

Планети около други звезди

Ева Божурова

В следващите векове множество будни умове са поддържали и развивали тази идея, понякога с цената на свободата и дори живота си. Най-героичната фигура сред тях е Джордано Бруно (Giordano Bruno, 1548 – 1600 г.), изгорен на кладата заради своите убеждения. Според него „има безброй слънца и безброй земи, въртящи се около техните слънца. Ние виждаме само слънцата, защото те са най-големите тела и са светещи, а техните планети са невидими, понеже са по-малки и не са светещи.“ Така той, още преди повече от 400 години е формулирал главния проблем, който стои пред откриването на планети около други звезди и днес.

Идеята, че освен Земята има други подобни светове, някои дори населени, е наистина стара. В античността още Демокрит (460 – 370 г. пр. н. е.) е твърдял, че навсякъде във Вселената материята е „съставена от атоми, разделени от празно пространство, в което те се движат.“ Схващането за единство на космическата материя го е довело до прозрението, че „има много светове, някои създаващи се, други разпадащи се, някои без Слънце и Луна, други с по няколко, всеки свят има начало и край, някои могат да се сблъскват и да се разрушават.“

Звездите са на огромни разстояния от нас – несравнимо по-големи от размерите на самите звезди. Поради тази причина дори с най-големите съвременни телескопи не могат да се различат реалните диаметри на звездите (освен чрез

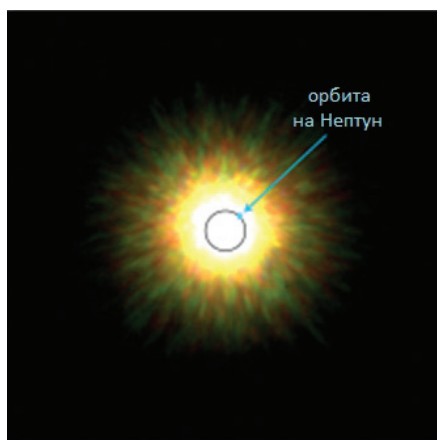
сложните методи на звездна интерферометрия за малък брой звезди). Реално при наблюденията звездите се изобразяват като кръгли петна с размити граници и това се дължи както на дифракцията на светлината, така и в най-голяма степен – на земната атмосфера.

На снимката се вижда изображение на звезда, подобна на Слънцето, получено с 8-метровия наземен телескоп Gemini-North, при това с използване на адап-

тивна оптика – сложна и скъпа система за компенсиране на влиянието на земната атмосфера. В съразмерен мащаб е показана орбитата на планетата Нептун. Както можем да се убедим, дори най-далечната от планетите в Слънчевата система би била напълно неразличима от изображението на звездата.

Към настоящия момент са открити над 4100 планети около други звезди, за краткост наричани екзопланети. От тях директно фотографирани са по-малко от 30. Останалите повече от 4000 екзопланети никога от никого не са били пряко наблюдавани. Тяхното съществуване около съответните звезди е, така да се каже, „отгатнато“ от астрономите по косвени данни, свързани с наблюдения изключително на самите звезди.

Първият начин за откриване на планети около други звезди можем да наречем астрометричен. Той е бил предложен още в XVIII век от знаменития английски астроном Уилям Хершел. Когато около

