

## Първата светлина във Вселената<sup>1</sup>

А. Лопес, Х. Бофин

Чудили ли сте се някога кога е блеснала първата светлина във Вселената? Повечето от нас са наблюдавали изгрева на Слънцето сутрин, началото на новия ден. Астрономите отиват крачка по-нататък и търсят първите източници на светлина – взирайки се в историята на Вселената с помощта на мощни телескопи. Тяхното крайно домогване е даже още по-амбициозно: да напишат цялата история на Вселената, от нейното раждане – Големия взрив – до днес, почти 14 милиарда години по-късно.

### Снимките на Вселената

Светлината е била в състояние да се разпространява свободно във Вселената не по-рано от 400 000 години след Големия взрив. Откакто става Големия взрив, Вселената се разширява и изстива, разтегляйки онази първична светлина от началната ѝ висока честота, докато днес можем да я регистрираме като фотони от микровълновия диапазон: космическото реликтов микровълново лъчение, идващо от всички посоки на Вселената.

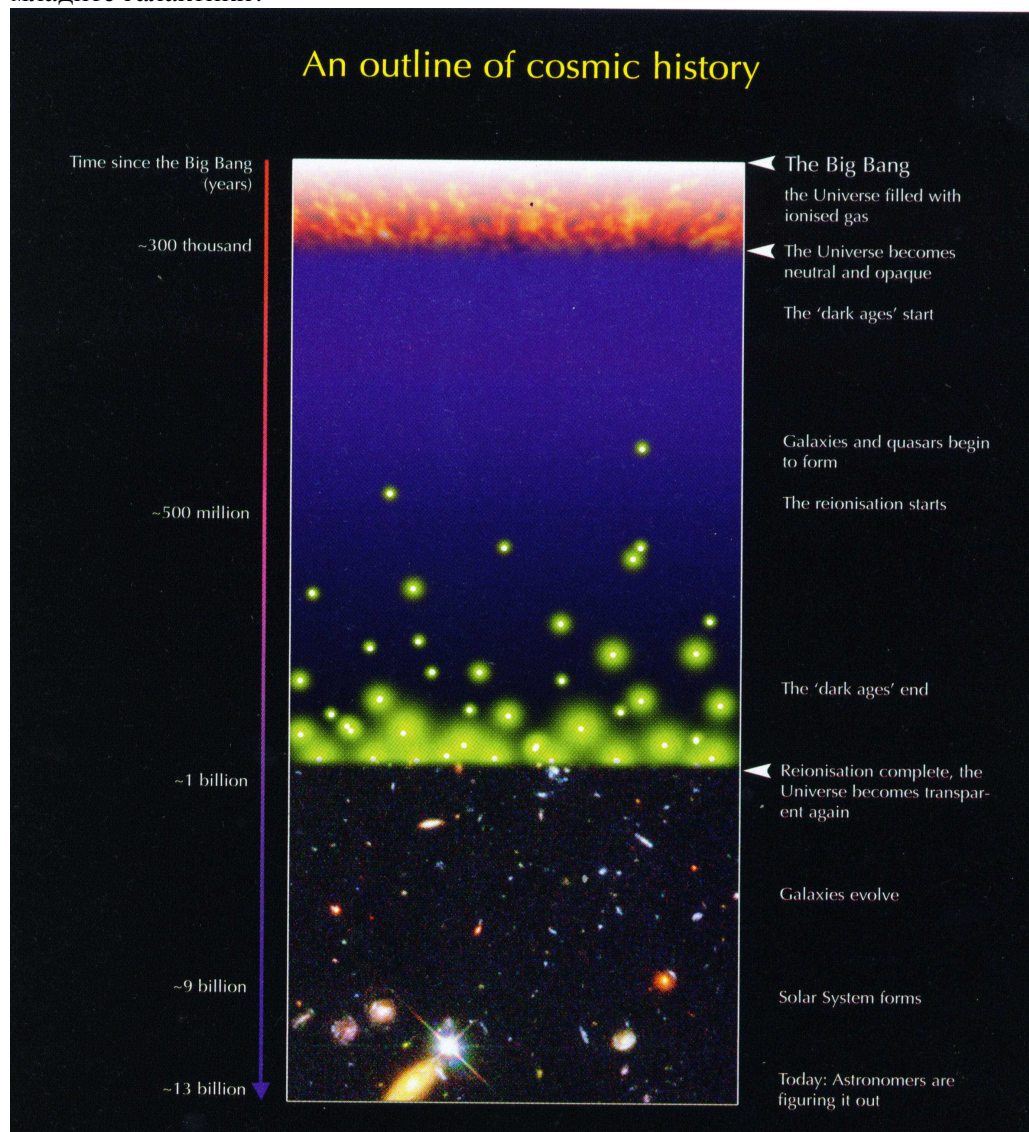
Историците често използват фотографии и други картини за изучаване на миналото и в това отношение астрономите не са по-различни. Като използват спътниците COBE (COsmic Background Explorer) и Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) за картографиране на космическото реликтов микровълново лъчение, астрономите направиха “снимка” на Вселената, която показва как е изглеждала приблизително 400 000 години след Големия взрив. Данните от COBE спечелиха на Дж. Мадър и Дж. Смут Нобеловата награда по физика за 2006 година.

