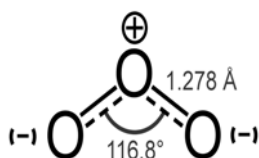


НАМАЛЯВАНЕ НА ОЗОНА В СТРАТОСФЕРАТА

ИВАНКА КИРОВСКА

Озонът е газ — алотропна форма на кислорода със светлосин цвят и с остра миризма. Той е газ при стайна температура и налягане. Под $-112\text{ }^{\circ}\text{C}$ се превръща в тъмно синя течност, а под $-193\text{ }^{\circ}\text{C}$ — в твърдо вещество с тъмно виолетов цвят. Простото вещество озон се състои от 3 атома кислород, свързани в полярна молекула, с форма на незавършен триъгълник (фиг.1).



Фиг.1. Строеж на озоновата молекула

Озонът е нестабилно химически вещество и е много силен окислител. При взаимодействие с повечето окисляеми химични вещества, озонът реагира с взрив. Използва се за обеззаразяване на питейни води, пречистване на плувни басейни, канализации, въздуха в дома, за стерилизиране на помещения.

Озонът в ниската част на атмосферата се разглежда като замърсяване на въздуха с вреден ефект върху дихателната система на животните и може да изгори чувствителните растения. В атмосферата на нашата планетата се образува на височина 25 км под действие на слънчевата радиация и наличието на кислород. Там се образува така нареченият озонов слой — полезна предпазна бариера от вредните ултравиолетови лъчи. Благодарение на това той защитава всички живи същества на земята от вредното въздействие на радиационното лъчение на слънцето. На озона се дължи и синият цвят на небето.

Той има много промишлени и потребителски приложения. Повечето хора могат да доловят около $0,01\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ от озона във въздуха, тъй като има много специфичен и остър мирис, приличащ на хлор-белина. Излагането на човек при концентрация от $0,1$ до $1\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ причинява главоболие, парене на очите и дразнене в дихателните пътища. Дори ниските концентрации на озон във въздуха са много разрушителни за органичните материали като латекс, пластмаса, а също и за белите дробове.

Озонът е открит случайно от холандския физик Мартин ван Марум, който през 1785 г. счита, че под действие на електрическа искра в присъствие на кислород се получава особена “електрическа материя”. През 1840 г. Кристиан Фридрих го нарича “озон” (от гръцката дума ὄζειν, “миришец”). Това е първата позната алотропна

форма на химичен елемент. През 1865 г. Жак-Луи Сорет определя формулата на озона “ O_3 ”.

Стандартният начин да се изразява общото ниво на озон (количеството на озона във вертикална колона) в атмосферата е чрез използването на единицата Добсън. Средната концентрация на една точка се измерва в милиардни части (ppb), в $\mu\text{g}/\text{m}^3$ или в тегловни проценти. Режимът на прилаганите концентрации варират от 1 до 5 тегловни процента във въздуха и от 6 до 14 тегловни процента на кислород. Температурата и влажността на въздуха играят голяма роля в това колко озон се произвежда (с повишаване на температурата реакцията настъпва по бързо).

Таблица 1. Характеристики на озона

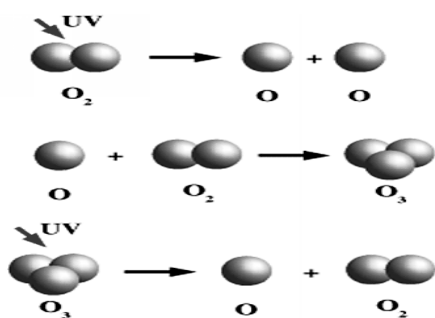
Молекулна формула:	O_3
Молярна маса:	$47,998\text{ g mol}^{-1}$
Външен вид:	синкав газ с остър мирис
Плътност:	$2,144\text{ g/L}$ ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$), газ
Точка на топене:	$80,7\text{ K}$, $-192,5\text{ }^{\circ}\text{C}$
Точка на кипене:	$161,3\text{ K}$, $-111,9\text{ }^{\circ}\text{C}$
Разтворимост във вода:	$0,105\text{ g}/100\text{ml}$ ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Озоновият слой е онази част от земната атмосфера, която съдържа относително висока концентрация на озон (O₃). “Относително висока”, защото реалното съдържание на озон е няколко милионни части - но това е по-висока концентрация от тази в другите части на атмосферата. Озоновият слой е известен най-вече със свойството си да поглъща по-голямата част от ултравиолетовите лъчи, попадащи над земята.

