



ЦВЕТЪТ И ЯРКОСТТА НА ЛУНАТА ПРИ ПЪЛНИТЕ ЛУННИ ЗАТЪМНЕНИЯ И СЛЪНЧЕВАТА АКТИВНОСТ

Борис Комитов

Всеки, който е наблюдавал пълни лунни затъмнения знае, че Луната на практика никога не изчезва напълно при тяхната пълна фаза. Най-често тя придобива ярко оранжев, оранжево-червеникав или яркочервен, а в по-редки случаи ръждиво-кафяв и или тъмнопепеляв цвят. В последния случай Луната едва се различава на нощното небе. Въпросите в този случай са два:

1. Каква е причината за промяната на цвета на Луната по време на лунните затъмнения и защо преобладават „топлиите“ цветове, т.е. от оранжево-червената част на спектъра на видимата светлина?
2. Защо има толкова големи разлики в цвета и яркостта на Луната при различните пълни лунни затъмнения?

Отговорът на тези въпроси е свързан със свойството на газовете и в случая тези на земната атмосфера да разсейват светлината. По време на пълните лунни затъмнения Земята изцяло закрива Луната. Въпреки това обаче до лунната повърхност достига слънчева светлина, която преминава през земната атмосфера. Слънчевият светлинен поток преминаващ през земната атмосфера обаче претърпява големи загуби в резултат от различни процеси: – поглъщане (абсорбция) от атомите и молекулите на атмосферните газове, от многократно разсейване от същите тези газови частици, както и разсейване, поглъщане и екраниране от по-едри частици (прашинки и аерозоли). Разсейването от газовите частици (атомите и молекулите) в земната атмосфера се нарича „релеевско“ (по името на британския физик Джон Стрът – лорд Релей III). То е най-силно за светлинното излъчване с по-малка дължина на вълната, т.е. виолетовите и сините лъчи, а е най-слабо за червените лъчи, които са и с най-голяма дължина на вълната. Ето защо при преминаване на пряка слънчева светлина през атмосферата най-голяма загуби претърпяват потоците на виолетовите и сините лъчи, а най-малки – на червените. Това означава, че колкото по-дълъг път изминава светлининият поток от своя източник през атмосферата, толкова повече той не само отслабва, но и «почервява». Затова Слънцето когато е ниско над хоризонта при изгрев или залез не само изглежда по-слабо, но и по-червено.

Това е едната причина за почервяването на диска на Луната при пълните лунни затъмнения. Просто земната атмосфера играе

ролята на естествен филтър, който пречатства преминаването на сините и виолетовите лъчи от слънчевия поток много повече, в сравнение с оранжевите и червените лъчи. Ако атмосферата на Земята беше чиста откъм прах и аерозоли дискът на Луната би изглеждал с цвят на добре узрял портокал (т.е. оранжево-червеникав) при всяко пълно затъмнение и не би имало значителни разлики в цвета при различните затъмнения.

Но както казахме между различните пълни затъмнения има разлики не само в цвета, но и в яркостта на лунния диск.

Причината за това е, че голяма роля за загубите на слънчевата светлина в атмосферата играят различни видове прахови частици и аерозоли. От една страна те поглъщат слънчевата светлина и я преизлъчват в инфрачервената област. От друга страна те също причиняват и специфично разсейване на светлината, което се нарича „Ми- разсейване“ (на името на неския физик Густав Ми). За разлика от релеевското разсейване от газовите молекули и атоми, което може да стане с равна вероятност във всички посоки, то «Ми-разсейването» не е еднакво в различните направления. Без да влизааме в по-големи подробности ще кажем само, че аерозолите и праховите частици са много по-големи от газовите молекули и при разсейването на светлината от значение при тях са формата и размерите на частиците.

