

Нобеловата награда по физика за 2021 г. и комплексните процеси в природата

Емил Станев

Още от времето на моите аспирантски години познавах добре работите на Манабе. В по-ново време се бях запознал и с теоретичните занимания на Паризи, но те бяха в област, малко по-различна от тяхната сфера на моите научни интереси. Докато пътувах с кола обратно за София, направих справка по интернет. Нобеловата награда по физика за 2021 г. беше присъдена „за новаторски принос към разбирането ни за сложните системи“, като едната половина беше

Присъждането на нобеловата награда по физика за миналата година ми донесе и лични емоции. На 5 октомври, точно когато се разделях с колеги след научна конференция в с. Баня, телефонът звънна и жена ми Йоана (колега) съобщи вест от Германия, за която знаеше, че ще ме зарадва: „присъдили са Нобеловата награда по физика на Клаус Хаселман“. Познавах отгавна Хаселман и спогелих вестта с колегите. „Има и още двама“, продължи тя, „Сюкуро Манабе и Джорджо Паризи, познаваш ли ги?“

присъдена съвместно на Сюкуро Манабе (Syukuro Manabe, 1931) и Клаус Хаселман (Klaus Hasselmann, 1931) „за физическото моделиране на климата на Земята, количественото определяне на променливостта и надеждното прогнозиране на глобалното затопляне“, а другата половина – на Джорджо Паризи (Giorgio Parisi, 1948) „за откриването на взаимодействието на безпорядък и флуктуациите във физическите системи от атомни до планетарни мащаби“.



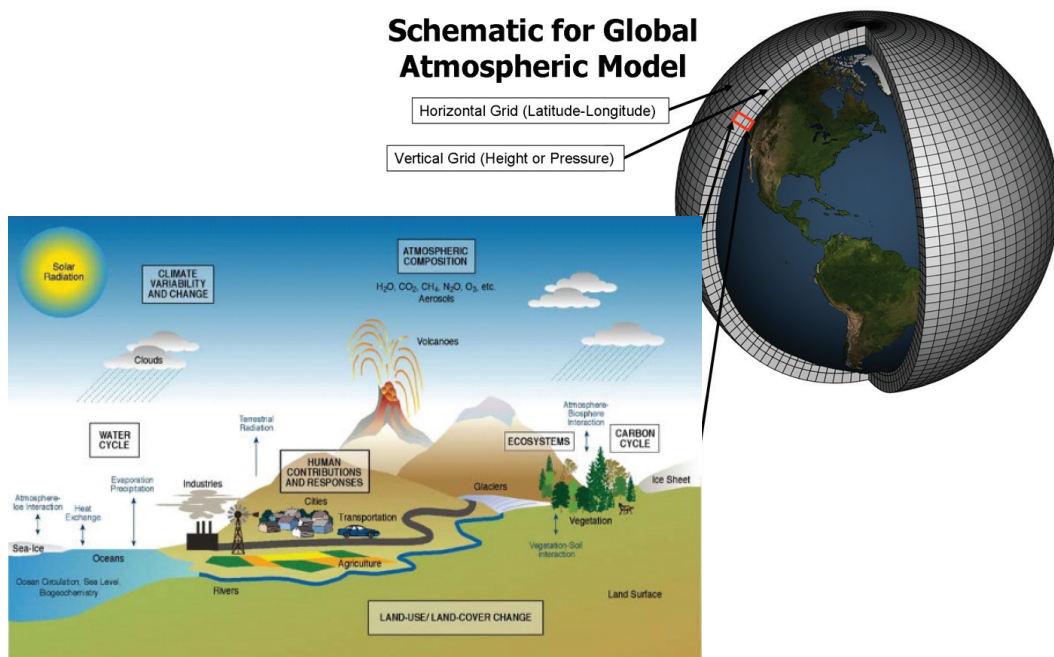
Снимка от момента на обявяването на нобеловите лауреати по физика за 2021 година. Наградата се дава за изследвания на хаотични и привидно случайни явления при сложни физически системи и приложението им върху промените на климата.

