

## РАЗПОЗНАВАНЕ НА КРЪГОВИ СТРУКТУРИ ПО КОСМИЧЕСКИ (САТЕЛИТНИ) ИЗОБРАЖЕНИЯ

Георги Желев

*Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките  
e-mail: gjelev@space.bas.bg*

**Ключови думи:** кръгови структури, космически (сателитни) изображения

**Резюме:** В работата е представена една класификационна схема на различни видове кръгови структури, разпознаваеми на космическите (сателитни) изображения. Показани са по няколко представителя от всеки вид, спрямо класификацията, кръгови структури, както и кратко описание.

## RING STRUCTURES DETECTION IN SPACE (SATELLITE) IMAGES

Georgi Jeleв

*Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences  
e-mail: gjelev@space.bas.bg*

**Keywords:** ring structures, space (satellite) images

**Abstract:** In the present work, we applied a classification scheme for various types of ring structures recognizable space (satellite) images. Below are a few representative of each type to the classification, circular structures and their short descriptions.

### Въведение

Като кръгови структури се определят такива с кръгова, пръстеновидна или овална форма в план и кръгов рисунък върху сателитните изображения. Те представляват тела с различен генезис и пространствена конфигурация, но създават на земната повърхност кръгово-изометрични аномалии (Я. Кац и др., 1988; Х. Спиридонов и др., 1978).

Кръговите структури на земната повърхност са обект за изучаване и интерес още от първите космически наблюдения и фотографии, направени от борда на пилотираните космически кораби „Восток-2“, „Gemini-4“, „Gemini-5“ и „Союз-9“ (Х. Спиридонов, 1999; Х. Спиридонов и др., 1999; Г. Мардиросян, 2003; и др.), като и до сега впечатляват със своите изометрия, форми и размери.

Има редица класификационни схеми, целящи да опишат кръговите структури като вземат предвид тяхната форма, генезис, строеж и др. Такива са правени от В. Соловьев, В. Буш, (Я. Кац и др., 1988), О. Борисов, А. Глух, В. Буш, А. Доливо-Доброволски, Е. Свишникова (Х. Спиридонов, 1999), Н. Кацков, (1990) и редица други изследователи.

В настоящата работа се приема класификацията, предложена от Х. Спиридонов, (1999) по тип, група и клас на подялба на кръговите структури, като са обособени само тези, които могат да се разпознаят върху космически (сателитни) изображения (Фиг. 1.). Основните типове са определени в зависимост от техния генезис – космогенни, екзогенни, ендеогенни, антропогенни и климатични. Към тях са определени групи, а към тях класове. Показани са представители от всеки клас.

Използваните примерни изображения и описания са свободно достъпни в Интернет пространството, което значително улесни написването на настоящата работа.



Фиг. 1. Класификация на кръговите структури

### Космогенни кръгови структури

Космогенните кръгови структури са едни от най-впечатляващите със своите размери, възраст на импактното събитие и ясно изразена кръгова или пръстеновидна форма. Те образуват негативни релефни форми и много често са запълнени с езера. Те имат една група – ударно-взривни и с един клас – метеоритни кратери (Фиг. 1.).

В Интернет пространството има създадена геобаза данни с над 180 импактни събития върху Земята (<http://www.passc.net/EarthImpactDatabase>) (Фиг. 2.).



Фиг. 2. Петдесет от най-добре очертаните върху сателитните изображения метеоритни кратери

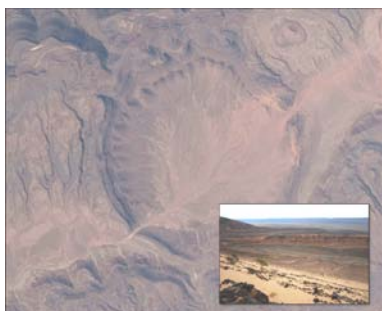
### Ударно-взривни

- **Метеоритен Кратер Оуаркзиз (Ouarkziz)** (Фиг. 3а.) е един от най-ярките представители и се намира в северозападната част на Алжир, близо до границата с Мароко. Кратерът е образуван от въздействието метеор преди по-малко от 70 милиона години по време на края на периода креда на мезозойската ера или още „Ерата на динозаврите“.

