásadný obrat v emisii skleníkových plynov. Ide najmä o zvládnutie fúzie vodíka, teda termojadrovej reakcie a o používanie vodíka ako pohonnej látky v dopravných prostriedkoch namiesto benzínu a nafty.

Najzložitejšia bude zmena životného štýlu. Rovnako, ako sa heslom súčasnosti stalo, že moderné je nefajčiť a venovať sa rekreačnému športovaniu, tak by sa mohlo v blízkej budúcnosti uplatniť, že moderné je konzumovať čo najmenej pri udržaní vysokej životnej úrovne, a predovšetkým neplytať. Propagácia poznatkovej a kultúrnej spoločnosti namiesto dnešnej konzumnej je asi jediným východiskom, lebo ten, kto sa venuje získavaniu nových poznatkov a kultúrnym aktivitám nemá čas a ani záujem o nákladný konzumný spôsob života.

Monitoring klimatickej zmeny

Je viacero možností, ako prebiehajúcu klimatickú zmenu monitorovať, iba málo možností je však na potvrdenie, že zistené odchýlky a anomálie možno skutočne jednoznačne pripísať vplyvu rastúceho skleníkového efektu. Vedcom sa podarilo pripraviť časový rad celosvetových ročných priemerov teploty vzduchu od r. 1861 s presnosťou na stotinu °C (podrobnejšie pozri Lapin, 2002). Pre nedostatok priestoru uvádzame iba priemery pre celú Zem a Hurbanovo v období 1951 – 2004 (obr. 1). Vidíme, že po r. 1978 sa ani v jednom roku nepriblížili hodnoty odchýlok priemernej teploty vzduchu na Zemi k nule, teda k priemeru z obdobia 1951 – 1980 a bolo čoraz teplejšie. Rok 1998 bol vôbec najteplejší a obdobie 2001 – 2004 patrilo medzi 6 najteplejších rokov od r. 1861. Rok 2005 bude pravdepodobne patriť medzi 4 najteplejšie na Zemi od r. 1861 a 15-ročné obdobie 1990 – 2004 je asi bezkonkurenčne najteplejším obdobím na Zemi za posledných 1 000 rokov (IPCC). Aj v Hurbanove bude asi r. 2005 znovu nad dlhodobým priemerom z obdobia 1951 – 1980, ale aj 1951 – 2000. Na obr. 1 vidno aj to, že teplota vzduchu v Hurbanove kopíruje globálny trend, iba variabilita ročných hodnôt je väčšia.

V záveroch IPCC sa konštatuje, že je veľmi nepravdepodobné, aby takáto rýchla a veľká zmena globálnej teploty nastala iba pôsobením prirodzených procesov prebiehajúcich v úplnom klimatickom systéme Zeme. Toto globálne oteplenie sa už môže s veľkou pravdepodobnosťou považovať za potvrdenie vplyvu zosilňujúceho skleníkového efektu atmosféry. Veľmi závažné sú aj zmeny vo výskyte mimoriadnych prípa-



Obr. 1. Odchýlky ročných priemerov teploty vzduchu (dT) na celej Zemi a v Hurbanove od dlhodobého priemeru z obdobia 1951 – 1980 v jednotlivých rokoch (údaje za jednotlivé roky môže Svetová meteorologická organizácia aj dodatočne upresniť o niekoľko stotín °C)

dov počasia v rôznych svetových regiónoch. Posunutie vegetačných pásiem, úbytok horských ľadovcov, rozširovanie púští, introdukciu nových biologických druhov vrátane patogénov do nových oblastí a iné efekty tiež možno pripísať k prostriedkom monitoringu klimatickej zmeny.

Odhad možných dôsledkov klimatickej zmeny

Základnou vlastnosťou klimatickej zmeny, teda globálneho oteplenia a súvisiacich zmien klimatických prvkov, je to, že je prirýchla v porovnaní s inými zmenami klímy za posledných desaťtisíc rokov. Po skončení poslednej ľadovej doby sa klíma na celej Zemi pomerne rýchlo stabilizovala a nedochádzalo k významným skokovým zmenám. Terajšia koncentrácia CO₂ v atmosfére Zeme je dokonca najvyššia za posledných takmer 20 mil. rokov. Spoločenstvá rastlín a živočíchov, ale ani celé ekosystémy nemajú takú rýchlu zmenu v genetickej pamäti a je zrejme, že sa s ňou bez závažných problémov nevysporiadajú. Jedným z dôsledkov je ekologická nestabilita pri introdukcii nových biologických druhov, alebo po vyhynutí nejakých dôležitých druhov v danom ekosystéme. Môže to viesť, a už aj vedie, ku kalamitnému premnoženiu niektorých druhov, patogény nevynímajúc, ktoré môžu spôsobiť značné ekonomické straty i škody na zdraví obyvateľov.

