



ЧЛАНЦИ



Јован М. ТАДИЋ¹, Војин М. ТАДИЋ²

1. NASA Ames Research Center, Moffett Field, CA 94035, USA (jotadic@lycos.com)

2. Институт за Биолошка Истраживања "Синиша Станковић", Булевар деспота Стефана 142, 11000 Београд, Србија

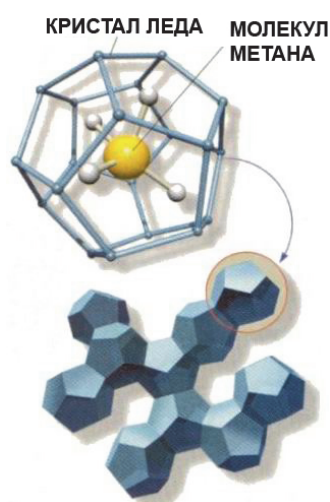
ТИК ТАК...

На шта вас асоцира ТИК-ТАК? Ако изузмемо бомбонице за освежавање даха и заборавимо на час на дигиталне уређаје, сетићемо се да је у време старих добрих сатова са опругом ово био звук паклене машине, односно темпираних бомбе. Ауторима овог текста учинило се прикладним да одаберу баш овај наслов из разлога што седимо на једној оваквој „бомби“... Ту „бомбу“ чују само стручњаци упућени у тему. У овом раду описана је хронологија развоја свести о општој опасности којој смо изложени а о којој велика већина људи не поседује ама баш никакво знање. Срећа што је екологија постала „fancy“ наука, па ће ако не због насушне потребе, а оно бар због моде многи потрчати да купе „сажвакане“ верзије овог проблема у дневној штампи, јер ко би се још трудио да се мало боље упутује у било шта. А и што би када му Болоња то дозвољавала...но вратимо се теми.

КРАТКА ИСТОРИЈА МЕТАН ХИДРАТА

Прича је почела у раном XIX веку када су два великана науке, Хемфри Дејви (Sir Humphry Davy) и његов тадашњи асистент Мајкл Фарадеј (Michael Faraday), открили да се смеше хлор-вода замрзавају на нешто вишим температурама од чисте воде. Изгледало је да присуство хлора на неки начин стабилизује чврсто агрегатно стање воде. Касније у XIX веку је утврђено да, иако нема класичног хемијског везивања, инклузије мањих молекула у кристалну решетку воде могу исту стабилизовати мењајући јој физичка својства. Ово је довело до открића једне групе једињења која су названа клатрати. Дакле, клатрати су молекулски композити састављени од два једињења, једног који се може назвати домаћином (енг. host) и једног који се може назвати гостом (енг. guest). Називају се још и молекулска једињења, инклузиони комплекси, „host-guest“ комплекси и адукти. Метан хидрат је пример клатрата.

Следећи сусрет са клатратима, ако изузмемо спорадична академска испитивања, десио се негде око 1930. када је Хамершмит (E. G. Hammerschmidt) установио да формирање клатрата и његово таложење на унутрашњим зидовима цеви, у областима са нижом



Слика 1. Приказ кристалне решетке метан хидрата. Молекул метана налази се у кавезу кога чине молекули воде.

температуром, смањује пропусну моћ цевовода природног гаса смањивањем ефективног пречника цеви. Уследило је испитивање адитива који би ово предупредили као и физичких околности у којима клатрати настају.

Први сусрет са клатратима природног порекла, конкретно метан хидратом (Слика 1), десио се 1960. године на Мезојака пољу у западном Сибиру, када је примећено да се као компонента подземних седимената јавља нешто названо „чврсти природни гас“. Убрзо после тога је и испод пермафроста^{а)} на Аљасци нађена иста супстанца.

Већ десет година касније почеле су спекулације да се метан хидрат вероватно може наћи и на дну океана а не само као компонента пермафроста. Први доказ је стигао са дна Црног мора, Совјетски научници су 1974. године извадили веће комаде метан хидрата превазилазећи до тада присутне проблеме нестабилности и дисоцијације узорака приликом покушаја вађења. Током 80-их углавном су процењивана налазишта као и економичност могуће експлоатације, док је прави узлет ова тема доживела 90-их када су еколошка питања постајала све важнија, потребе за природним гасом веће а отпочела је и трка водећих нација у развоју технологије за коју се веровало да може да обезбеди гориво за чита-

а) Земљиште залеђено у континуитету најмање две године.