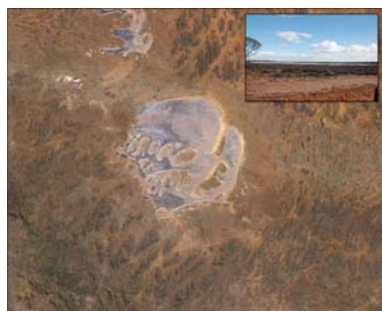
- **Кратера Асраман** (Фиг. 3б.) е дълбоко ерозирали кратер в Южна Австралия. Местоположението му е белязано от езерото Асраман, чиято брегова линия очертава кръг с около 20 km диаметър. Импактното събитие се определя на възраст от около 580 милиона година по време на периода Едиакарий, непосредствено преди камбриа.

- **Serra Da Cangalha** (Фиг. 3в.) е кратер в щата Токантинс в североизточната част на Бразилия. Кратерът е между 12 и 13 km в диаметър, което го прави вторият най-големият известен кратер в Бразилия. Възрастта му се изчислява на около 220 милиона години (*триаски период*).

- **Метеоритен кратер Баринджър**, Аризона –САЩ (Фиг. 3г.) е с диаметър около 1 km и е формиран преди около 50 000 години от сблъсък с метеорит.
- **Кратера Чиксулуб (*Chicxulub*)**, Ютакан, Мексико (Фиг. 3д.) с диаметър 180 km е оставен от 10 километровия астероид, довел до масовото измиране в края на мезозойската ера, граница Креда - Терциер преди 65 милиона години и края на ерата на динозаврите.



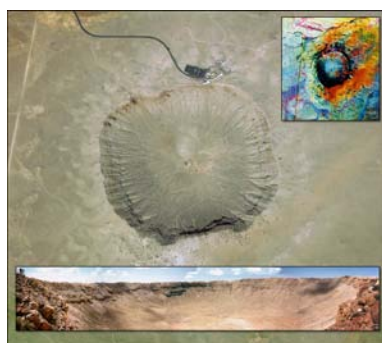
Фиг. 3а.



Фиг. 3б.



Фиг. 3в.



Фиг. 3г.



Фиг. 3д.

### Екзогенни кръгови структури

Те представляват структури на земната повърхност образувани в резултат от външни земни сили и се разделят на две групи – *аккумулятивни* и *денудационни* (Фиг. 1.).

#### **Акумулятивните кръгови структури**

Те са представени от алувиални, ледникови (гляциални), криогенни и еолови (ветрови).

- **Алувиална кръгова форма (континентална делта на река)** в долините на Загрос планина (Фиг. 4.). На изображението се наблюдава югоизточната провинция Фарс в южната част на Иран, където речна долина (каньон) се разлива към равнината и алувиалният материал образува ветрилообразна суха делта. По периферията на делтата е развито активно земеделие поради наличието на подпочвени води и кладенци.

- **Ледникова овална структура оформя езика на предпланинския ледник Маласпина**, един от най-величествените в Аляска и в света (Фиг. 5.). Той се спуска от масива Св. Илия – 4 488 m към крайбрежието на Тихия океан и носи името на първия си изследовател – италианец. Разлива на над 3 000 km<sup>2</sup> и се разпространява в цялата крайбрежна равнина като оформя величествена овална структура.

- **Криогенна кръгова структура** в националния резерват Bering Land Bridge, Аляска (Фиг. 6.), образувана от изтласкване на вода нагоре, в следствие от разширяване на лед от вечно замръзвания слой в дълбочина. Образуват се конуси, които с течение на времето се изригва под тънкия торф и почвена покривка в далечния Север.