Озоновият слой е открит през 1913 г. от френските учени Шарл Фабри (Charles Fabry) и Хенри Бюсон (Henri Buisson). Свойствата му са подробно изучени от британския метеоролог Гордън Добсън, който разработва прост спектрофотометър, позволяващ измерването от земята на озона в стратосферата. Между 1928 и 1958 г. Добсън изгражда световна мрежа от станции за наблюдение нивото на озона, която продължава да работи и до днес. Единицата “Добсън”, използвана за измерване на количеството на озона във вертикална колона, е наречена в негова чест.

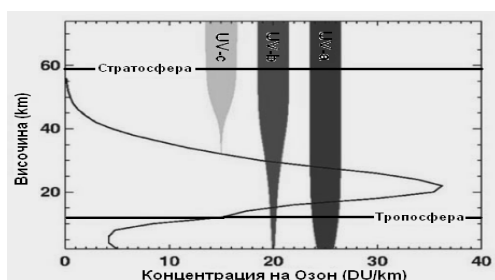
Озоновият слой е възникнал на височина около 25 км над повърхността след обогатяването на първичната атмосфера с кислород. Дебелината на този слой е средно между 15-30 км, където е 80% от озона в атмосферата. Поради околосното въртене на планетата, характерната височина на

озоновия слой над полюсите е между 16-19 км, а при екватора – 22-24 километра. Фотохимичните механизми, предизвикали появата на озоновия слой, са открити от британския физик Сидни Чапмън през 1930 година. Озонът в земната атмосфера се създава от ултравиолетови лъчи, които удрят обикновени кислородни молекули, състоящи се от два атома кислород (O_2), като така ги разцепват на отделни кислородни атоми (атомарен кислород); атомарният кислород след това се свързва с неразбити O_2 молекули, създава озон (O_3). Озоновата молекула също е нестабилна (въпреки че в стратосферата може да издържи дълго време) и когато бива ударена от ултравиолетовите лъчи, се разцепва на кислороден атом и обикновена двуатомна молекула.



Фиг.2 Схемa на озоно-кислородния цикъл

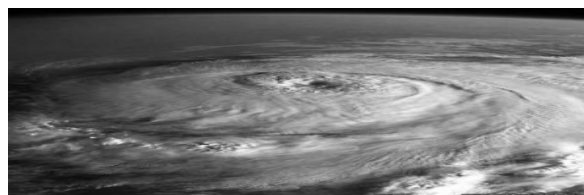
Така се получава кръгов процес, наречен озоно-кислороден цикъл (фиг.2), резултат от който е слой с повишено съдържание на кислород в стратосферата - онази част от атмосферата, намираща се на височина между 10 и 50 километра над земната повърхност. Около 90% от озона в земната атмосфера се съдържа в стратосферата. Най-голяма е концентрацията на озон на височина между 15 и 40 км, където тя се изменя между 2 и 8 милионни части. Ако целият озон в атмосферата се съгъсти до въздушното налягане на морското ниво, ще се образува слой, дебел само три милиметра. Десет процента от озона в атмосферата се съдържат в тропосферата - най-ниската част от атмосферата. Тропосферният озон идва от два източника: част от него се спуска от стратосферата, останалата част се произвежда на място в различни количества чрез различни механизми.



Фиг. 3 Съдържание на озон (горизонтално) на различна височина (вертикално) и спирането на различните видове ултравиолетово излъчване (трите цветни стълба)

Въпреки че съдържанието на озон в атмосферата е много малко, то е от съдбоносно значение за живота на земята, защото поглъща биологично вредното ултравиолетово излъчване на слънцето. Ултравиолетовата светлина е разделяна на три вида, в зависимост от своята дължина на вълната - А, В и С. Тип С, която би била изключително вредна за хората, се поглъща от озоновия слой на височина от около 35 километра. Тип В може да бъде вредна за кожата и е главната причина за слънчевите изгаряния; прекомерното излагане на този вид светлина може да причини и генетични щети, предизвиквайки редица проблеми, сред които и рак на кожата. Озоновият слой е много ефективен в поглъщането на ултравиолетова светлина от този тип - за излъчване с дължина на вълната от 250 нанометра интензивността при земната повърхност е 350 милиона пъти по-слаба, отколкото в горните слоеве на атмосферата. Въпреки това, определено количество преминава през цялата атмосфера, това се отнася и за почти цялото количество ултравиолетова светлина от тип А. Тя обаче е значително по-безвредна, въпреки че също е потенциален причинител на генетични щети.