ву планету у периоду од наредних неколико стотина година. Заправо процене су да су резерве метан хидрата дупло веће од свих осталих фосилних горива заједно и износе око 11 милиона трилиона кубних метара! Економија је била ентузијастична, а екологија као и увек.....несхваћена довољно.

МЕТАН И ЕФЕКАТ СТАКЛЕНЕ БАШТЕ

Да би се схватио обим потенцијалне претње на час ћемо се позабавити једном сродном али ипак различитом темом - метаном у атмосфери. Сви смо чули за ефекат стаклене баште. Без жеље да улазимо у детаље овог феномена, подсетићемо се да се феномен јавља тако што гасови присутни у атмосфери, који апсорбују зрачење у инфрацрвеном делу спектра, хватају“ одлазеће зрачење са Земље не дозвољавајући му да је напусти, а затим га реемитују у свим правцима, чиме заправо енергију овог зрачења претварају у топлотну енергију која се делом задржава у атмосфери. Ово узрокује повишење температуре које се још назива и ефекат стаклене баште. Најпознатији гасови стаклене баште су гасовита вода, угљен диоксид, метан, азотови оксиди и озон. Уобичајено је да се гасови стаклене баште негативно конотирају, мало се пажње обраћа на чињеницу да су они предпоставка живота какав данас постоји на Земљи јер би без њих температура планете била у просеку за 33 °C нижа у односу на тренутну, што би променило гостољубивост планете из основа [1].

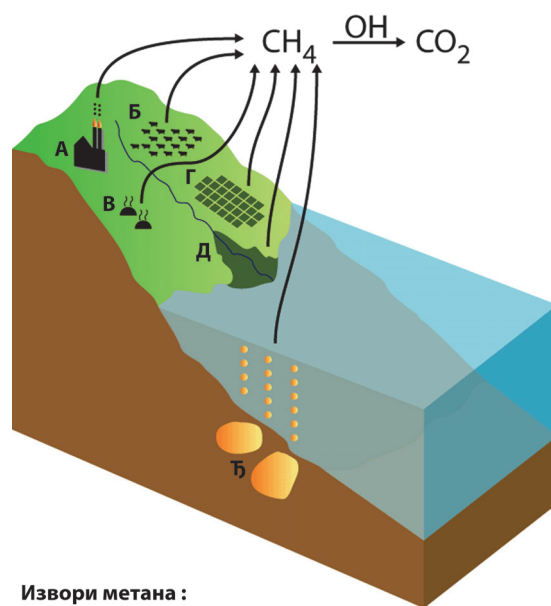
Као што се види, метан се високо котира као један од најважнијих гасова стаклене баште. Допринос метана укупном ефекту стаклене баште износи негде до ~10%, и то захваљујући значајно мањим концентрацијама (1770 *ppb*) од угљен-диоксида (који доприноси 9-26% са концентрацијом 400 *ppm*) [2]. Када би им концентрације биле исте, метан би доприносио 20-25 пута више од угљен-диоксида јер значајније апсорбује у инфрацрвеној области!

Који су извори метана у атмосфери? Тренутно је пољопривреда најзначајнији извор атмосферског метана, за којом следе експлоатација и прерада фосилних горива и депоније смећа, што чини скоро 90% укупно емитованог метана (Слика 2). Количина која се годишње емитује износи тренутно око 600 Tg [3]. Атмосферско време живота метана износи 8,4 година а због инертне природе практично једини процес уклањања метана чини реакција са ОН радикалом.

У пре-индустријско време концентрација метана износила је око 700 *ppb*, што значи да је до данас порасла ~2,5 пута. И на крају долази забрињавајући податак, од почетка 2007. године концентрација атмосферског метана је поново почела да расте после готово целе декаде мировања, указујући на појаву нових извора од којих су највероватнији отапање пермафроста и ослобађање метан хидрата са дна океана [4].

ШТА АКО?