**Еолови дъговидни и пръстеновидни форми** на пясъчните дюни в пустинята Сахара (Фиг. 7.).

#### **Денудационни кръгови структури**

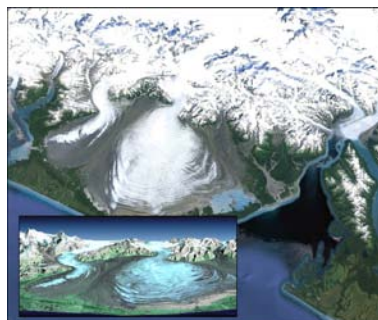
Те са представени от конусни твърдици и некове, ерозионни калдери и карстови форми.

- **Един от най-известните конусни некове** е Дяволска кула Уайоминг, САЩ (Фиг. 8а.), представлява група от некове с височина 386 m. Диаметърът на основата им е около 300 m, а на върха — приблизително 85 m. Кулата започва да се формира преди 50 милиона години, когато извираща магма се излива през пукнатините на повърхността. В течение на много години

меките скали около втвърдената магма се разрушават и откриват група от многостенни некове, наподобяващи колони. Според други теории Дяволската кула е отдавна изгаснал огромен вулкан. От върха ѝ се виждат 5 щата: Уайоминг, Монтана, Северна Дакота, Южна Дакота и Небраска. Любопитно е да се знае, че кулата е свещено място за над 20 индиански племена, някои от които и до днес практикуват своите свещени ритуали край нея.



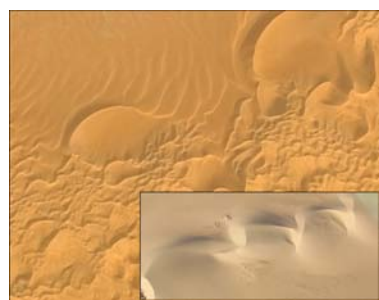
Фиг. 4.



Фиг. 5.



Фиг. 6.



Фиг. 7.

У нас такъв представител е палеовулкана Устра – Източни Родопи (Фиг. 8б.). При разрушаване на вулканичния конус остава да стърчи като огромна колона, застиналата лава в гърлото на вулканите. Понякога това е всичко, което остава от най-страховитите и огнени ерупции след милиони години, подложени на въздействието на вятър, вода и температурни промени.



Фиг. 8а.



Фиг. 8б.

- **Ерозионните калдери** са характерни с това, че те са в резултат от речна ерозия. У нас най-известната е Маджаровската ерозионна калдера (Фиг. 9а.) Древен подводен вулкан, през чиито зъбери преминава река Арда, образувайки приказно ждрело и ерозионна калдера. Маджарският вулкан е с размери приблизително 17 на 11 km.



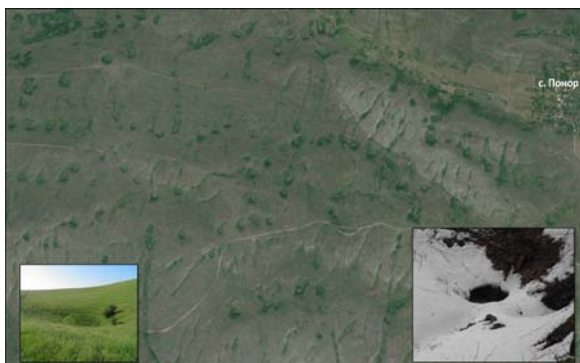
Фиг. 9а.



Фиг. 9б.

- Друга подобна структура е Кожух планина (Фиг. 9б.). Намира се в Санданско-Петричката котловина и се издига 200 m над коритото на река Струма. Кожух не е активен от близо 1 милион години. Реката Струма е еродирала овална депресия в източната част на купола, която може да се опише като ерозионна калдера. На това място извира топла минерална вода. Името му идва от народните вярвания, че прилича на наметнат кожух.