През 80-те години на ХХ век учените установяват, че нещо смущаващо става с озоновия слой – започва да изтънява. Това намаляване на озона в земния защитен слой е наречено изтощаване и е до голяма степен резултат от човешката дейност. Водеща причина за озоновото изтощаване е производството на химикали, които до този момент са били използвани за климатици, хладилници, противопожарна пяна, изолационни материали и флакони. Тези химикали са много стабилни и не се разрушават в ниските слоеве на атмосферата. Увеличани от теченията те достигат до стратосферата, взаимодействат с озоновите молекули и в резултат на това ги разрушават.



Първите сведения за изтъняване на озоновия слой са от 1958 година. За съжаление тогава никой не обръща сериозно внимание на тези съобщения. Едва през 1974 г. група американски учени откриват взаимната връзка между окисите на хлора и намаляването на озона. Впоследствие се доказва основната роля на хлора в унищожаването на озоновия слой. При нормални обстоятелства количеството на този елемент в стратосферата е много малко. При промишлени или транспортни аварии понякога се случва да изтече хлорен газ, който обаче е силно реактивен – бързо влиза в химична реакция с водните капчици във въздуха и не успява да се разнесе нагоре. В атмосферата хлор се внася и посредством пръските

океанска вода, които обаче също трудно могат да достигнат стратосферния атмосферен слой, тъй като солта е силно разтворима и дъждът лесно я измива от въздуха.

В лабораторни условия преди доста време са създадени т. нар. хлорофлуоровъглеводороди, получили популярното наименование фреони. Фреоните обединяват над 40 различни химични съединения на хлора, флуора и въглерода. Те се оказват приложими в редица области и започва масовото им използване в производството на пластмаси, аерозолни опаковки, хладилни и климатични инсталации и други. Дълго време фреоните са били смятани за инертни и безопасни съединения. По-късно е открито, че след като попаднат във въздуха, те се смесват с другите газове и проникват във всички части на атмосферата. Молекулите, достигнали стратосферата, попадат под активната “бомбандировка” на ултравиолетовите лъчи, в резултат на което се разцепват и се отделя хлор. Хлорът започва да играе ролята си на катализатор в реакциите, които унищожават озона.

Установено е, че скоростта, с която нараства концентрацията на хлора в стратосферата, е три пъти по-голяма от развитието на световния “демографски взрив”! Днес по международно споразумение, сключено в Монреал през 1987 г., производството на фреони е силно ограничено, но за съжаление последиците от големите емисии, изпускани преди това, ще се чувстват още дълго време.

Причините за изтъняването на озоновия слой са отделяните в резултат на човешката дейност озон-разрушаващи вещества:

- Фреони – използвани в хладилната техника;
- Халони – използвани в пожарогасителите;
- Различни разтворители и пестициди.

Веднъж изпуснати в атмосферата, озон-разрушаващите вещества се издигат бавно и достигайки озоновия слой, започват да го разрушават.

Озонът, пренесен от въздушните течения в тропосферата, при допир със земната повърхност се саморазгражда. Загубите на озон по този начин са около един процент.

Химичните и фотохимичните реакции, протичащи в стратосферата, са най-важните източници на озон.

Например, слабата фотолиза на озона под действие на видимата светлина в диапазона от дължини на вълните 450-650 nm и UV-радиацията при дължини на вълната повече от 320 nm води до бързо образуване на атоми на кислорода в триплетно състояние, т.нар. Р-състояние – $O(^3P)$. Повечето от тези атоми участват в реакциите на образуване на озона, но някаква част встъпва в реакция с останалия озон и го разгражда. В глобален мащаб средната скорост на разграждане на озона по този начин достига до 17% от скоростта на образуване на озона при химичните и фотохимични реакции.