Съдържанието на праховите частици и аерозолите в атмосферата е доста нееднородно както по отношение на пространственото разпределение (т.е. за различните райони на Земята), така и във времето. Времеви вариации на праховите частици и аерозолите зависят от вулканичната активност, от текущото състояние на климата и в незначителна степен – от индустрията и транспорта. Именно времеви вариации на общите съдържания на прах и аерозоли са главната причина за наблюдаваните разбихи в цвета на затъмненията.

Главният източник на прах в атмосферата на Земята е дейността на вулканите. Мощните вулканиски изригвания изхвърлят вулканична пепел до най-високи части на тропосферата. При най-мощните вулканични изригвания (например Тамбора -1815г, Кракатау-1883г или Пинатубо - 1991г) вулканичният прах и пепел достигат високо в стратосферата – до 30-40 км над земната повърхност и се задържат там до няколко години.

Вулканите са най-важният източник и на активни газове в земната атмосфера и особено на серен диоксид (SO_2). На тях се падат над 90% от общата продукция на този газ. „Контролният пакет“ при това държат вулканите на Филипините и Индонезия. По-малко, но също със значителен дял след тях са вулканите на Япония и Камчатка.

Вулканичните газове, влизайки във физико-химични взаимодействия с водните пари и праховите частици образуват аерозоли. Последните взаимодействат помежду си и нараствайки по маса и размери образуват облаци. От друга страна обаче, както вече казахме, скоростта на тяхното образуване и съдържания в атмосферата са различни в различни моменти от

време. Това неизбежно води до промяна на оптичните свойства на атмосферата и способността ѝ да пропуска и разсейва преминаващия през нея слънчев светлинен поток. Оттам възникват и промените в цвета и яркостта на Луната по време на пълни лунни затъмнения. Тя е по-ярка и оранжево-червеникава на цвят когато съдържанието на прах и аерозоли е ниско и обратно-цветът ѝ е ръждиво-кафяв или дори тъмносив когато количеството прах и аерозоли в атмосферата е много над обичайното. В първия случай затъмненията се наричат «светли», а във втория случай – «тъмни».

За да опише особеностите на пълните лунните затъмнения в зависимост от техните цвят и яркост френският астроном Данжон е разработил 5-степенна скала. Тъй като тя е основана на полуколичествени визуални оценки е доста субективна. Въпреки това масово се ползва при наблюдения на лунните затъмнения и днес. Скалата на Данжон е показана в таблицата по-долу.

Таблица 1: Скалата на Данжон

Бал	Цветови и яркостни характеристики
0	Много тъмно затъмнение. Луната почти не се вижда
1	Тъмно затъмнение. Цветът на Луната е сив или кафяв. Трудно се виждат детайли по лунната повърхност
2	Затъмнението е с тъмно-червеникав или ръждив цвят. Централната част на диска е много тъмна, а краищата са сравнително светли
3	Яркочервено затъмнение
4	Ярко медно-червеникаво или оранжево затъмнение

„Тъмните“ затъмнения съответстват на балове 0 и 1 в скалата на Данжон, докато баловете 3 и 4 – на „светлите“. Може да се приеме, че бал 2 отразява междинните случаи, но по мнението на автора тези затъмнения по-добре се вписват към „тъмния“ клас.

Изучавайки времевите тенденции в редуването на „светли“ и „тъмни“ пълни лунни затъмнения астрономите забелязали връзка с фазата на 11-годишния слънчев цикъл: „Светлите“ затъмнения се случват преди всичко при средни и високи нива на слънчева активност, докато „тъмните“ затъмнения се групират около слънчевите минимума. Има основание да се счита, че приоритетът за това откритие принадлежи на чехословашкия астроном Франтишек Линк в средата на 20-ти век.

Връзката между цвета на пълните лунни затъмнения и нивото на слънчевата активност е силно косвено доказателство, че съдържанието на негазовите компоненти (вулканична прах и пепел и аерозоли) в земната атмосфера зависи от нивото на слънчевата активност. Тогава обаче излизат още два въпроса:

1. Кое от двете явления е свързано със слънчевата активност- вулканизмът или образуването на аерозоли? Или може би и двете?!
2. Какви са възможните физически механизми на връзката „Слънчева активност -> вулканизъм + аерозоли“. Защо атмосферата на Земята става по-непрозрачна в епохите на ниска слънчева активност?