Снимка: www.nobelprize.org/prizes/physics/2021/prize-announcement

Ще се върна петдесет години назад във времето. Във физичните среди тогава се спореше дали метеорологията е чиста физика. Шефът на катедрата по „Метеорология и геофизика“ и председател на БАН в периода 1962 – 1968 г. академик Любомир Кръстанов казваше шеговито по този повод: „ако метеорологията не е чиста физика, значи е мръсна физика“. По-дълбоката същност на проблема е в това, че метеорологията използва класическия апарат на физиката, за разлика от астрофизиката или физиката на елементарните частици например, които ползват и развиват най-модерните научни направления. Докато основният подход във физиката е

да изолира някакъв процес и да го изучи в максимална дълбочина, метеорологията обединява хидродинамични процеси с различни пространствени и времеви мащаби, протичащи понякога по съвършено различен начин, но взаимодействащи помежду си. Атмосферната динамика е плод на сложни и многообразни взаимодействия и нейното обобщено изследване изисква **комплексното** разглеждане на всички важни процеси. Целта е все по-пълно и точно (включително и в регионално-географски план) опознаване на движенията и останалите процеси в атмосферата и тяхното точно прогнозиране. Тук очевидно метеорологията се приближава до географията. А когато

Schematic for Global Atmospheric Model



Схемата дава обобщена идея за някои от най-важните процеси в климатичната система и изчислителните мрежи ползвани в числените модели за динамиката на атмосферата, една тънка въздушна „ципа“ обгръщаща Земята.

Схема: <https://www.carbonbrief.org/CarbonBrief-clear-on-climate>

става дума за промяната на климата, проблемът се усложнява, защото се намесват и процесите на атмосферната химия, биологическите процеси в атмосферата, океана, на земната повърхност и гр.

Това, което съществено отличава отделните науки, е научният апарат, който се използва и дълбочината на изследователската работа. Географията дава по-скоро описание на това, което се наблюдава – отговаря на въпроса „какво“ и не отговаря на въпросите „как и защо“. Последните два въпроса се третират от физиката. Затова климатологията, например е повече част на географията, докато физическата океанография („графия“ има по-скоро само исторически характер) е повече физика, отколкото описателна наука.

Има и груги Нобелови лауреати с приноси в областта на науките, занимаващи се с изследването на процесите на планетата. Шведът Сванте Арениус е удостоен с наградата през 1903 г. „в знак на признание за изключителните му заслуги за развитието на химията чрез неговата електролитна теория на дисоциацията“. През 1896 г. той е първият, който прогнозира глобалното затопляне, дължащо се на антропогенните емисии на въглероден диоксид. Първите изследвания обаче са били твърде прости, тъй като се е предполагало, че преносът на енергия от един слой на атмосферата към следващия се осъществява единствено чрез радиацията. Също с Нобелова награда по химия е удостоен през 1995 г. починалият миналата година нидерландец Паул Крутцен „за рабо-

тата му в областта на атмосферната химия, особено по отношение на образуването и разлагането на озона”.

За да се разбере защо е целият този дълъг увод, ще припомня, че до 2021 г. нямаше учени, занимаващи се с физическите аспекти на науките за Земята, които да са удостоени с Нобелова награда. Останах много радостен да се запозная с речта на Торс Ханс Хансон (Thors Hans Hansson, 1950), член на Нобеловия комитет. По повод връчването на Нобеловите награди по физика за 2021 г. той наблегна на това, че физиката е не само наука за прости и подредени явления, но е много повече. Изменението на климата на Земята е един ярък представител на класа от комплексни явления, изискващи дълбока интуиция и съвършена работа с математическия апарат. След толкова години фундаментални изследвания в областта на физическите науки за атмосферата и океана беше дошло времето и този престижен комитет да оцени значението на изучаването на комплексните физически процеси. А госта преди това Питър Райнс (Peter Rhines), който е член на Националната академия на науките на САЩ и сътрудник на Американската академия за изкуства и науки пише: „Хаосът, теорията за сингулярните колебания, фракталите и солитоните са примери за това, че науките за околната среда са направили принципното откритие, което е прераснало в основен клон на физиката или математиката. По този начин интелектуалният поток не винаги е от „науките майки“ към „науките за околната среда“, но върви в двете посоки“. По-добре и по-ясно не може да бъде оценена ролята на геофизичната хидродинамика.