Според стандартния космологичен модел за еволюцията на Вселената, приблизително 400 000 години след Големия взрив Вселената изстинала до около 3000 К – температура, достатъчно ниска, така че всички протони и електрони да се комбинират и образуват от йонизирания газ неутрален водород. Електроните в неутралния водород (както и в другите атоми и молекули) поглъщат много ефективно фотони, така че пълната с неутрален водород Вселена се оказва непрозрачна. За разлика от това, когато електроните и протоните са разделени, те не поглъщат фотони, така че една Вселена, изпълнена с йонизиран газ – каквато е била до около 400 000 години след Големия взрив, а каквато е и днес – е относително прозрачна. Картите от COBE и WMAP ни показват Вселената по време на нейния непрозрачен стадий, в началото на “тъмната ера” на Вселената. Този период приключва, когато Вселената отново става йонизирана (вж. диаграмата). Ние имаме също така снимки на много по-съвременната Вселена: изпълнени със звезди галактики, така, както те са изглеждали милиард години след Големия взрив, когато Вселената отново е станала прозрачна. Заради ограничената скорост на светлината (300 000 km/s), на светлината от далечните обекти ѝ е необходимо много по-продължително време да стигне до нас, отколкото на тази от съседните обекти. Затова ние виждаме тези далечни обекти такива, каквито са били в далечното минало. Като наблюдават много далечни обекти, астрономите са в състояние да регистрират светлина, която е пътувала почти 13 милиарда години. Това означава, че те виждат тези обекти така, както са изглеждали по-малко от милиард години след Големия взрив.

Какво обаче се е случило между тези две снимки, между изпускането на космическото реликтов микровълново лъчение 400 000 години след Големия взрив, и светлината, излъчена от тези много далечни галактики почти милиард години след Големия взрив? Кога и как се е вдигнала космическата мъгла? Какво променя морето от

<sup>1</sup> Превод от Science in School, 13, 2009.

частици, почти лишено от структура, във Вселена, осветена от многобройни звезди в младите галактики?