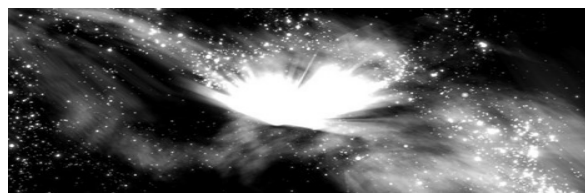
При дължини на вълните по-малко от 320 nm протича фотолиза на озона и се образуват

възбудени синглети, т. е. атоми кислород в състояние $1D$. Някои от тях в следствие отново се съединяват с молекулите кислород, образувайки озон. Така озон не се губи. Именно при този процес озонът поглъща слънчевата UV-радиация при дължини на вълните по-малки от 320 nm. При наличие на водна пара, обаче, става частично разграждане на озона, тъй като част от молекулите $O(^1D)$ предизвикват верига от реакции, въвличайки молекулите на хидроксила и прекиса на водорода. Интегрирано за планетата загубата на озон по този начин съставлява 11% от скоростта на образуването му.

Загубите на озон при тези три природни процеса общо са до 29 процента. Останалата, по-голяма част от загубите на озон, се дължи на наличието на хлорни, бромни и азотни съединения – основно продукти от човешката дейност.

Част от тези примеси в атмосферата се дължат на естествени процеси, а друга е от антропогенен произход. Досега обаче никой не е успял да разграничи до каква степен загубите на озон се дължат на естествените и каква част – на антропогенните фактори. А това е важно! Така нареченият озонов проблем първо трябва да бъде формулиран, за да се знае какъв е всъщност – екологичен, може би, но засега си остава проблем, изискващ изучаване. И точно така би могъл да се формулира озоновият проблем.

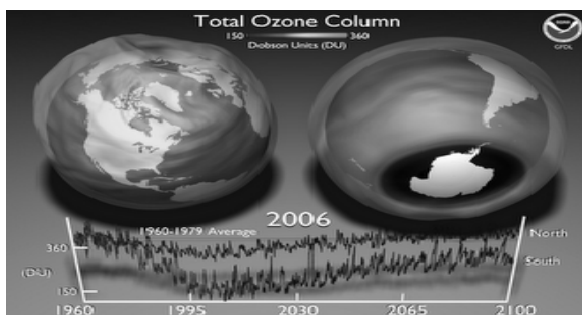
Драматичната загуба на озон в стратосферата над Антарктика е била забелязана за първи път през 70-те години на XX-ти век от изследователска група на Британското Антарктическо Проучване (БАП), която наблюдавала атмосферата над Антарктика от станция на Земята. Когато първите стойности за количеството озон били получени през 1985 г., спадът на нивото на озона в стратосферата бил толкова голям, че първоначално учените помислили, че инструментите им са сбъркали. Били построени други инструменти, които няколко месеца по-късно потвърдили по-ранните изследвания и доказали, че действително има спад в количеството озон в атмосферата.



Озоновата дупка трябва да се разбира не като липса на озон, а изтъняване на озоновия слой. Този процес има сезонен характер. Озоновата дупка се появява всяка пролет над Антарктика. Големината ѝ се увеличила през последните две десетилетия. Сега тя заема площ от около 25 млн. кв. километра. С началото на зимата атмосферата изстива и ветровете, намиращи се на голяма височина, започват да циркулират около континента, създавайки кръгла бариера, която спира въздуха от северните ширини да се смеси с въздуха от южните. Като резултат се образуват облаци в

стратосферата, съдържащи озон и вещества, отделяни от човешката дейност, които в последствие разрушават озона. Когато южната пролет настъпи, слънчевата енергия започва да затопля атмосферата. Това предизвиква химична реакция между веществата и озоновите молекули и тогава изтъняването на озоновия слой започва да се формира. Когато настъпи антарктическото лято, ветровете, образуващи кръглата бариера около континента, започват да затихват и богатият на озон въздух от север пада обратно от другата страна на Антарктика, за да запълни изчерпаните озонови пласт. Така дупката изчезва обикновено през ноември или декември.