Сюкуро Манабе провежда основната част от своята научна дейност в Принстънския университет където се



Сукуро Манабе – портрет от 2018 г. като лауреат на Crafoord Prize. Снимка Bengt Nyman

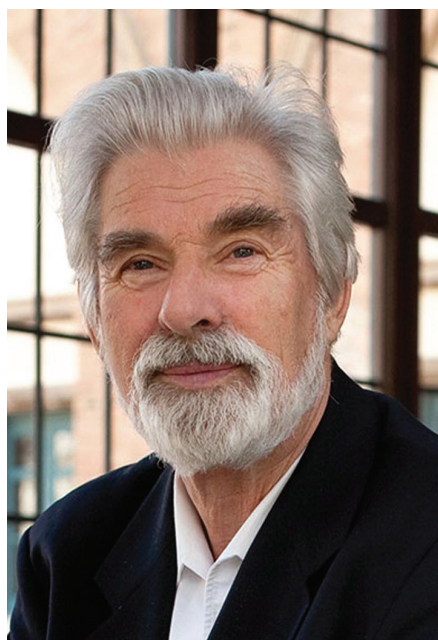
посвещава на разработването на модели на общата циркулация на земната атмосфера и извършването на числени симулации на компютри. Задачата му е да се възпроизведе с достатъчна точност динамиката на атмосферата и взаимодействието ѝ със сушата, леда и морето. В сърцевината на неговите занимания са специфичните хидрологични процеси. Към тях могат да се отнесат твърде различни процеси, като например как различните видове почви абсорбират водата или какви са превръщанията на водната пара в атмосферата и нейното значение за динамиката на геофизичните флуиди. Манабе пръв обръща внимание на значението на конвекцията за динамиката на атмосферата, без което климатичните модели не описват адекватно реалните процеси – едно ге-

ниално прозрение. През 1969 г. заедно с колегата си Кърк Брайън (Kirk Bryan) публикуват първия съвместен модел на атмосферата и океана. С океанската част на този модел аз лично започнах да се занимавам през 1978 г., а в моя статия от 1989 г., като нашироко се позовавам на Манабе, се спирам подробно на конвекцията и нейното отчитане в модела, който ползвах.

Днес в научната общност има ясен консенсус, че ранните климатични модели на Манабе изиграха фундаментална роля за изследването на взаимодействието между входящата радиация от Слънцето, инфрачервената радиация от Земята, конвекцията в атмосферата и скритата топлина на водните пари. Той даде работеща рамка за оценка на повишаването на глобалните температури на повърхността на Земята, което би било резултат от увеличаването на въглеродния диоксид в атмосферата, една модерна интерпретация на идеята на Сванте Арениус.

За **Клаус Хаселман**, в броя на *Physics Today* от 5 октомври 2021 по повод нобеловата награда по физика за 2021, Хедър М. Хил и Андрю Грант пишат: "...до 70-те години на XX век Манабе и други успешно създават модели, въпреки че не могат да симулират много от сложните, хаотични процеси, като например годишната променливост на Ел Ниньо – южното колебание, които допринасят за естествените колебания на климата на Земята. Като се има предвид значителното кумулативно въздействие на всички тези процеси, ученията в областта на климата се нуждаеха от начини за количествено определяне на променливостта в своите модели.

По време на полет за конференция в средата на 70-те години на миналия век Хаселман измисля решение. Въдъхновен



Клаус Хаселман. Снимка Daniel Reinhardt

от Брауновото движение, при което наблюдаваното движение на макроскопични частици е резултат от непрекъснато случайно движение на микроскопично ниво, Хаселман разработва стохастичен климатичен модел, който разглежда промените в климата като интегрирани ефекти от непрекъснати случайни смущения на времето.

Прозренията на Хаселман за разшифроване на причините за наблюдаваните ефекти в дълги времеви мащаби го подтикват да обмисли и това как да отдели антропогенния климатичен сигнал от естествените колебания на климата. Моделите на Манабе и други бяха позволили на изследователите да проучат потенциала на глобално затопляне, дължащо се на увеличаването на CO_2 , но не беше ясно каква част от това затопляне е резултат от външно радиационно въздействие (сигнал) спрямо естест-

вените колебания (шум). В статия от 1979 г. Хаселман предостави статистически план, по който учените, занимаващи се с климата, да изследват резултатите от моделите си и да разграничават сигналите от шума. Той също така идентифицира характерни признаци на данните (fingerprints, пръстови отпечатъци), които не могат да бъдат обяснени с естествени колебания.