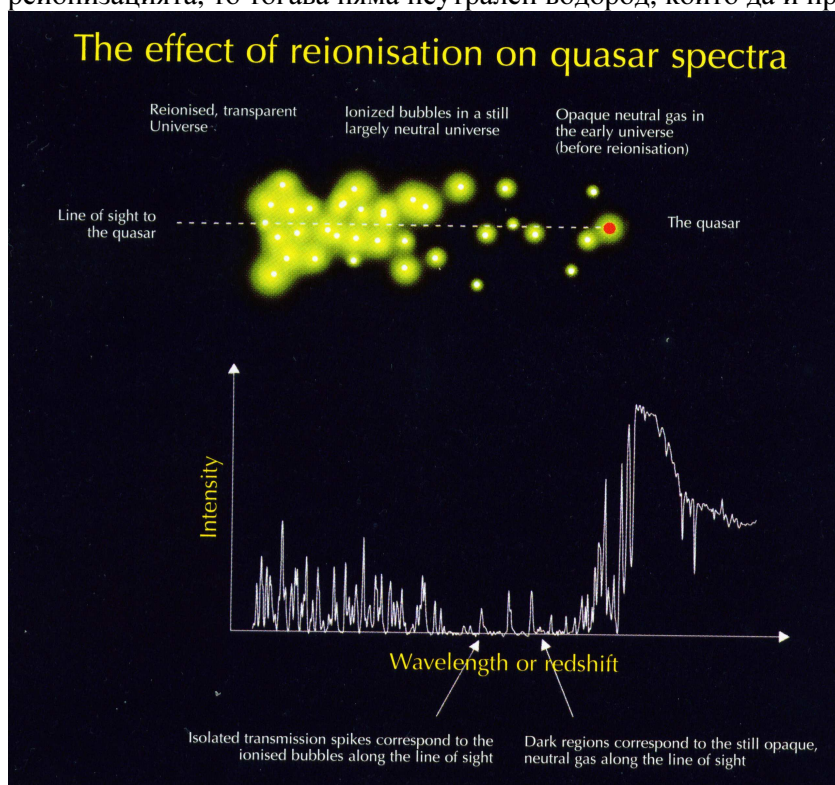
Както казва астрономът от Харвардския университет А. Лоеб: “Ситуацията, пред която са изправени астрономите, е като на човек, който разполага с фотоалбум, съдържащ първото ултразвуково изображение на едно неродено бебе, както и на няколко допълнителни снимки на същото лице като юноша и като възрастен.” Това, което учените не знаят и се опитват да разберат, е кога и как са се родили най-първите звезди и галактики. Лоеб продължава: “Понастоящем астрономите търсят липсващите страници от космическия фотоалбум, които ще покажат как е еволюирала Вселената в младенческата си възраст, как са се появили градивните елементи на галактиките, подобни на нашия Млечен път.”

Преди да се образуват звездите, Вселената съдържа предимно водород, хелий и следи от леки елементи. За йонизиране на водорода е необходима енергия от 13,6 eV – енергия, която съответства на фотони от ултравиолетовата област (UV). Следователно, каквото и да е реионизирало Вселената, то би трябвало да излъчва значително количество UV-лъчение. Въпреки че астрономите все още не са съвсем сигурни относно източника на това UV-лъчение, те предполагат, че това биха могли да бъдат или първите, много горещи звезди, или ранните черни дупки, освобождаващи огромно

количество UV-лъчение при падането на вещество върху тях. Ако случаят наистина е такъв, звездите би трябвало да се образуват преди епохата на реионизацията. Следователно ако успеем да определим кога е настъпила реионизацията, с това установим и една горна граница за времето на образуване на първите звезди.

### Ултравиолетовата следа

През 1965 г. американските астрономи Дж. Гън и Б. Петерсен предсказаха, че спектрите на квазарите може да се използват за датиране на финалните етапи в епохата на реионизация. Квазарите са много далечни и древни галактики с огромна яркост, за която се предполага, че се поддържа от вещество, поглъщано от намиращи с в техните центрове гигантски черни дупки. Ако квазарът е толкова далече, че светлината, която достига до нас от него, е излъчена по време на “тъмната ера”, нейната UV част би била погълната от неутралния водород, който е в наличност по онова време. Ако ли пък квазарът е по-близо и светлината, която наблюдаваме, е излъчена едва след реионизацията, то тогава няма неутрален водород, който да й пречи



(вж. диаграмата по-горе). (Забележете, че неутралният водород поглъща светлина с всевъзможни дължини, но повечето от тях се преизлъчват отново. За разлика от тях, UV лъчение йонизира атомите и затова се поглъща напълно.)