Нека да започнем с вулканичната активност. Има ли някакви други, независими индикации, че тя свързана със слънчевата активност?

Най-напред трябва да се напомни, че вече са натрупани много факти, които сочат за връзка между слънчевата активност и сеизмичната активност на Земята- при това не само по отношение на 11-годишния цикъл, но също така и по отношение на дългосрочните слънчеви вариации (80-90 и 200-210 годишните слънчеви цикли). Още в 70-те и 80-те години на 20-ти век стана известно, че по отношение на цикъла на Швабе-Волф (т.е. 11г слънчев цикъл) мощните земетресения (с магнитуд равен или по-голям от 7.5) имат две «предпочитани» епохи. Това са минимумите и максимумите на 11-годишни цикли. По брой и общото количество сеизмична енергия обаче превес имат земетресенията в епохите на слънчевите 11-годишни минимуми.

По аналогичен начин изглежда и връзката «Слънце - земетресения» и в дългосрочен план. Около 2005г руските геофизици Рогожин и Шестопалов изучавайки честотата на мощните земетресения от края на 17-ти век насам установиха, че средно през 80-100 години се редуват епохи с по-ниска и по-висока сеизмична активност. По-сеизмичните епохи при това се оказват тези, които съвпадат с векови или двувекови слънчеви минимуми- например края на 17-ти- началото на 18-ти век (Минимумът на Маундер), началото на 19-ти век (Минимумът на Далтон) и началото на 20-ти век (Минимумът на Глайсберг-Гневишев).

Дали така установените тенденции за земетресенията се отнасят обаче и за вулканичната активност? Въпросът е логичен защото районите на сеизмичните и вулканичните явления съвпадат- това са контактните зони на по границите на блоковете на земната кора.

Отговорът е положителен. Действително има концентрация на случаите на мощни вулканични изригвания с еруптивен индекс VEI, равен или по-голям от 5 около минимумите и максимумите на 11 годишните слънчеви цикли, като лек превес има по време на епохите на слънчевите минимуми. В дългосрочен план обаче тенденцията към групиране на вулканичната активност около

слънчевите минимума е много по-силно изразена. От 15-те най-мощни вулканични изригвания през последните 500 години 6 са катанали в течение само на около 25 години по времето на слънчевия свръхвекови Минимум на Далтон в неговата средна икътна част между 1810 и 1834г. Тук в това число попада и изключително мощното изригване на вулкана Тамбора (VEI=7) през 1815г.

Сред мощните вулканични изригвания в епоха на слънчев 11г максимум изпъкват ерупциите на Кракатау през 1883г и на Пинатубо (И за двата VEI=6). Що се касае до последния тук има едно много силно впечатляващо обстоятелство: Всички фази на активиране на вулкана Пинатубо между октомври 1990г и главната ерупция на 15 юни 1991г протичат в рамките на две денонощия след големи слънчеви изригвания от рентгенов мощностен клас X и непосредствено след свързаните с тях мощни геомагнитни бури (!?!)

Подробният анализ показва, че практически няма мощни вулканични изригвания в епохи със средни нива на слънчевата активност. Защо мощните земни тектонични явления (земетресения и вулканични изригвания) предпочитат епохите с висока или много ниска слънчева активност?

В момента науката е далеч от сигурен и ясен отговор. И все пак някои детайли вече започват да се разкриват. По-подробно за физическите механизми чрез които слънчевата активност влияе върху сеизмичната и вулканичната активност авторът разказва в своята видеопрезентация «Хелиогеотектоника» (<http://www.heliotaraxy.com/Media/Heliogeotectonics.flv>), както и в книгата «Влияние на слънчевата активност върху климата в миналото и съвременността: Следствия за България» (<http://www.astro.bas.bg/~komitov/sc07d.pdf>). Тук само ще отбележим, че това влияние най-вероятно е свързано с въздействието на мощните геомагнитните бури и промените в структурата на междупланетното магнитно поле върху скоростта на околоосно въртене на Земята посредством токовите системи в земната кора и вътрешността на нашата планета. Много е вероятно също така значителна роля да играят и промените в електрическите потенциали между земната повърхност и йоносферата.