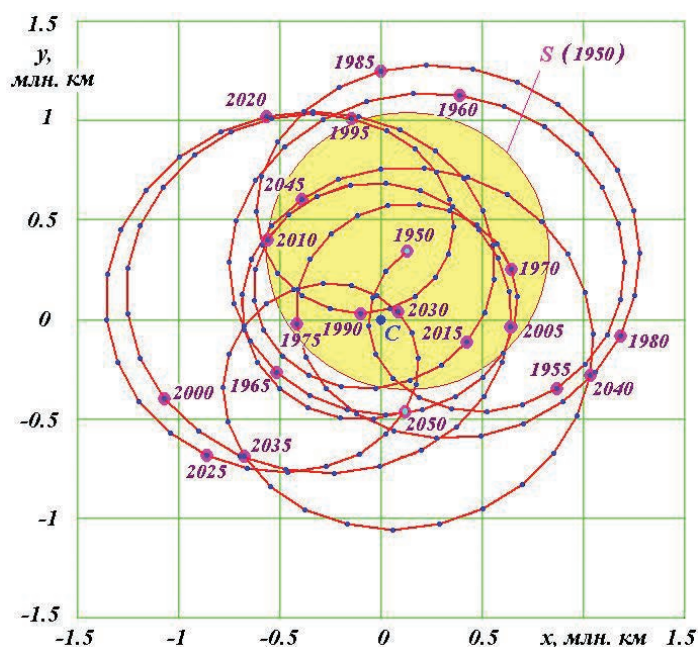


Изображение на звезда, подобна на Слънцето, получено с 8-метровия наземен телескоп Gemini-North, при това с използване на адаптивна оптика. В същия мащаб е дадена орбитата на Нептун около Слънцето

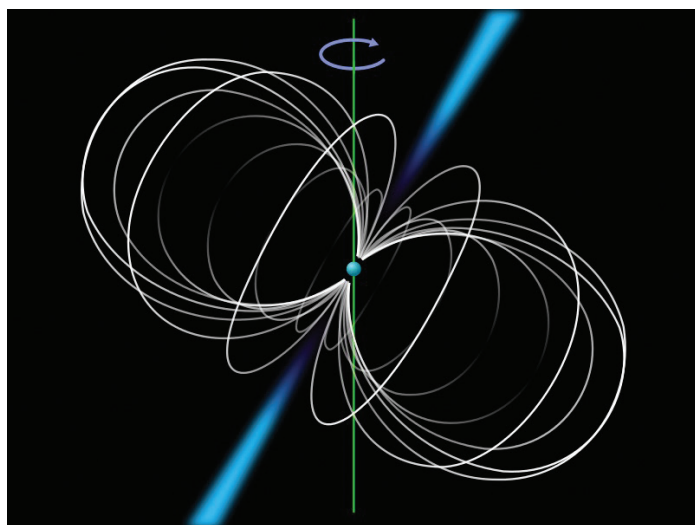


Д-р Ева Божурова е главен асистент в катедра „Методика на обучението по физика“ към Физическия факултет на Софийския университет. Освен това, в продължение на дълги години, от 1985 г., тя работи като старши учител в Народната астрономическа обсерватория и планетариум „Николай Коперник“ във Варна.

една звезда има планета, то звездата въздейства върху планетата със своята гравитация, но и планетата въздейства върху звездата. В резултат звездата извършва малко движение около общия център на масите с планетата. Планетата можем и да не виждаме, но ако съумеем да наблюдаваме движението на звездата, то ще получим информация за съществуването на планетата и за някои нейни параметри. Проблемът е, че движението на звездата е извънредно трудно за регистриране със съвременните технически средства. Както беше споменато по-горе, разделителната способност, постигната досега, е недостатъчна. На схемата е представено движението на нашето Слънце около общия център на масите на Слънчевата система. Това движение очевидно



Движение на Слънцето около центъра на масите на Слънчевата система. Слънцето е изобразено с жълт кръг с диаметър, съответстващ на мащаба



Пулсар – бързо въртяща се неутронна звезда

се причинява главно от масивните планети гиганти Юпитер и Сатурн. С жълтия кръг е изобразено в същия мащаб самото Слънце.

Да си представим извънземна цивилизация, живееща на планета, отдалечена само на 10 парсека (около 33 светлинни години) от Слънцето. За да открие присъствието на най-масивните планети около него по астрометричния метод при наблюдение във видима светлина, тази цивилизация трябва да разполага с телескоп с гуаметър няколкостотин метра. Всъщност по този метод не е била пряко открита от земните астрономи нито една екзопланета. Били са наблюдавани движения на няколко звезди с екзопланети, които преди това са открити по други методи.

Първото истинско откритие на екзопланети е твърде необичайно. То е направено през 1992 г. от полския астроном Александър Волщан (Aleksander Wolszczan) и канадския астроном Дейл Фрайл (Dale Frail) с помощта на 300-метровия радиотелескоп в кратера Аресибо, в Порто Рико. От-

крити са три планети, които обикалят около пулсар. Пулсарите са бързо въртящи се неутронни звезди, а неутронните звезди са обекти с невъобразимо висока плътност, в каквито се превръщат масивните звезди в края на своята еволюция. Неутронните звезди притежават магнитни полета с невероятно висока интензивност. Около магнитните им полюси електрически заредени частици се ускоряват до изключително високи скорости и излъчват мощно електромагнитно лъчение в широк диапазон от дължини на вълните. При въртенето около ос, несъвпадаща с магнитната ос, неутронната звезда обръща последователно към нас своите „горещи петна“ на излъчване и при това се регистрират кратки импулси, повтарящи се със забележителна точност.