През последните годинисветът получава непрекъснат поток от отрицателни новини относно озоновия слой. През август 1994 г. UNEP публикува своите последни анализи за състоянието на озоновия слой (Научна оценка на озоновото разрушаване) и за кратък период от време единствените добри новини са, че сме успели да намалим количеството на отделяните хлорни съединения в атмосферата. Съгласно UNEP количеството на изхвърлените от човешката дейност химически вещества, разрушаващи озоновия слой, са намалени, новсе още има места в атмосферата, където се срещат хлорни и бромни съединения. Лошите новини на UNEP са, че са премерени рекордно ниски нива на озоновото състояние и най-лошото е, че около 1998 г. нивото на хлорните и бромните съединения във високите слоеве на стратосферата е повишено. Периодът, през който озоновият слой може да бъде най-уязвим, тепърва предстои. Каква е ситуацията с озоновия слой, установена на 26.10.2001 година? В края на 2001 г. озоновата дупка достига размер над 16 милиона кв. километра. И тя е значително по-голяма от когато и да е било. Драматичното изтъняване се разпростира до края на Южна Америка, Фолкландските острови и Южна Джорджия. Най-ниската стойност - под 150 DU (50% изтъняване), е над CoatsLand.



През 1997 г. е отчетена голяма загуба на озон и над Арктика – формирана е нова дупка с размерите на щата Тексас. Въпреки че количеството на озон-изтощаващите газове е спряло да расте в атмосферата, повечето изследователи твърдят, че ще трябва да минат минимум 30-50 години, за да се възстановят първоначалните нива на озоновия слой. След подписването на протокола в Монреал през 1987 г. и с международното сътрудничество

нивата на най-пагубните, изтъняващи озона съставки и хлорфлуоркарбонати, драматично са спаднали. През 1977 г. агенцията за природна защита, лекарствено и хранително управление забранява употребата на CFCs в производството на флакони в САЩ. Смята се, че дори нивото на озон-разрушаващите газове да не се увеличава в атмосферата, повредите на озоновия слой се поддържат чрез механизъм на обратната връзка. Съгласно доклад на ВВС главното изчерпване на озон в ниските слоеве на стратосферата и глобалното увеличаване на парниковите газове допринасят за това озоновите дупки да съществуват прекалено дълго време. Съществуват и естествени случаи, в които озонът се изчерпва. Капчици от H₂PO₄, отделящи се при вулканичната дейност, също допринасят за изтъняването на озона. Добрата новина е, че съществува широко разпространено сътрудничество, работещо за намаляване на емисиите, отделяни от човешката дейност. Благодарение на него се очакват подобрения в състоянието на озоновия слой и респективно върху живота на Земята.

През 1994 г. с общ доклад за научното и природното влияние върху озоновия слой технологическият икономически блок за оценка на UNEP предвижда, че количеството на хлор и бром ще бъде максимално в тропосферата през 1994 година. В стратосферата то ще достигне своя връх след 3-5 години, като след това ще започне да намалява. Предвижда се също, че намаляването на озона ще продължи през оставащите години на ХХ век. При условие, че всички други фактори останат непроменени, озоновият слой ще се възстанови в началото на ХХІ век като дупката над Антарктика ще изчезне около 2045 година. Тази информацията е представена от всички подписани страни, съблюдаващи ревизирания протокол от Монреал през 1992 година.

Как хората могат да помогнат за възстановяване на озоновия слой?

Докладът на UNEP изтъква, че съществуват четири постижения, които биха довели до първоначално спадане на хлорфлуоркарбоните нива в ранните десетилетия на ХХІ век и това да ускори евентуално възстановяването на озоновия слой. Тези постижения са:

1. Пълно елиминиране на емисиите от метилбромид от агрикултурните структури и индустрията;
2. Пълно елиминиране на емисиите от хлорфлуоркарбонати съединения;
3. Застраховка, че в бъдеще в атмосферата няма да се изхвърлят хлорфлуоркарбонати съединения от вече съществуващите машини ;
4. Застраховка, че в бъдеще в атмосферата няма да се изхвърля халон (съединение, съдържащо се в противопожарната пяна).

Изчислено е, че тези четири мерки, комбинирани заедно, биха ускорили намаляването на озон-изтощаващите съединения до 30% в следващите 50 години, при условие, че съществува пълно съгласие за поправка на протокола, подписан в Монреал.