- **Карстовите форми** се отличават с по-малките си размери, но независимо от това на сателитните изображения те се очертават добре. Карстът представлява съвкупност от такива форми, образувани върху лесно разтворими и излужени скали като варовик, доломити, гипс, каменна и калиева сол и др. Карстовите форми и карстовият процес образуват едно цяло – карст. По земната повърхност обаче преобладава карстът, развит върху варовити скали, изградени предимно от калциев карбонат ( $\text{CaCO}_3$ ). Ето защо, когато говорим за карст в геоморфологията си представяме релеф, развит върху варовити скали, варовици и доломити. Карстовият релеф, западно от с. Понор е изпъстрен с множество понори, валози и въртопи (Фиг. 14а.). Подобен, но много по-силно изразен е карстовият релеф в района на гр. Липовача, Босна и Херцеговина (Фиг. 14б.).



Фиг. 14а.



Фиг. 14б.

### Ендогенни кръгови структури

Ендогенните структури са образувани в резултат от вътрешни земни сили. Те образуват едри форми на релефа и са ясно видими върху различните видове спътникови изображения. Поделени са на вулкански (ефузивни) и магмени (интрузивни).

#### **Вулкански (ефузивни) кръгови структури.**

Те са представени от *вулкански конуси, взривни тръби и калдери и атоли;*

- **Вулкански конуси** (вулканичен купол, лавово кубе) представлява вулканично образувание подобно на хълм, образувано от гъста, лепкава, бавно бликаща лава на върха на отдушника на един вулкан. Формирането се отнася към типа на съгласните интрузии, т.е. не пресича пластове на скалите, в които се вмества. Може да се развие както в кратера на върха, така и по склоновете на вулкана, далеч от кратера. Среща се във вулканичните региони по целия свят. Някой от най-изразените са:

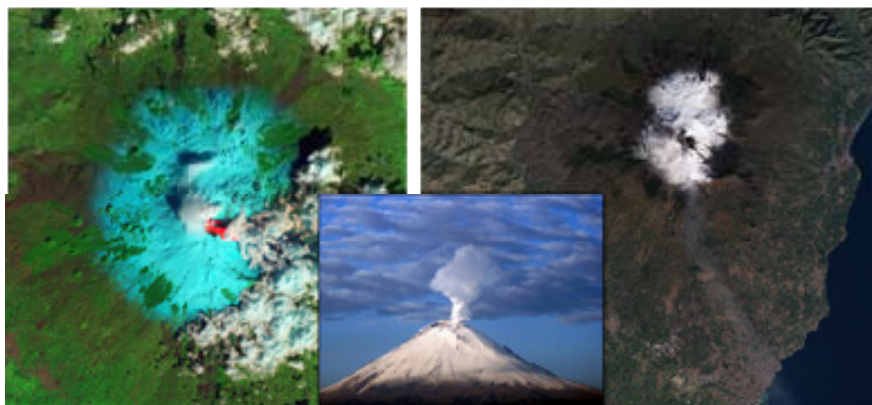
**Етна** (Фиг. 15а.) (на италиански - Etna) е активен вулкан в североизточната част на остров Сицилия, (Италия). Височината му е 3 323 m, т.е. той е най-високият в Европа. Изграден е от базалти. По склоновете му има над 200 кратера и лавови потоци. Възрастта му е около 300 000 г. На синтезираното изображение (в дясно) ясно се вижда поток лава (в червено).

**Везувий** (Фиг. 15б.) се извисява на височина 1 277 m над морското ниво, близо до Неаполитанския залив, Италия. Той е единственият активен вулкан в континенталната част на

Европа. Кратерът му е с дълбочина 217 m и обиколка 1 400 m. Диаметърът на основата му е повече от 3 km. Везувий изригвал периодично в продължение на повече от 12 000 години. Днес над кратера се издигат тънки ленти дим, а по склоновете му има пукнатини, през които прониква горещина, достатъчна да се запали лист хартия.

**Попокатепетъл** (Фиг. 15в.) (на испански Popocatepetl, често наричан и Ел Поп или Дон Гойо) е активен стратовулкан, част от 900-километровия трансмексикански вулканичен пояс и втората най-висока точка (5 426 m) в Мексико.