Промените в потока на т.нар. «космически лъчи» е вторият важен и най-вероятен причинител на промени в прозрачността на земната атмосфера. По своя произход те са два вида. Източниците на едните са извън Слънчевата система. Това са космически тела, в които протичат мощни процеси, съпроводени с отделянето на частици (протони, електрони, неутрони, атомни ядра или части от такива и др.) с огромна енергия – между 10^7 – 10^8 и 10^{20} – 10^{21} електронволта. Такива източници са ядрата на галактиките, включително и на Млечният път, неутронните звезди, квазарите и др. Те се наричат «галактични космически лъчи» (ГКЛ). Прониквайки от всички посоки в Слънчевата система частично те се екранират или абсорбират от слънчевия вятър. Тъй като слънчевия вятър е най-мощен в околномаксимумните фази

на 11-годишни слънчеви цикли, то потокът на ГКЛ проникващ до Земята и другите тела от Слънчевата система тогава е най-слаб. Обратно- потокът на ГКЛ в епохите на ниска слънчева активност е висок. Тази обратна връзка между нивото на слънчевата активност и потокът на ГКЛ се нарича „Форбуш-ефект“. Явлението е открито от американския геофизик С. Форбуш, като го открил в 1937г.

Другият източник на космически лъчи е Слънцето. Такива се генерират по време на мощните слънчеви рентгенови изригвания, най-често тези, които са с мощностен показател M5 или по-голям. Понякога обаче такива възникват и при по-слаби слънчеви изригвания. През последните години за слънчевите космически лъчи се наложи терминът „слънчеви енергетични частици“ (СЕЧ). Най-често се имат в предвид слънчевите протони с висока евергия между 1 и 10000 мегаелектронволта (10^6 - 10^{10} електронволта).

Основната част от ГКЛ и СЕЧ се поглъщат в стратосферата на Земята- на височини между 30 и 40 км. Много малка част от тях достигат до ниската атмосфера или до повърхността на Земята. При ГКЛ измененията на потока са сравнително плавни във времето и зависят главно от дългоспичното поведение на слънчевата активност. От друга страна генерираниите на СЕЧ са кратки явления тъй като се предизвикват от слънчеви изригвания. Покачванията на потока също са краткотрайни (обикновено от няколко часа до няколко дни). Когато те достигнат до нива, при които стават потенциално опасни за функционирането на техниката или здравето на хората се говори за «радиационна буря». В случая е важно да се знае, че частиците (ГКЛ или СЕЧ) с енергии около или над 100 MeV проникват в ниската атмосфера на Земята (тропосферата), където протичат метеорологичните процеси. Проникването на значителен СЕЧ-поток по време на радиационни бури в ниската атмосфера може да представлява опасност за работата на командната и навигационна апаратура на самолетите, особено за тези летящи на височини над 8 км, а до известна степен и за здравето и на екипажите и пътниците. При най-мощните слънчеви изригвания често се генерират слънчеви протони с енергии около или над 500MeV . Те достигат до земната повърхност и често пъти предизвикват явления известни като „естествени покачвания на радиационния фон“ (GLE- Ground Level Enhancements).

Както ГКЛ, така и СЕЧ, проникващи в ниската атмосфера предизвикват много слаба йонизация на атмосферата. Тя е десетки и стотици милиони пъти по-слаба от йонизацията във високата атмосфера, където под влияние на слънчевата рентгенова и ултравиолетова радиация се изгражда йоносферата. От друга страна обаче се оказва, че малкото количество йони в тропосферата усилват образуването на аерозоли при наличието на твърди частици-прашинки (т.е. кондензационни ядра) и особено в присъствието на киселинни газове като SO₂. А концентрациите на киселинните газове в атмосферата са по-големи при засилена вулканична дейност!..