Јасно је да на свету постоје огромне резерве метана у облику метан хидрата настале заробљавањем биогеног метана насталог активношћу бактерија, на великим



Извори метана :

- А. "Цурење" рударког и природног гаса
- Б. Пољопривреда : преживари
- В. Депоније
- Г. Пољопривреда : пиринчана поља
- Д. Влажна земљишта
- Ђ. Хидрати

Слика 2. Извори атмосферског метана

притисцима и у релативно хладном окружењу океанског дна, углавном на ободима континената. Највеће насlage налазе се на дубинама око 500 m у слојевима дебљине и до пар стотина метара. Које би то околности могле довести до ослобађања овог метана у атмосферу? Какве би биле последице? Да ли би то представљало један од оних крупних догађаја у историји планете који би се могао поредити са ударом астероида и масовним изумирањима врста? Шта би човек могао да уради ако до тога дође? Ово су питања која заокупљају пажњу климатолога у последње време. Најмрачније прогнозе кажу да би услед неколико фактора, од којих су неки јаки подморски земљотреси, нарушавање динамике топлотних океанских струја [5], или чак бушење дна ради експлоатације самог метан хидрата могло доћи до ослобађања довољне количине метана из метан хидрата да покрене серију догађаја који би даље утицало на повећање концентрације угљен диоксида и водене паре, а који би додатно утицали на повишење температуре планете [6]. Интересантна је и индикативна динамика настајања и нестајања неколико последњих ледених доба. Наиме, изгледа да је настанак ледених доба био много спорији и постепенији процес него престанак који се изгледа дешавао за свега 50-ак година [7]! Постоје шпекулације да је узрок управо ослобађање метан хидрата, што на први поглед може изгледати чудно ако се има у виду да је он стабилнији управо на нижим температурама!? Међутим, уласком у ледено доба све је више акумулираног леда на копну и све нижи ниво мора, тако да је и хидростатички притисак на океанско дно слабији, што више него компензује нижу температуру, па може доћи до наглих ослобађања метана из хидрата. Ова хипотеза тренутно се сматра мало

вероватном јер се не примећује значајније одступање односа заступљености изотопа C^{12}/C^{14} у том периоду, а што би се десило у случају наглог ослобађања, јер је метан из метан хидрата сиромашнији у C^{14} због дугог трајне изолованости на океанском дну. C^{14} има период полуживота од свега ~5500 година [8, 9, 10, 11].

Да ли је већ почело ослобађање метана у озбиљнијим размерама? Најновија испитивања делују обесхрабрујуће. Наиме иако је мало вероватно да се промене просечних температура од пар степени, којих смо сведоци, могу драстично одразити на ослобађање метан хидрата на већим дубинама, проблем представља Арктички океан где је хидрат заробљен на мањим дубинама, више као последица ниских температура а мање као последица високих притисака. Наиме, у водама сибирског арктичког појаса 2008. године измерена је концентрација метана чак и до 100 пута виша од нормалне у морској води [12, 13]. Сматра се да је узрок овоме отварање пролаза у подморском пермафросту кроз које се ослобађа метан. Уколико би се наставио овај тренд, може се показати да је количина метана која би се могла ослободити у кратком року из арктичког појаса била око 50 Gt. Ово би повећало количину атмосферског метана 12 пута, односно дуплирало ефекат стаклене баште који тренутно потиче од угљен-диоксида [14, 15].

Последице би свакако биле драматичне, и вероватно би се свеле на значајно хладнији почетни период након ослобађања, за којим би следило драстично отопљавање. Зашто хладнији ако је метан гас стаклене баште? Познато је да је смеша метана и ваздух експлозивна у концентрацијама метана од 5-15%. Ослобађање метана вероватно би било праћено експлозијама и пожарима који би подигли огромне количине пепела и прашине у атмосферу, а за које је познато да одбијају сунчево зрачење пре него што доспе на површину земље, чиме би се проузроковало привремено глобално захлађење. Међутим, време живота аеросола у атмосфери је знатно краће од времена живота гасова чија би се концентрација повећала - метана и угљен диоксида. После испирања аеросола из атмосфере дошло би до наглог отопљавања, уз вероватно смењивање врло хладних и врло топлих година у прелазној фази, што би још погубније деловало на живи свет. Уз то, само ослобађање метана из океана изазива феномен познат као океанска аноксија, односно мехурићи метана са собом повлаче и растворени кисеоник, остављајући живи свет океана без основног предуслова за живот. Као могући узрок једног од највећих изумирања у историји планете пре 251 милиона година наводи се и ослобађање метан хидрата. У овом догађају, познатом као Перм-Тријас изумирање, нестало је 96% морских и 70% копнених врста биљака и животиња, укључујући и инсекте што је реткост у масовним изумирањима [16]. Опоравак живог света је трајао 10-100 милиона година.