Nemenej závažný je fakt, že aj ekonomické a sociálne aktivity ľudí sú akosi nastavené na prirodzenú

variabilitu klímy v regióne. Častejší výskyt mimoriadneho počasia v porovnaní s minulosťou môže potom vyvolať závažné ekonomické, sociálne, ale aj politické a vojenské problémy, najmä v spoločenstve rozvojových krajín. Aj v ekonomicky najvyspelejších krajinách sa mimoriadne počasia môže prejavovať veľkými ekonomickými stratami, napríklad posledné ničivé hurikány Katrina a Rita r. 2005 v USA spôsobili škody, ktorých predbežný odhad vysoko prekračuje 100 mld. USD (dovtedy najničivejší hurikán Andrew r. 1992 „iba“ 25 mld. USD). Aj celé hurikánové sezóny r. 2004 a 2005 boli z hľadiska celkových ekonomických škôd doteraz najničivejšie od r. 1851 (odkedy sú zrekonštruované poznatky

o výskyte hurikánov v USA a súvisiacich škodách).

V odborných diskusiách sa často spomínajú aj možné priaznivé dôsledky klimatickej zmeny. Jedným z príkladov je úspora energie na vykurovanie, druhým zlepšenie podmienok na pestovanie plodín v studenom klimatickom pásme.

Aj v týchto prípadoch treba možné priaznivé a nepriaznivé dôsledky hodnotiť komplexne. Je síce pravda, že oteplenie o 1 °C prináša vo vykurovacej sezóne úsporu energie asi o 7 %, no zároveň počas celého roka môžu narásť náklady na klimatizáciu, skladovanie potravín, zabezpečenie pitnej vody a zavlažovanie, pretože sa súčasne oteplí aj v teplej časti roka. So zvýšením teploty vzduchu sa mení aj hydrologický cyklus, rastú úhrny zrážok v zime a zvyšuje sa riziko búrkových lejakov v lete. Prestavba kanalizačnej siete a nevyhnutné protipovodňové opatrenia zvyčajne vysoko prekročia zisky z úspor na vykurovanie.

Oteplenie na Sibíri a v Severnej Amerike síce zlepšuje podmienky na pestovanie poľnohospodárskych plodín, no súčasne sa zvyšuje výpar, čo nestačia pokryť ani o 10 % vyššie úhrny zrážok (väčšina scenárov tam však nepredpokladá rast úhrnov zrážok v lete, čo sa dá celkom elegantne vysvetliť). V dôsledku toho sa v týchto oblastiach niekoľkonásobne zvyšuje riziko dlhodobého sucha a lesných požiarov, nehovoriac o introdukcii chorôb a škodcov poľnohospodárskych plodín.

V odborných diskusiách sa venovalo veľa priestoru aj možným zmenám vo výskyte mimoriadnych prípadov počasia (silných tropických cyklón, mimoriadnych povodní, mimoriadneho sucha, vlny horúčav atď.). Aj možné náhle zmeny atmosférickej a morskej cirkulácie, vrátane termo-halinného kolapsu v severnom Atlantiku boli predmetom serióznych analýz (podrobnejšie www.ipcc.ch).

Veľký pokrok sa dosiahol aj v modelovaní klímy Zeme a v príprave scenárov jej budúceho vývoja. Modely všeobecnej cirkulácie atmosféry (GCMs) nahradili prepojené modely atmosférickej a oceánskej cirkulácie a neskôr tzv. modely klimatického systému Zeme so zahrnutím všetkých komponentov – atmosféry, hydrosféry, kryosféry, litosféry, biosféry a noosféry (aktivít človeka) vrátane spätných väzieb a dlhodobých fyzikálnych procesov. Výstupy týchto modelov sú už v súčasnosti v tvare časových radov denných hodnôt a denných extrémov klimatických prvkov za 30 – 100 rokov dozadu a 100 – 200 rokov do budúcnosti.