Да допуснем, че около даден пулсар има планета. Пулсарът и планетата ще се движат около общия център на масите. Ако техните орбити лежат

в равнина, съдържаща неголям ъгъл със зрителния лъч от земния наблюдател, то пулсарът ту ще се приближава, ту ще се отдалечава от нас. При това ние ще регистрираме импулсите от него през променящи се периоди от време, понеже те ще бъдат излъчвани от леко различаващи се разстояния между пулсара и нас и на електромагнитните вълни ще бъде необходимо леко различно време, за да преодолеят тези разстояния. Именно благодарение на този ефект през 1992 г. са били открити и трите планети около пулсара PSR B1257+12. В таблицата са дадени техните параметри. Названията на планетите представяват имена на призрачни персонажи от скандинавската (Draugr), германската (Poltergeist) и гръцката (Phobetor) митология. Големите полуоси на орбитите им около пулсара са дадени в астрономически единици (AU), равни на средното разстояние от Земята до Слънцето.

Планетна система около пулсара PSRB1257+12

Планета	Маса (земни маси)	Голяма полуос (AU)	Орбитален период (дни)
A (b / Draugr)	0.020	0.19	25.262
B (c / Poltergeist)	4.3	0.36	66.5419
C (d / Phobetor)	3.9	0.46	98.2114

Главният проблем при това откритие е да се обясни произходът на планетите. Както е известно, неутронна звезда се получава при взрив на масивна звезда като свръхнова. Ако планетите са се образували по обикновения начин около звездата, докато тя все още не е достигнала крайния етап от живота

си, то как те са преживели колосалната експлозия на свръхновата? А може би са се образували след това, от мъглявината – остатък от взрива? Засега тези въпроси нямат отговор.

Първата планета около звезда, подобна на Слънцето, е открита през 1995 г. от швейцарските астрономи Мишел



Дидие Кело и Мишел Майор – удостоени с Нобелова награда през 2019 г. за откритието на първата екзопланета около звезда, подобна на Слънцето

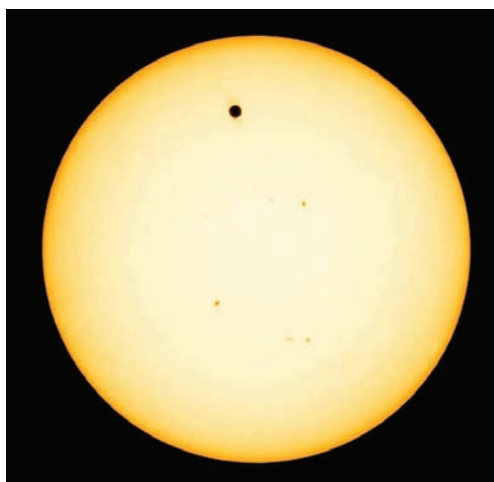
Майор (Michel Mayor) и Дугие Кело (Didier Queloz), които получиха за това Нобеловата награда по физика през 2019 г. Планетата е открита около звездата 51 Пегас, която е отдалечена на около 50 светлинни години от нас и наистина е доста слаба по блясък, но по принцип се вижда с просто око. Звездата може и да е „обикновена“, но за планетата това по никакъв начин не може да се каже. Тя представлява гигант, два пъти по-лек от Юпитер, но 1.5 пъти по-масивен от Сатурн, който обикаля около звездата на разстояние 8 пъти по-близо, отколкото е разстоянието от Меркурий до Слънцето, с период само 4.2 земни геноноция. Според теоретичните оценки температурата в горните слоеве на планетата трябва да достига до над 1000°C.

Планетата е открита по т.нар. спектрален метод. При него също не се наблюдава планетата, а се регистрират ефекти от движението на звездата около общия център на масите. Орбиталната равнина на планетата сключва малък ъгъл със зрителния лъч от Земята. При последователните интервали от време, когато звездата се приближава и се отдалечава от нас, се наблюдава отместване на линиите в нейния спек-

тър съответно към синия и червения край на скалата от дължините на електромагнитните вълни. Това е известно във физиката като „Ефект на Доплер“. В следващите години по този метод са открити още стотици екзопланети.