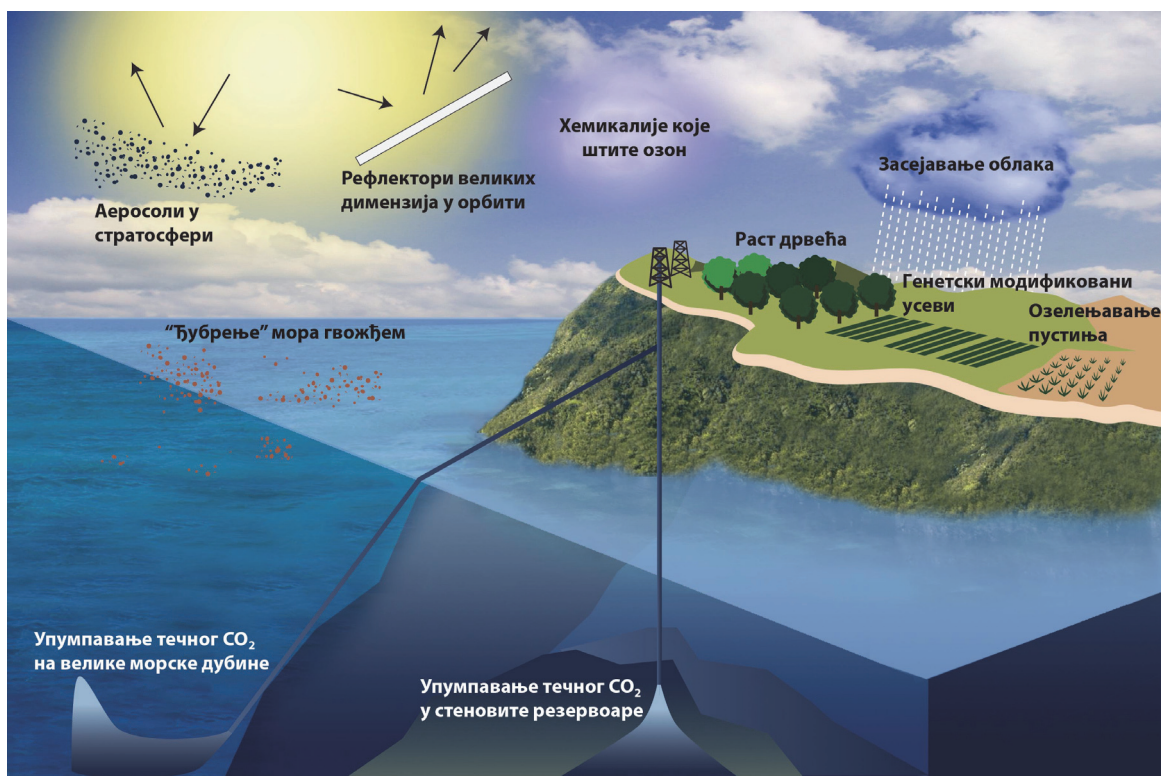
А ШТА САД?

С обзиром да се суочавамо са озбиљном претњом, а притом механизми који доводе до климатских промена нису још увек у потпуности схваћени, поставља се