Ако дори нищожна част от междугалактичната среда (една част на милион) е била неутрална, когато квазарът е излъчил светлината, която сега регистрираме на Земята, това би оставило забележима следа върху спектъра – едно потискане на светлината в UV-област, известно като падината на Гън–Петерсон. Следователно Дж. Гън и Б. Петерсон предсказаха, че в спектрите на квазарите, отдалечени над определена граница от Земята, от които ние наблюдаваме светлина, излъчена преди да приключи реионизацията, ще се наблюдава намаление на интензитета в UV-областта. Спектрите на квазарите, разположени по-близо от тази граница, няма да имат такава особеност, защото тяхната светлина е излъчена след като реионизацията е приключила.

През 2001 г. колектив от учени в Калифорнийския университет, ръководени от Р. Бекер потвърдиха предсказанието на Гън и Петерсон: те регистрираха един несъмнен спад в спектъра на много отдалечен квазар, открит по време на Sloan Digital Sky Survey, едно астрономическо изследване, което обхваща спектрите на стотици хиляди квазари. Заради огромната отдалеченост на квазара спадът е в инфрачервената област на спектъра: светлината от него започва пътешествието си към Земята само 900 милиона години след Големия взрив и са й били необходими почти 13 милиарда години да стигне до нас. През това време нейната първоначална UV-част е разтеглена, преместена към червения край на спектъра заради разширението на Вселената. Квазарите, разположени малко по-близо до Земята, не показват подобно спадане в спектъра. Това показва, че последните късчета неутрален водород във Вселената са били йонизирани около 900 милиона години след Големия взрив.

### **Микровълновата следа**

Друг източник на информация за епохата на реионизация представлява космическото реликново микровълново лъчение, излъчено скоро след Големия взрив.

След като Вселената започва да се реионизира, освободените електрони започват да влияят на поляризацията на светлината. Един свободен електрон може да взаимодейства със светлината посредством процес, известен като Томсоново разсейване: електронът се ускорява, а падащата светлина се поляризира в посока на движението на електрона. Този процес е най-ясно изразен по време на и веднага след реионизацията. По-късно, поради продължаващото разширение на Вселената, плътността на свободните електрони намалява и това редуцира техния поляризиращ ефект.

Между 2001 г. и 2006 г. спътникът WMAP бе използван за изучаване степента на поляризация на космичните реликтови микровълнови фотони. Чрез изследване на светлина с различни честоти астрономите можаха да проучат различни периоди от историята на Вселената – и степента на поляризация даде сведения за плътността на свободните електрони по онова време (колкото по-голяма поляризация, толкова по-висока плътност на свободни електрони). От тези изследвания те заключиха, че реионизацията е започнала около 400 милиона години след Големия взрив и е завършила 400 до 500 милиона години по-късно. Тази оценка е в съгласие с резултата, получен от изследването на квазарите: 900 млн. години след Големия взрив.

### **Бъдещи изследвания**

На 14 май 2009 г. Европейската космическа агенция изведе в орбита спътника Планк. Негова цел е да осигури снимка на космическото реликново микровълново лъчение с още по-голяма чувствителност и ъглово разрешение, отколкото постигнатите с WMAP. Той ще помогне на астрономите да отговорят по-детайлно на въпроса как Вселената еволюира от пламтяща супа до това, което виждаме днес.

Въпреки че времето на реионизацията е определено успешно, все още липсва снимка на Вселената от това време, тъй като сегашните телескопи не са в състояние да ни я осигурят. Добрата новина обаче е, че Европейската южна обсерватория (ESO), заедно с европейските астрономи и инженери, сега планира Европейския извънредно голям телескоп, чиито диаметър е 42 m и ще позволи да надникнем толкова назад във времето, че вероятно ще можем да видим светлината от първите звезди.