Rozvíjajú sa aj tzv. RCMs, teda regionálne klimatické modely s oveľa hustejším priestorovým rozlíšením (aj menším ako 30 km, kým GCMs mali väčšinou okolo 300 km). Regionálnu alebo lokálnu interpretáciu výstupov týchto modelov možno uskutočniť iba na základe nameraných údajov v tzv. kontrolnom období v minulosti (zväčša 1951 – 2000 alebo 1900 – 1990). Robí sa štatistickým alebo dynamickým *downscalingom* priamo národnými centrami pre výskum klimatickej zmeny, výsledkom sú klimatické scenáre. Scenáre nemôžu byť celkom jednotné (sú alternatívne), lebo nepoznáme presne budúci vývoj aktivít človeka a aj vo fyzikálnej interpretácii procesov v klimatickom systéme Zeme môžu byť isté malé odchýlky.

Opatrenia na zmiernenie možných negatívnych dôsledkov

Medzivládny panel pre klimatickú zmenu i Konferencia zmluvných strán FCCC odporúčajú, aby sa v jednotlivých krajinách pravidelne riešila problematika adaptácie na zmiernenie možných negatívnych (využitie prípadných pozitívnych) dôsledkov klimatickej zmeny. Na Slovensku boli vydané už 3 *Národné správy o klimatickej zmene* (1995, 1997, 2001) a pripravuje sa štvrtá (2006). Tieto správy obsahujú aj celý rad národných adaptačných opatrení vrátane odporúčaní na realizáciu, prípadne aj s tzv. *cost/benefit assessment*, teda s odhadom nákladov a ziskov. Podobné správy pripravujú aj iné zmluvné krajiny Dohovoru a IPCC z nich potom čerpá do svojich správ na sumarizáciu adaptačných opatrení podľa jednotlivých kontinentov. Aj naj-

novšia správa (ktorú máme na pripomienkovanie) prináša veľa nových podnetných zistení v súvislosti s prebiehajúcou a očakávanou klimatickou zmenou.

* * *

Pokúsili sme sa zosumarizovať najdôležitejšie výsledky IPCC od r. 2001. Niektoré časti týchto správ majú taký závažný obsah, že by im mali byť venované samostatné štúdie i články v periodikách. Prinajmenšom kapitoly o príčinách a možných dôsledkoch klimatickej zmeny by mali byť preložené aj do slovenčiny a široko distribuovaná zainteresovaným inštitúciám a osobnostiam. Problematikou odhadu možných negatívnych dôsledkov klimatickej zmeny a ich efektívneho zmiernenia sa zaoberalo niekoľko hodnotných prác, ktoré vyšli na Slovensku, napríklad v oblasti vodného hospodárstva Szolgay et al. (2004) a lesného hospodárstva Mindáš a kol. (2003).

Literatúra

- IPCC, TAR: Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the IPCC. Cambridge Univ. Press, 2001, 944 p. (www.ipcc.ch)
- Lapin, M., Melo, M.: Zmeny a variabilita klímy, scenáre zmeny klímy. *Život. Prostr.*, 34, 2000, 2, s. 69 – 74.
- Lapin, M.: K tretej správe Medzivládneho panelu pre klimatickú zmenu. *Život. Prostr.*, 36, 2002, 2, s. 82 – 86.
- Lapin, M., Melo, M.: Methods of Climate Change Scenarios Projection in Slovakia and Selected Results. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 52, 2004, 4, s. 224 – 238.
- Lapin, M.: Stručne o teórii klimatického systému Zeme, najmä v súvislosti so zmenou klímy. *Meteorol. Čas.*, 8, 2005, 1, s. 25 – 34.
- Lapin, M., Šťastný, P., Chmelík, M.: Detection of Climate Change in the Slovak Mountains. *Croatian Meteorol. J.*, 40, 2005, s. 101 – 104.
- Szolgay, J., Hlavčová, K., Kohnová, S., Danihilík, R.: Assessing Climate Change Impact on River Runoff in Slovakia, in Characterisation of the Runoff Regime and its Stability in the Tisza. Proc. of the XXIInd Conference of the Danubian Countries, Brno, 2004, CD-edition.
- Mindáš, J., Škvarenina, J. (eds.): *Lesy Slovenska a globálne klimatické zmeny*. Zvolen : EFRA, LVÚ, 2003, 129 s.

Prof. RNDr. Milan Lapin, PhD., Oddelenie meteorológie a klimatológie Katedry astronómie, fyziky Zeme a meteorológie Fakulty matematiky, fyziky a informatiky UK, Mlynská dolina, F1, 842 48 Bratislava
lapin@fmph.uniba.sk