По този начин преобладаването на „тъмните“ пълни лунни затъмнения в епохите на ниска слънчева активност намира своето логично обяснение. Тъкмо тогава едновременно и потокът на ГКЛ е най-голям и освен това има и засилена вулканична дейност, т.е. и повече прах и вулканични газове.

Биха ли могли слънчевите космически лъчи (СЕЧ) да водят до подобни ефекти при условията на засилена еруптивна активност на Слънцето, т.е. при слънчеви максимуми. Нали тогава също се наблюдава и засилена вулканична дейност?



Видът на пълното лунно затъмнение над София на 15 юни 2011г

Да биха могли, но ефектите трябва да са много по-слаби и краткотрайни. Вероятен пример за такова пълно лунно затъмнение е това от 15 юни 2011г. Тя стана в период на засилване на слънчевата еруптивна активност. Тогава станаха голям брой изригвания със средна и голяма мощност (Най мощното изригване за целия сегашен слънчев цикъл с цюрихски номер 24 стана около два месеца по-късно – на 9 август 2011г). Както се вижда на снимка на пълната фаза на затъмнението от 15 юни с.г. от София на него може да се даде Данжоновски бал, който е между 2 и 3.

Типичен пример за «светло» затъмнение е наблюдаването на 15 април 2014 година, когато беше вторичният максимум на настоящия 24-ти цюрихски 11-годишен цикъл. От групата на «тъмните» е затъмнението, станало на 16 септември 1997г.



*«Светло» пълно лунно затъмнение на
15 април 2014г .
<http://www.planetarium-moscow.ru>*



*«Тъмно» пълно лунно затъмнение на
16 септември 1997г*

Нека сега да минем към актуалния въпрос:

Как ще изглежда затъмнението на 28 септември 2015г?

Вторичният максимум на настоящият 24-ти цюрихски слънчев цикъл беше през април 2014г, а през следващите няколко месеца тя се запази на нива, близки до околоредимума. Понастоящем може със сигурност да се твърди, че 24-ят слънчев цикъл вече е в началото на низходящата си фаза. В момента слънчевата активност е на средни нива, а слънчевия вятър е все още доста мощен. Неговата скорост през последните десетина дни е обикновено над 500 км/с. Ето защо в момента потокът на ГКЛ може да се окачестви като по-скоро на средно ниво. През