Най-много екзопланети са открити по

метода на пасажите. Ако около една звезда има планета и орбиталната равнина на планетата сключва особено малък ъгъл със зрителния лъч от Земята, то за нас периодично планетата ще преминава пред звездата – ще се наблюдава пасаж на планетата по видимия диск на звездата. На практика отново така описаното явление няма да се вижда пряко. Звездата за нас е практически точков източник на светлина и по време на пасажа ще се регистрира само много леко понижение на видимия блясък



Пасаж на планета по видимия диск на звезда

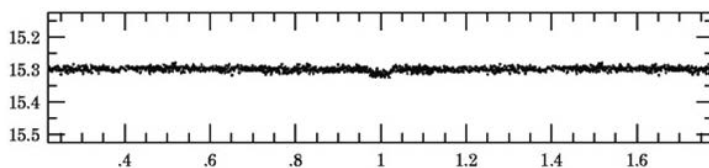
на звездата. Регистрирането на такова понижение обаче, се прави на предела на възможностите на съвременната наблюдателна техника. Поради малките размери на планетите в сравнение със звездите, понижението на блясъка по време на пасаж е от порядъка на стотни и хилядни части от целия блясък на звездата.

Въпреки това, благодарение на такива наблюдения вече могат да се определят радиусите на екзопланетите, което е невъзможно при използване на спектралния метод. Всъщност веднага щом дадена екзопланета се открие по метода на пасажите, веднага се правят и спектрални наблюдения на звездата, за да се получи колкото се може повече и по-точна информация.

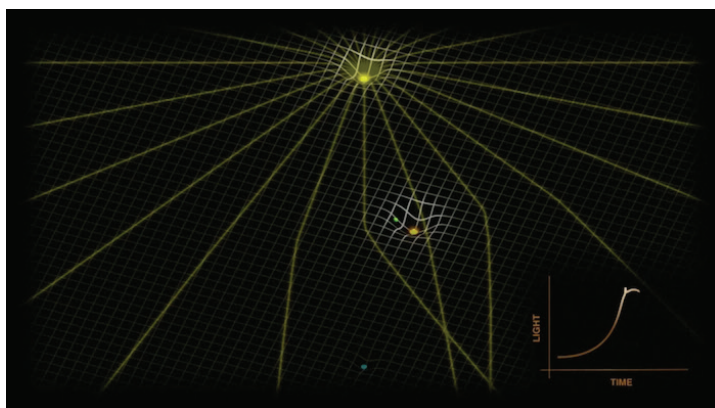
Особено екзотичен е методът на гравитационните микролеци. Той се основава на изкривяването на светлинните лъчи, минаващи покрай масивен обект, предсказвано от Общата теория на относителността. Първоначално въз основа на този метод са били съставени програми за откриване не на екзопланети, а на сравнително малки обекти като червени джуджета – най-леките и слабосветещи звезди, и кафяви джуджета – обекти, значително по-масивни от планетите, но не достатъчно, за да

могат в техните ядра да се поддържат термоядрени реакции на превръщане на водорода в хелий. Те не могат пряко да се наблюдават поради много слабия си блясък. Когато се случи такъв обект при движението си в междוזвездното пространство да прелети точно между Земята и достатъчно ярка звезда, то ние наблюдаваме временно леко повишение на блясъка на звездата. То се дължи на обстоятелството, че част от лъчите на тази по-далечна, но ярка звезда се изкривяват в гравитационното поле на тъмния обект и се фокусират в нашия телескоп. В някои случаи обаче, освен основното повишаване на блясъка на звездата се регистрира и още едно, значи-