Големият астроном Карл Сейгън в свои изявления уточнява, че лабораторните изследвания на реколтите в умерените географски ширини показват, че голяма част от растенията са поразени от светлина, близка до ултравиолетовата, която преминава през изтъняващия озонов слой. С това той добавя, че разрушаването на озоновия слой ще доведе до унищожаване на жизнената тъкан на планетата и до последствия, които не познаваме. Съвсем явно това означава, че човечеството ще има проблеми с набавянето на храна.

Когато всички видове органични молекули, които изграждат живота на Земята, биват изложени на ултравиолетова светлина, те ще се разпаднат или ще образуват „нездравни химични придатъци“. На никой не му се вярва, че сме изправени пред пряката опасност целият озонов слой да изчезне, но този процес неопровержимо е започнал. През 1974 г. Ф. Шеруд Роуланд и Марио Молина /Калифорнийски университет, САЩ/ излизат с предупреждението, че ХФВ съединения/хлорофлуоровъглероди/ годишно инжектират стратосферата с около един милион тона и с това могат сериозно да увредят озоновия слой. През 1978 г. използването на ХФВ в аерозолните спрейове е обявено за незаконно в САЩ, Канада, Норвегия и Швеция.

Проблемът обаче не се свежда само до фармацевтичните и козметичните концерни и тяхното свръхпроизводство. В нашия свят природата и въздухът са толкова фини, а ние със способността си да разрушаваме всеки ден постъпваме толкова грубо към тях! Счита се, че при изгарянето на въглища, нефт и газ, (т. нар. „фосилни горива“ или „фосили“) в атмосферата се отделя въглероден диоксид CO₂ – това е един от газовете, които предизвикват парниковия ефект. Средната температура на земята постепенно се покачва. В резултат на това можем да регистрираме острата смяна на климата през различните сезони. В следствие на покачването на температурата се разтапя известно количество полярен лед. Съвсем обобщено - климатичните прогнози на столетието ни ще зависят от това с какви темпове ще продължаваме да изхвърляме в атмосферата парникови газове. Машабността на промените, които трябва да предприемем, е обезсърчителна, понеже това не е по силите на отделния човек, понеже не можем да не летим със самолети, не можем да закрием дейността на концерните, фабриките, атомните централи. Решения от подобно естество лежат в ръцете на политиците, които се дистанцират от учените и от техните потенциални възможности в търсене на една нова, свободна от въглероден диоксид алтернативна енергия. Възможно най-скоро трябва да се преустанови изгарянето на фосилни горива. На път са въвеждането на соларно-електрически и на соларно-термични технологии. Но всеобщото им налагане е не само въпрос на време, но и въпрос на

преборване с монополистите на ископаеми горива и с напредналите индустриални държави, които търгуват с тях. Това определено не е във властта на отделния човек!

Това, с което обикновеният човек би могъл да помогне в тази все още обратима ситуация, се състои в: цивилизованото използване на всички видове живото необходими ресурси, разумното използване на топлинната енергия, съобразното използване на рециклирана хартия, разумното използване на електрическата енергия и вода по домовете, разделянето на органичния от неорганичния боклук. Наложително е да се предотвратят замърсяването на околната среда и натрупването на радиоактивни, токсични и отровни вещества. Но трябва да се има предвид, че дори и от утре да преустановим замърсяването, парниковият ефект ще продължи да се засилва поне до края на столетието ни. Звучи отчайващо, но е факт! Нужни са: разумно използване и управление на възстановимите и невъзстановимите ресурси на нашата планета, машабна информираност и възпитание в екологична култура, избягване на военните действия, обединяване на нациите под една обща идейна схема за спасение на земята! Колко самотна би изглеждала нашата планета, ако не разберем навреме проблемите си и не намерим адекватно решение за тях. В един момент просто няма да ни има! Повече от наложително е всички ние да се научим да живеем в едномислие спрямо запазването на нашия общ дом!



Ползвани източници:

1. www.kaminata.net/ozonoviya-sloy-t35324.html
2. www.demetraminceva.web.officelive.com/ozonoviya.spx
3. www.teenproblem.net/school/s/1756.html
4. www.e-psylon.net/dot/index.php?item=article&action=view&article_id=833
5. www.greentech.bg/?p=12077
6. www.dnevnik.bg/svat/2010/01/26/848380_ozonovata_dupka_nad_antarktida_spasiavala_planetata_ot/
7. Снимков материал- www.google.com