питање како третирати настале проблеме. Низ различитих одговора на ове изазове уобличио се у посебну научну дисциплину која се назива геоинжењеринг. У последње време је предложен читав низ иновативних решења која би, у случају да напори за смањење емисије штетних гасова стаклене баште не уроде плодом, представљала очајнички покушај да се ствари исправе још једном манипулацијом глобалним ефектима/последницама. Генерално се ове идеје фокусирају на два битна елемента климе: количину сунчевог зрачења које доспева до земље и концентрацију гасова стаклене баште у атмосфери. Наиме, уколико би се концентрација угљен-диоксида дуплирала, израчунато је да је "вишак" зрачења који доспева на земљу износи негде око 1,8 %, сто значи да управо толико зрачења треба вештачким путем вратити у космос. Како? Једна од најпопуларнијих идеја је вештачка емисија сулфатног аеросола, или гасова који садрже сумпор а прекурсори су сулфатног аеросола. Идеју је изнео Нобеловац Krutzen (Paul Jozef Crutzen) просто имитирајући природне процесе [17]. Наиме, после ерупције вулкана Пинатубо 1991. уследила је година у којој је температуре земљине површине била просечно 0,5 °C нижа [18]. Проблем је у томе што би се на овај начин у атмосферу унеле значајне количине сумпора, па би се можда утицало на рН падавина, десило би се ново изумирање шума, закишељавање водотокова и океана. У катастрофичном сценарију могло би се десити да страдају морске једноћелијске алге које су највећи произвођачи кисеоника на планети јер не могу да синтетишу ћелијске компоненте на ниским рН вредностима околине, па би као последица могла опасти и глобална концентрација кисеоника. Могли би се емитовати и неки други материјали, као што су силикати, али са непознатим последицама. У друге опције спада "ђубрење" мора. Наиме, ограничавајући фактор развоја алги често је недостатак нутријената, а врло често баш гвожђа, па су аутори овог 'решења' предложили да се вештачким путем море ђубри солима гвожђа, са идејом да се развијају алге које би апсорбовале угљен диоксид из атмосфере. Након завршеног животног циклуса ове алге падале би на дно уклањајући тако апсорбовани угљеник из циклуса угљеника на неко време. Постоје и друге идеје, као емисија малих алуминијумских балончића који би лебдели у стратосфери на одређеној висини десетак година и рефлектовали део зрачења назад, затим засејавање атмосфере вештачким нуклеусима за кондензацију воде, чиме би се слој облака навлачио и тамо где га нема, а он природно рефлектује зрачење назад у космос, итд. Комплетна шема описаних идеја приказана је на слици 2. Питање је само да ли се на овај начин једном интервенцијом оправдава друга, и постајемо ли таоци низа импровизација које воде у непознатом правцу.

КЛИМАТОЛОГИЈА – МУЛИДИСЦИПЛИНАРНА ОБЛАСТ

Описани феномени спадају у област интересовања једне релативно новије науке – климатологије. Ова наука бави се проучавањем климе, историје климе,



Слика 3. На слици су илустроване најпопуларније технологије које би могле довести до смањења концентрације гасова стаклене баште

пројекцијама будућих климатских промена, итд. У њој се прожимају географија, физика, хемија, океанографија, метеорологија, биологија, педологија, математика, па чак понекад и политикологија и економија. Углавном се радови у овој области фокусирају у једној од три сфере, теренским истраживањима и мерењима, лабораторијским испитивањима и моделовању. Наиме, као и у другим наукама циљ климатологије је да схвати законе климатских догађања, те да их инструментализује у циљу општег добра. Ово се постиже изградњом хеуристичких модела који не само да се користе ради објашњења постојећег стања већ и ради пројекција различитих климатских сценарија који могу бити и мало вероватни. Нажалост, једноставни модели који се користе рецимо у физици, попут математичког клатна или стрме равни, не функционишу у климатологији. Што једноставнији модел то је већи степен одступања од реалности. Диференцијалне једначине се овде често или не могу решавати или не могу уопште ни написати. У циљу прогноза користе се често вештачке неуронске мреже које су у стању да уоче имплицитне функционалне релације између посматраних појава, без аналитичког израза. На овом терену истраживач мора бити свесан да свака појава има више узрока и последица што често доводи до погрешно схваћених закономерности. Аутори ће, навести неколико амбивалентних феномена из ове области.

Као прво, свима је познато да је масовна сеча шума, позната још и као дефорестација ради добијања већих пољопривредних површина, битан фактор угрожавања еколошке равнотеже у природи. Свима је поз-

нато да иста појава утиче и на ефекат стаклене баште, јер су шуме значајан апсорбер угљен-диоксида, који остаје заробљен у дрвној маси у облику угљеничних једињења у дужем периоду. Али мало ко зна да сеча шума утиче и на смањење ефекта стаклене баште!? Наиме, посматрано из Свемира, површине под шумом су тамније од површина под пољопривредним културама, што значи да шумски предели слабије рефлектују сунчево зрачење, односно енергија зрачења које падне на шуме у већем проценту остаје заробљена на земљи. Стручним речником речено, шумски предели имају мањи алbedo, где је алbedo реч која означава рефлективност објекта у односу на сунчево зрачење. Као последица јавља се питање колико ефекат смањења алbedo земље смањује ефекат одсуства шума из равнотеже угљеничног циклуса, односно који је од та два ефекта јачи? Очигледна истина се претворила у главоломку.