**Мауна Кеа** (Фиг. 15г.) е угаснал вулкан на остров Хавай. Височината му е 4 205 метра над морското равнище и е най-високата точка на щата Хавай. Ако се измери от океанската му основа в Тихия океан обаче, той е висок около 10 000 m - много повече от връх Еверест. Той е на около един милион години като последното му изригване е от преди 4 000 до 6 000 години. В момента вулканът се счита за неактивен. Площта му е 22,8 % от площта на острова.



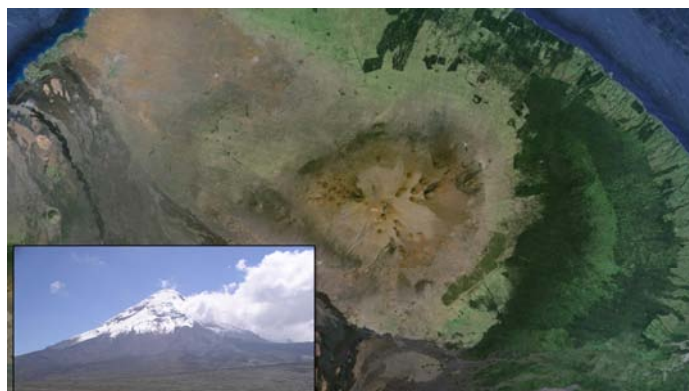
Фиг. 15а.



Фиг. 15б.



Фиг. 15в.



Фиг. 15г.

### - Взривни тръби и калдери

**Санторини** (Фиг. 16а.) - архипелагът е с вулканичен произход, известен преди всичко с катастрофалното вулканично изригване, станало там през 1400 г. пр.н.е. Преди това изригване бреговата линия на Санторини е била почти правилна окръжност, получена в резултат на вулканичните изригвания, довели до образуването на острова. При изригването вулканът експлодира с такава мощ, че централната част на Санторини литва във въздуха. На нейно място се образува огромен кратер (по-точно калдера), който се запълнил с морска вода.

**Калдерата Тоба** (Фиг. 16б.) се е образувала преди около 74 000 години в следствие на изригване на мега вулкан. Според някои проучвания това изригване е променило климата преди хилядолетия, който е причинил ледников период на планетата ни. Предполага се, че това е най-голямата активна калдера в цял свят. Днес в нея е разположена езерото Тоба, чийто размери достигат до около 1707 km<sup>2</sup> площ, а на места дълбочината му е към 530 m. **Езерото Тоба е интересен природен феномен**. Първо, то се намира на **остров Суматра**, а не на континент, както повечето езера. Второ, неговата форма е необичайна, то е пръстеновидно. В центъра му има остров Самосир. И това е най-големият остров в света, намиращ се в езеро, което пък е нас остров. Трето и най-интересното, това е неговият вулканичен произход.

**Палеовулкански кръгови структури в Източни Родопи** – Звездел и Нановица (Фиг. 16в.).



Фиг. 16а.



Фиг. 16б.



Фиг. 16в.



Фиг. 17.

### - Атоли

**Великата синя дупка, Белиз** (Фиг. 17.) - част от бариерната рифова система, Великата синя дупка лежи приблизително на 100 km от сушата на град Белиз. Голяма, с почти перфектна кръгла форма, с диаметър 0.4 km, тя е една от най-поразителните места за гмуркане из цялата планета. Водата е дълбока 145 m и точно дълбочината дава плътния син цвят, който кара такива образувания по цял свят да бъдат наричани „сини дупки“.

### **Магмени (интрузивни) кръгови структури**

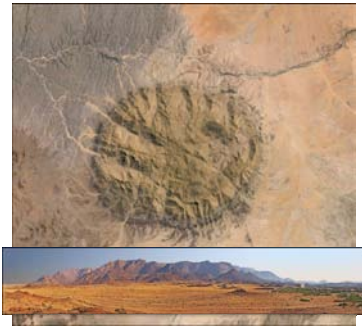
Те са представени от единични плутони и магматични комплекси от централен тип.