В обзорна статия от 2019 г., публикувана в Nature Climate Change, работата на Хаселман се нарича „първото сериозно усилие за предоставяне на солидна статистическа рамка за идентифициране на сигнал за затопляне, причинено от човека“. През изминалите десетилетия учените в областта на климата успяха да докажат с нарастваща увереност, че повишаването на глобалните температури и други наблюдавани климатични

ефекти са пряк резултат от човешката дейност.

Джорджо Паризи открива скрити структури в неорганизиран сложни материали. Откритията му са сред най-важните приноси към теорията на комплексните системи. Те дават възможност да се разберат и опишат много различни и на пръв поглед напълно случайни материали и явления не само във физиката, но и в други, много различни области, като математиката, биологията, неврологията и машинното обучение.

В работата си Паризи търси скритите правила, които управляват свойствата на твърди материали с неподредена кристална структура, като стъклото, например. Първоначално той се фокусира върху екзотични магнитни материали, известни като „спинови стъкла (spin



Джорджо Паризи с италианския президент Серджо Матарела.

Снимка: Президентство на италианската република <https://www.quirinale.it/elementi/60152#&gid=1&pid=10>

glass)”. Това са немагнитни материали, включващи магнитни примеси с относителна концентрация на магнитни йони между 10^{-3} и 10^{-1} , в които желязни атоми са случайно разпръснати в мрежа от медни атоми. Спиновете на желязните атоми действат като малки магнити, а в обикновеното желязо всички атоми са насочени в една и съща посока, което води до едно-единствено, лесно идентифицируемо „основно” състояние с най-ниска енергия, което управлява поведението на материала. В спиновото стъкло обаче съседните спинове искат да се насочат в противоположни посоки, но не всички могат да го направят поради разположението на околните медни атоми. Подобна „фрустрация” означава, че материалът има огромен набор от различни, но ефективно еквивалентни нискоенергийни състояния, което затруднява прогнозирането на поведението му. Паризи привежда следния лесно разбираем пример. „Ако искаш да се сприятелиш с двама души едновременно, но те се мразят, това може да е разочароващо. Това важи с още по-голяма сила за класическата трагедия, където на сцената се срещат силно емоционални приятели и врагове. Как може да се сведе до минимум напрежението в системата?”. Теорията на Паризи открива скрити структури в сложни и безпорядъчни системи и дава път как да ги опише математически. Абстрактната теория е незаменима в области от широк спектър, вариращи от поведението на ятото птици до компютърните науки и изкуствените невронни мрежи.

Започнах с нещо лично, така и ще завърша. Много полезно научих в младежките си години от Сюкуро Манабе и в по-късните години на моята научна работа от Клаус Хаселман. С последния, много бързо и точно говорещ, мислещ и



Проф. д-р Емил В. Станев е завършил Физика със специализация по Метеорология в Софийския университет „Св. Климент Охридски”. Работи в катедрата по „Метеорология и геофизика” към Физическия факултет където е професор по физическа океанография. От 2007 г. е и професор по Крайбрежна океанография и ръководител на отдел към Научния център в Геестакхт, част от Асоциацията на немските изследователски центрове Хелмхолц. Научните му интереси са в областта на физическа океанография, числено моделиране, хидродинамика и динамика на седиментите в крайбрежните морета и устия, биогеохимично моделиране, асимилация на данни. Има повече от 170 рецензирани статии в международни научни списания.

действаш човек, съм имал многобройни срещи. Сега се гордея с това, че (тогава) бъдещият Нобелов лауреат Клаус Хаселман беше в комисията когато ме избораха за професор в Германия. За него повече информация може да бъде получена от пространното интервю (67 страници, достъпно по интернет), проведено с него от бившия ми директор проф. Ханс фон Щорх и проф. Дирк Олберс, двама от неговите издигнати ученици. ■