Други питање је питање да ли коришћење биогорива, у првој реду биоетанола и биодизела смањује ефекат стаклене баште? Тривијалан одговор је ДА, јер се у атмосферу враћа иста количина угљен диоксида која је у та горива инкорпорирана од стране биљака у предходној сезони. Делује једноставно а онда следи анализа: тренутна концентрација угљен диоксида у атмосфери је резултат равнотеже између процеса емитовања и процеса апсорбовања. То је нека врста динамичке равнотеже, односно хомеостаза. Уколико прелазимо исту километражу и емитујемо исту количину угљен диоксида користећи биогорива као што смо и раније чинили користећи фосилна горива, и ако је тада равнотежа била угрожена већом емисијом него ап-

сорпцијом, онда је то и сада случај, јер се опет емитује иста количина угљеника. Молекули немају личну карту и матични број грађана, односно не носе са собом информацију одакле потичу. Где је уштеда и смањење емисије штетних гасова? Нема је. Аутори овог текста би се кладили да велика већина еколога не зна одговор на ово питање. А решење је скривено ту негде. Користећи рецимо кукуруз за производњу биоетанола и сагоревајући тај биоетанол ми ослобађамо исту ону количину угљен диоксида која би се иовако ослободила кроз употребу кукуруза у друге сврхе, али овако добијамо и користан рад користећи моторе са унутрашњим сагоревањем. Да се возимо трошећи фосилно гориво, ослобођена количина угљен диоксида би била приближно душла, јер би кукуруз пласиран углавном кроз сточну храну на крају опет ослободио угљен диоксид, поред угљен диоксида ослобођеног из фосилних горива. Користећи биоетанол добијен из кукуруза заиста се смањује емисија угљен диоксида али с друге стране нема довољно енергетских компонената сточне хране на тржишту што изазива поремећаје на тржишту хране и повећање цена. Практично смо платили амбицију да задржимо исте пређене километраже кроз цену хране. Можда би се ефекти смањења емисије могли постићи редефинисањем начина обављања саобраћаја. Ово је врло компликована ситуација и захтева детаљну анализу.

Као трећи случај могао би се навести проблем воде. Наиме, на планети Земљи постоји ограничена количина воде. Она се налази подељена у три агрегатна стања, а удео сваког од њих зависи од просечне температуре планете. Што хладније то је већи удео леда, што топлије то је више воде гасовитог агрегатног стања. Пошто је вода у гасовитом стању изузетно моћан гас стаклене баште (доприноси 36-66 %) [19], произилази да бар што се воде тиче, загревање планете делује као самопојачавајући феномен по принципу топлије-више гасовите воде-још топлије-још више гасовите воде. То је елементарна логика. Проблем је међутим у томе што више гасовите воде подстиче стварање више облака који опет мењају слику повећавајући земљин алbedo. С друге стране они и спречавају напуштање зрачења са земље утичући на повећавање температуре. NASA је закључила да различите врсте облака различито утичу на баланс између ова два супротстављена аспекта дејства облака, тако да виши танки облаци, цируси, појачавају ефекат стаклене баште, док нижи облаци, стратокумулуси смањују овај ефекат. Укупни ефекат облачности је ипак такав да је земљина површина хладнија него када, уз исту концентрацију воде, не би било облака уопште [20].

Као четврти привидни парадокс из климатологије аутори би навели феномен који је изненадио све моделаре пре пар година и инспирисао измене у глобалним моделима. Реч је о стратосферској води. Наиме, од 2000. године до данас примећено је успоравање тренда повишења просечних температуре које модели климе, односно ефекта стаклене баште базирани на угљендиоксиду као кључном гасу стаклене баште, апсолутно

нису могли да предвиде. Изгледа да се земља спорije загрева док неки чак тврде и да се мало хлади (2008. је била најхладнија година од 2000.). Ово није конзистентно са повећањем емисије угљен диоксида које се неоспорно десило. Поред бројних других слабости, као на пример релативно лоше симулације атмосферских услова који владају у тропопаузи ово је проузроковало ново тражење карики која недостаје. Многи су се вратили води, као ипак најважнијем гасу стаклене баште. Концентрација воде се прати систематски и у тропосфери и у стратосфери од средине деведесетих а и пре тога спорадично. Изгледа да је у периоду 1980.-2000. године дошло до битног повишења концентрације стратосферске воде које је по неким проценама повећало ефекат стаклене баште за око 30 % [20]. Нажалост, услед недостатка података закључци се могу извучити само индиректно. С друге стране, веома је добро документовано да од 2000. до данас концентрација стратосферске воде опада, што је велико изненађење за углавном трендовски оријентисане моделе и моделаре [21]. Процењује се да је ово снижавање утицало и на смањење загревања планете за бар 25 % у том периоду [22].