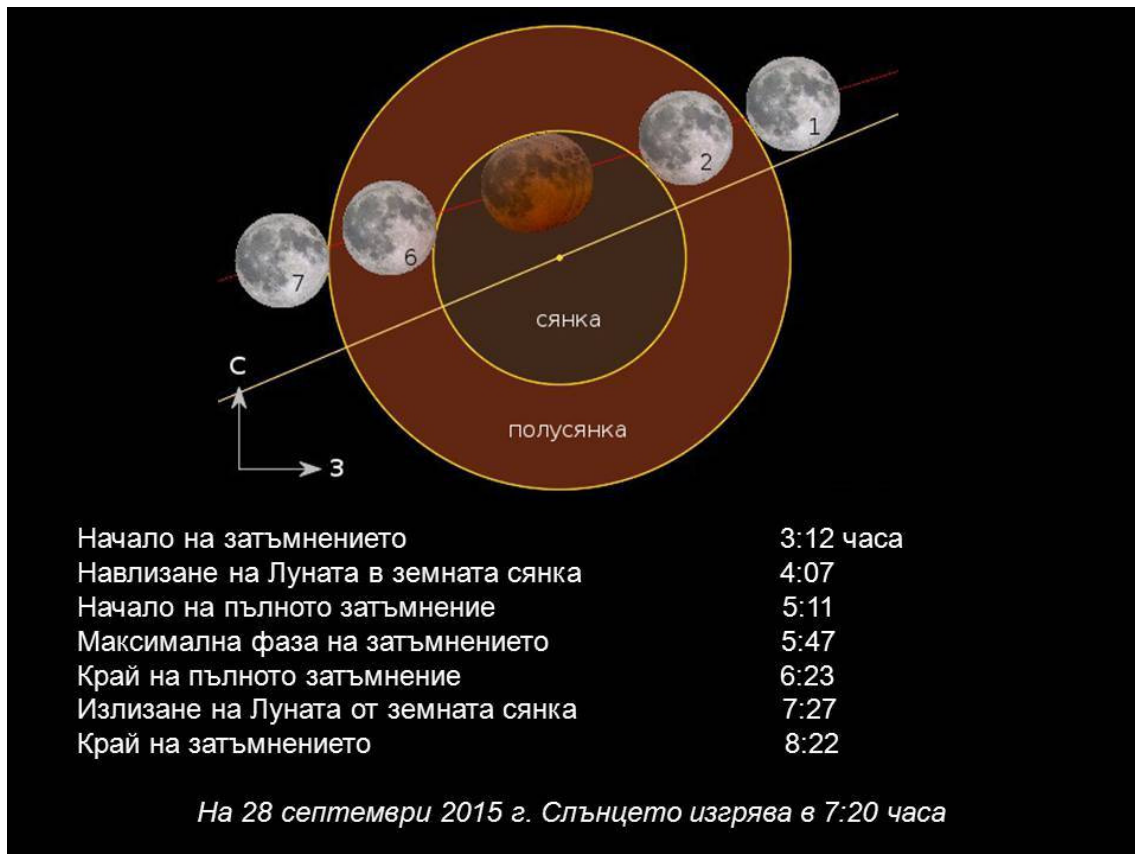
последните месеци не е имало слънчеви изригвания, предизвикващи протонни (СЕЧ) ерупции, като се изключи едно съвсем кратко и слабо явление отпреди няколко дни. Вулканичната активност през текущата година е сравнително слаба, на практика липсват мощни изригвания.

По тази причина очакванията на автора са за «светло» пълно лунно затъмнение с Данжонов бал 3 или 4. Това предполага, че цветът на Луната по време на пълната фаза ще бъде яркочервен или оранжево-червен. Вероятността за затъмнение с бал 2 е малка.



Фотомонтаж от три снимки в пълната фаза на лунното Затъмнение от 6 август 1982г. То е вероятният най-близък фотометричен аналог на предстоящото затъмнение на 28 септември.
<http://www.planetarium-moscow.ru>

По-голямата част от затъмнението, включително неговото начало и пълната фаза ще се виждат при ясно време от територията на България. Поради това, че ще започне през втората половина на нощта то няма да бъде удобно за масово наблюдение.



Затъмнението ще започне късно през нощта в 03ч12мин българско време, когато ще е първият контакт на Луната с полусянката на Земята. Началото на същинското затъмнение (първи контакт на Луната със сянката на Земята) ще започне в 04ч07мин, а началото на пълното затъмнение ще е в 05ч11мин. Пълното затъмнение ще продължи 1 час и 12 минути, като излизането на Луната от земната сянка ще започне в 06ч23мин. Малко след максималната фаза на пълното затъмнение ще започне и сутрешното зазоряване, така че краят на пълната фаза вече ще е при условията на сутрешен здрач, а излизането на Луната от сянката на Земята почти ще съвпадне по време с изгрева на Слънцето. Излизането на Луната от полусянката на Земята ще е в 08ч22мин и няма да може да се наблюдава от България.

Народната астрономическа обсерватория „Юрий Гагарин“ и ЦССЗМ–Ст.Загора ще проведат наблюдение на затъмнението в случай, че метеорологичните условия са благоприятни. Част от наблюдателния материал ще бъде публикуван в сайтовете на обсерваторията (aogagarin.com) и ЦССЗМ (heliotaraxy.com) на 28 и 29 септември.