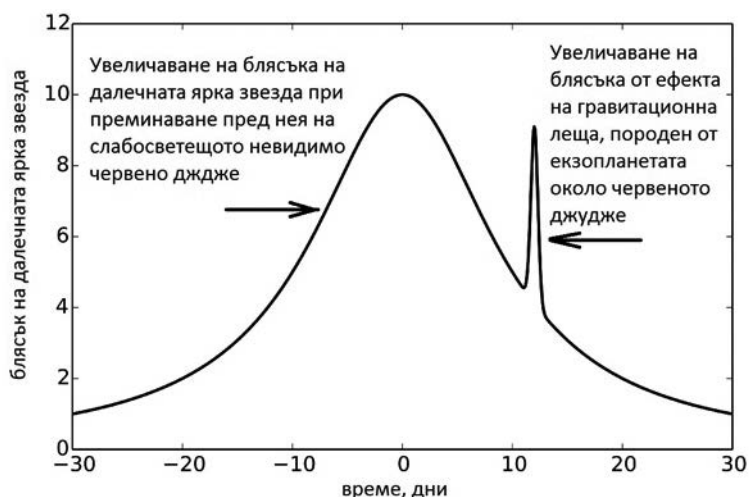
OGLE-TR-56 P=1.21190 (дни)



Крива на изменение на блясъка на звездата OGLE-TR-56 при пасаж на екзопланетата, открита около нея



Ефект на гравитационна леща, породен от слабосветещ невидим обект пресичащ пътя на светлината от далечна ярка звезда към земния наблюдател



Откриване на екзопланета по метода на гравитационната микро-леща

телно по-малко повишение. То се обяснява с присъствието на екзопланета, намираща се около слабосветещия обект, примерно червено джудже, която също играе ролята на гравитационна микро-леща. Така са открити няколко десетки екзопланети.

По причините, които споменахме в началото, чрез пряко фотографичане са открити само малка част от известните досега екзопланети.

Прякото фотографичане се улеснява, когато се прави в инфрачервени лъчи, тъй като разликата в блясъка на звездата и близката до нея екзопланета не е така голяма в този спектрален диапазон. По-лесно се фотографират също и много млади екзопланети, които са още твърде горещи в началните стадии на своето формиране и излъчват по-силно също в инфрачервени лъчи. Използва се и специална техника на екраниране и премахване на светлината на звездата от изображението, така че да се видят екзопланетите около нея. По този начин е направена снимката на цяла планетна

система около звездата HR 8799.

Това са най-често използваните методи за откриване на планети около други звезди. В наблюденията са включени множество наземни телескопи – от най-малките, използвани от астрономни любители, до най-големите, построени досега на нашата планета. Съществен принос имат и няколко кос-

мически телескопи като Hubble Space Telescope, Spitzer Space Telescope и особено телескопът Kepler, с който са открити по метода на пасажите най-много от известните досега екзопланети.

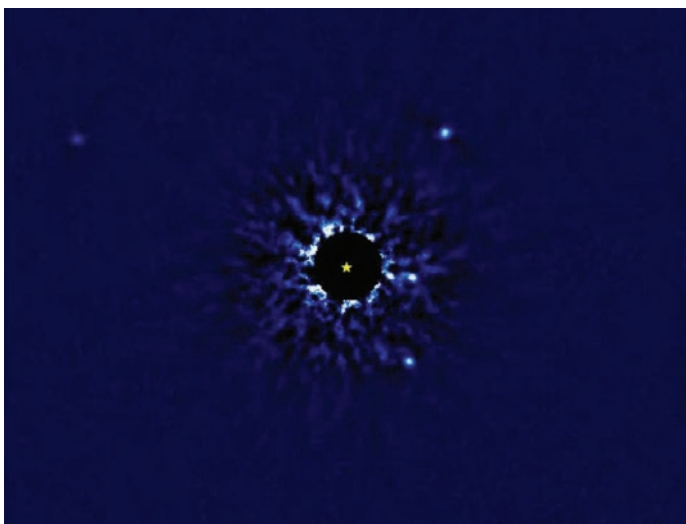
Значителна част от откритите екзопланети са твърде необикновени и поставят големи предизвикателства към досегашната теория за образуване и развитие на планетните системи, основана върху изучаването на единствения пример, с който сме разполагали – нашата Слънчева система. Открити са изобилно множество планети от типа на така наречените „горещи Юпитери“. Те са газови гиганти, намиращи се на извънредно близки разстояния от своите звезди. Това, разбира се, може да се дължи не на действително високата разпространеност на такива планети, а на факта, че те са най-лесни за откриване. Те са масивни и близки до своите звезди, поради което упражняват върху звездите достатъчно силно гравитационно въздействие и могат да се открият по спектралния метод, а поради голе-

мите си размери причиняват по-силно намаляване на блясъка на звездите при пасаж. Освен това, поради кратките орбитални периоди на такива планети, в рамките на кратко време могат да се наблюдават множество техни пасажи или да се проследи движението на звездите по спектралния метод и да се получат по-точни данни за масите на планетите и параметрите на техните орбити. Но има и много други странности. Открити са планети, които се движат около своите звезди в посока обратна на околоосното въртене на звездите, а също и планети около двойни и тройни звезди, за които до скоро се е считало, че не могат да имат устойчиви орбити.