Узроци ових појава, претходног повишења и скопашњег снижавања концентрација стратосферске гасовите воде остају, нажалост, непознати. Изгледа да је утицај воде на промене климе ипак битно израженији од раније претпостављаног, и то оне мале фракције воде која се налази у стратосфери. Наше разумевање сила које покрећу климу још је далеко од задовољавајућег, и вероватно је да ће у наредном периоду фокус пажње бити усмерен управо на проблем стратосферске воде, што се може закључити и из серије научних саопштења најновијих датума на ту тему.

Теме из ове области, уз сву своју комплексност, мултидисциплинарност, цивилизацијски значај, уз то далеко од коначних решења, нуде неисцрпан извор инспирације за све оне којима је наука и хоби а не само посао.

Abstract

TIC-TAC

**Jovan M. TADIĆ, NASA Ames Research Center, USA and
Vojin M. TADIĆ, Institute „S.Stanković“, Belgrade, Serbia**

The history of methane-hydrate began with accidental experimental findings by Humphry Davy and Michael Faraday in the beginning of 19th century, and somewhat later by Hammerschmith. The recognition of the use of methane-hydrates as a potential energy source is a more recent event, the conciseness about that was developing in the second half, and before the end of 20th century.

Methane-hydrates are a sink for methane. Since methane contributes to the overall greenhouse effect by ~10%, its atmospheric concentration has increased 2.5 times since pre-industrial times and that it is 20-25 times more potent greenhouse gas than carbon dioxide it became clear that its exploitation of methane-hydrate is connected with serious ecological risks.

It seems that natural deposits of methane-hydrate are already destabilized as a consequence of global warming, and that massive release of methane became common even without the destabilization connected to exploitation.

In East Siberian Arctic waters concentrations of methane 100 times higher than usual were found in 2008. Cataclysmic scenario warns that, if this trend is not stopped, enough methane could be released in a very short time to double the greenhouse effect.

A whole array of techniques are suggested, commonly named as geoengineering, which are essentially artificial mechanisms to maintain thermal balance on the planet. The most popular are emissions of artificial aerosol which would reflect a portion of sunlight back to space, pumping liquid carbon-dioxide to great ocean depths or deep empty caves, forestation, fertilization of the ocean by iron inducing algae bloom, artificial nucleation of the clouds, etc.

Unstoppable development of the civilization and industry implies increasing demand for energy sources that would provide stable supplies in longer periods of time. One of them, for sure, could be natural deposits of methane hydrate. However, before massive exploitation all aspects of such a step should be analyzed very carefully.