- **Масивът Брандберг** (Фиг. 18а.) е **гранитна интрузия**, която представлява куполовиден масив и плато в Намибия. Той се намира в северозападната част на пустинята Намиб и обхваща площ от около 650 km<sup>2</sup>. Най-високата точка е 2 573 m. Това е. Тя е възникнала по време на ранната креда, аргон-аргон анализите дават възраст около 132-130 Ma. Доминиращата плутононична скалата е еднородна среднозърнест биотит-амфибол гранит.

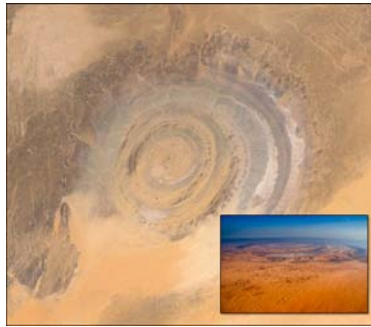
**Структурата Ришат (Richat)** (Фиг. 18б.) е геолошко образувание, наричано още заради характерната си форма „Окото на Сахара“. Намира се в Мавритания, на сред Сахара, близо до град Уадан, на надморска височина между 400 и 450 m. Представлява концентрични кръгове с диаметър около 50 km, изградени от варовик и палеозойски кварцити. Разликата във

височината на пръстените е около 40 метра (кварцитовите са по-високи). В центъра се намира гигантски конгломерат с диаметър около 1.5 km.

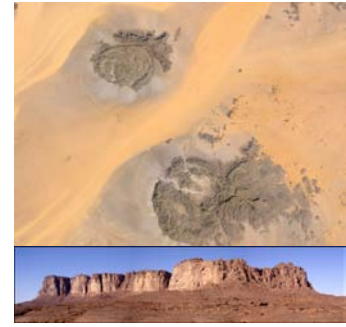
- **Структурата Джавер Ювайнет** (Jebel Uwaynat) (Фиг. 19.), Судан/Египет/Либия е **геоложки магматичен комплекс**. Структурата е разкрит на повърхността древен гранит, проникнал в докамбрийски метаморфити, които оформят заедно елиптични пръстеновидни фрактури. Гранитът е по-устойчив на ерозия от метаморфитите, които по-бързо се ерозират. Структури от този вид са често срещани в Судан и Египет, те са образувани преди 700 милиона години по време на т. нар. панафриканско събитие, което засегна голяма част от Северна Африка.



Фиг. 18а.



Фиг. 18б.



Фиг. 19.

### Антропогенни кръгови структури

Тези структури са в резултат от човешката дейност. Поделени са на *съвременни* и *археоложки*.

#### *Съвременни кръгови структури.*

Към съвременните кръгови структури спадат голям брой от кръгови квартали и населени места, кръгови детелини и сгради, изкуствени острови, кариери и открити рудници, напоителни съоръжения и др.

- **Квартал** в Сидни (Фиг. 20а.), Австралия и в Абу Даби (Фиг. 20б.), Обединени арабски емирства.

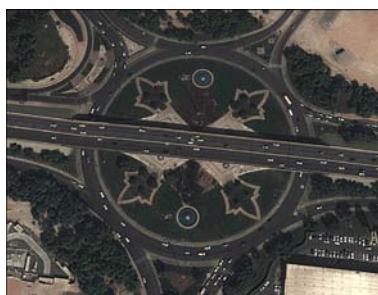


Фиг. 20а.

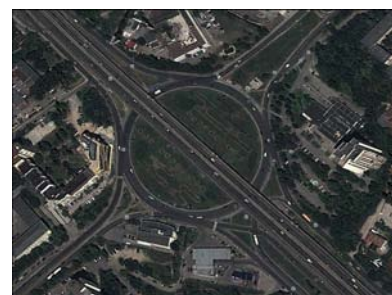


Фиг. 20б.