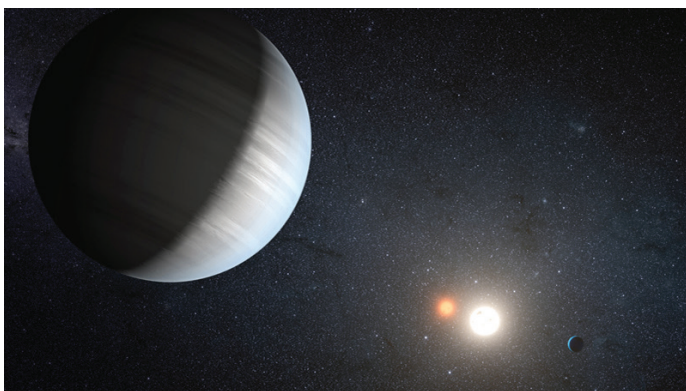
Особен интерес представляват естествено, планетите, намиращи се в т.нар. обитаеми зони около своите звезди. Това са зоните, в които върху повърхността на планетите при подходящи техни характеристики, може да има течна вода – предпоставка за възникване и развитие на живот. Предполага се дори, че може да има изцяло водни планети, покрити с океан, дълбок стотици километри и без никаква суша на повърхността. Така или иначе, тепърва ни чакат още повече и по-интересни открити-

тия, защото засега са направени само началните стъпки в търсенето на планети около други звезди. На рисунката е представена нашата Галактика и областта от нея, в която се съдържат всички открити досега екзопланети.

Накрая следва да споменем и за приноса на български астрономи в откриването и изследването на екзопланетите.



Система от четири планети около звездата HR 8799, наблюдавани с телескопите Кеск и Геміні чрез специален метод за екраниране и премахване на изображението на ярката звезда в центъра



Планетна система около двойна звезда



Областта от Галактиката, в която се намират откритите досега екзопланети

Той е свързан най-вече с имена като Цветан Златанов, Димитър Съселов, Георги Мангушев, Валентин Иванов и Станимир Мечев. Професор Цветан Златанов от дълги години работи в университета „Джон Хопкинс“ в САЩ. Изследва предимно ядра на активни галактики, но е бил ангажиран в проекта Terrestrial Planet Finder – за търсене на планети, подобни на Земята. Димитър Съселов е професор в Харвардския университет. Той сътрудничи в мисията на телескопа Kepler и заедно със своя екип разработва нови методи за откриване на планети, подобни на Земята. Той е съавтор на откритието на най-далечната засега екзопланета OGLE-TR-56b чрез метода на гравитационните микролеци. Георги Мангушев работи в астрономическата обсерватория Lowell в САЩ и участва в мисията Sofia, при която се откриват екзопланети посредством телескопи за наблюдение в инфрачервени лъчи, монтирани на борда на самолет, летящ над най-плътните слоеве на атмосферата. Станимир Мечев е професор в „Уестърн

Юнивърсити“, Канада и се занимава с директно фотографичане на планети около други звезди, с изследване на планетни системи около близки звезди и на атмосферите на екзопланетите. Валентин Иванов работи в Европейската южна обсерватория в Чили и също изследва и открива екзопланети. Нека отбележим, че той е възпитаник на кръжок по астрономия в Народна астрономическа обсерватория „Славеи Златев“ в гр. Кърджали. Георги Мангушев и Станимир Мечев също са направили първите си стъпки в науката като ученици, участващи в кръжоците по астрономия в Народна астрономическа обсерватория и планетариум „Николай Коперник“ в гр. Варна. С тази обсерватория от ученическите си години е свързан и Димитър Съселов, тогава живеещ в гр. Несебър. При неговите честни посещения в обсерваторията и кореспонденцията му с астрономите, работещи там, той е получавал ценни съвети и напътствия, които са предопределили и по-нататъшната му професионална кариера. ■