ЛИТЕРАТУРА

1. T.R. Karl, K.E. Trenberth (2003), "Modern Global Climate Change", Science 302 (5651), 1719-1723.
2. J.T. Kiehl, K.E. Trenberth (1997), "Earth's Annual Global Mean Energy Budget", Bull. Amer. Meteor. Soc 78 (2), 197-208.
3. J. Lelieveld, P.J. Crutzen, F.J. Dentener (1998), "Changing concentration, lifetime and climate forcing of atmospheric methane", Tellus Ser. B 50 (2), 128-150.
4. M. Rigby, R.G. Prinn, P.J. Fraser, P.G. Simmonds, R.L. Langenfelds, J. Huang, D.M. Cunnold, L.P. Steele, P.B. Krummel, R.F. Weiss, S. O'Doherty, P.K. Salameh, H.J. Wang, C.M. Harth, J. Mühle, L.W. Porter (2008), "Renewed growth of atmospheric methane", Geophys. Res. Lett. 35 (22), L22805, 6pp.
5. R.F. Spielhagen, K. Werner, S.A. Sørensen, K. Zamelczyk, E. Kandiano, G. Budeus, K. Husum, T.M. Marchitto, M. Hald (2011), "Enhanced Modern Heat Transfer to the Arctic by Warm Atlantic Water", Science 331 (6016), 450-453.
6. <http://www.global-warming-geo-engineering.org/DOE-Meeting/Catastrophic-Methane-Hydrate-Release/ag14.html>
7. <http://www.utopiasprings.com/methane.htm>
8. J.P. Kennett, K.G. Cannariato, I.L. Hendy, R.J. Behl (2003), "Methane Hydrates in Quaternary Climate Change: The Clathrate Gun Hypothesis", Washington, DC: American Geophysical Union.
9. J.P. Kennett, K.G. Cannariato, I.L. Hendy, R.J. Behl (2000), "Carbon Isotopic Evidence for Methane Hydrate Instability During Quaternary Interstadials", Science 288 (5463), 128-133.
10. T. Sowers (2006), "Late Quaternary Atmospheric CH₄ Isotope Record Suggests Marine Clathrates Are Stable", Science 311 (5762), 838-840.
11. H. Schaefer, M.J. Whiticar, E.J. Brook, V.V. Petrenko, D.F. Ferretti, J.P. Severinghaus (2006), "Ice Record of ¹³C for Atmospheric CH₄ Across the Younger Dryas-Preboreal Transition", Science, 313 (5790), 1109-1112.
12. Connor, Steve (September 23, 2008). "Exclusive: The methane time bomb". The Independent.
13. Connor, Steve (September 25, 2008). "Hundreds of methane 'plumes' discovered". The Independent.
14. N. Shakhova, I. Semiletov, A. Salyuk, D. Kosmach (2008), "Anomalies of methane in the atmosphere over the East Siberian shelf: Is there any sign of methane leakage from shallow shelf hydrates?", EGU General Assembly 2008, Geophysical Research Abstracts, 10, EGU2008-A-01526.
15. <http://www.spiegel.de/international/world/0,1518,547976,00.html>
16. M.J. Benton (2005), "When Life Nearly Died: The Greatest Mass Extinction of All Time", Thames & Hudson.
17. P.J. Crutzen (2006), "Albedo enhancement by stratospheric sulfur injection: A contribution to resolve a policy dilemma", Climatic change 77 (3), 211-220.
18. A.A. Lacis, M.I. Mishchenko (1995), "Climate forcing, climate sensitivity, and climate response: A radiative modelling perspective on atmospheric aerosols", Aerosol Forcing of Climate (Charlson R. J. and Heintzenberg, J., (eds.), 416 pp, Wiley, Chichester, pp. 11-42.
19. <http://www.realclimate.org/index.php/archives/2005/04/water-vapour-feedback-or-forcing/>
20. <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/Clouds/>
21. W.J. Randel, F. Wu, H. Vömel, G.E. Nedoluha, P. Forster (2006), "Decreases in stratospheric water vapor after 2001: Links to changes in the tropical tropopause and the Brewer-Dobson circulation", J. Geophys. Res., 111, D12312, 11 pp.
22. S. Solomon, K.H. Rosenlof, R.W. Portmann, J.S. Daniel, S.M. Davis, T.J. Sanford, G.K. Plattner (2010), "Contributions of Stratospheric Water Vapor to Decadal Changes in the Rate of Global Warming", Science 327 (5970), 1219 - 1223.



Лена АРИЗАНОВИЋ, студент биохемије, Хемијски факултет Београд,
(е-пошта anailena@sbb.rs)

КРЕМЕ ПРОТИВ СТАРЕЊА: ИСТИНА ИЛИ ЗАБЛУДА

Креме против старења (anti-aging односно анти-ејџинг = против старења), тј. „анти-ејџ“ креме, како се рекламирају на нашим просторима, осмишљене су са циљем да отклоне или умање неправилности које се јављају на кожи с годинама; у првом реду то су боре.

Кожа с годинама губи еластичност и чврстоћу па је подложнија борању. Ово је последица смањене продукције еластина и колагена у организму. Поред тога,

процент воде у људском организму опада старењем, услед чега је кожа мање хидрирана, што такође утиче на настанак бора. Један од узрочника настајања бора су слободне радикалске врсте, које у кожи настају како у различитим физиолошким оксидативним процесима, тако и појачано услед деловања UV зрачења. Слободни радикали оштећујући ДНК воде, између осталог, неисправној синтези колагена и еластина, чиме, као што је