- **Кръгово кръстовище** на пътя за летището в Абу Даби (Фиг. 21а.), Обединени арабски емирства и в София (Фиг. 21б.).



Фиг. 21а.



Фиг. 21б.



- Има изградени много кръгови сгради по света, но стадионите са едни от най-впечатляващите.

**Стадион "1-ви май Рунгардо"**, Пхенянь, Северна Корея (Фиг. 22а.). Стадионът е най-големият в света. Капацитетът му е 150 000 зрители и на него освен мачове се провеждат и мащабни мероприятия.

**Стадиона Маракана, Рио де Женеиро** (Бразилия) (Фиг. 22б.) Стадионът е построен за световното футболно първенство през 1950 г. Тогава капацитетът му е 200 000 места, но през 1990 г. е намален на 73 916 места. В момента е 9-ят най-голям стадион в света.



Фиг. 22а.



Фиг. 22б.

Изглед към националната **ускорителна лаборатория „Енрико Ферми“** Фермилаб (Fermilab), САЩ (Фиг. 22в.). Теватронът (пръстенът в дясно) и пръстенът - инжектор – в ляво. Водните площи служат за охлаждане.

**Площад Свети Петър** (на италиански: Piazza San Pietro), Ватикана (Фиг. 22г.) е разположен непосредствено пред базиликата „Св. Петър“ във Ватикана. Свободното пространство пред базиликата е проектирано от Джовани Лоренцо Бернини от 1656 до 1667 г. под ръководството на папа Александър VII.



Фиг. 22в



Фиг. 22г

- „**Палмовите**“ **острови в Абу Даби** (Фиг. 23), Обединени арабски емирства Палмовите острови са 3 строящи се изкуствени острова в Персийския залив, близо до град Дубай в Обединените арабски емирства. След завършването им ще бъдат 3-те най-големи изкуствени острова в света. Всеки от тях има формата на палма. Целта на изграждането им е построяването на жилищни и хотелски сгради, както и увеличаването на дължината на плажната ивица. Строителството на първия остров (Джумейра) започва през 2001 г., а на втория (Джебел Али) - през 2002 г. те завършени в края на 2007 г. Третият и най-голям остров (Дейра) е започнат през 2004 и завършен през 2009 г.



Фиг. 23

- **Кариера за добив на диаманти - кимберлитова тръба „Мир“, Якутия** (Фиг. 24а), Русия. Добиват се диаманти в момента. Външният диаметър е 1200 m, а дълбочина 525 m.

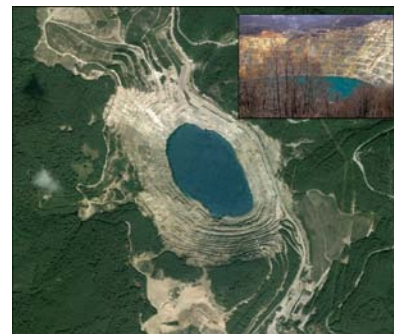
**Открит рудник „Асарел“** (Фиг. 24б) Първата копка на рудник „Асарел“ е направена на 7 май 1976 г.и **открит рудник „Медет“** (Фиг. 24в) с обща площ на находището е 50 км<sup>2</sup>. Строителството на открит рудник „Медет“ започва през 1961 г. Ликвидиран, поради изчерпване на запасите в кариерата през февруари 1994 г.



Фиг. 24а



Фиг. 24б



Фиг. 24в

- **Напоителни съоръжения в близост до гр. Табук, Саудитска Арабия** (Фиг. 25а) и в **Garden city, Канзас, САЩ** (Фиг. 25б). Червени кръгове на синтезираното изображение показват по-здравите и силни растения в градините.



Фиг. 25а



Фиг. 25б

#### Археоложки кръгови структури

Те са представени от крепостни останки и кули, религиозни конструкции и овални сгради.

- **Село Брох Гурнес** (Фиг. 26а) северозападното крайбрежие на континенталната част на Оркни в Шотландия. Останките от централната кула са до 3.6 метра високи, а каменните стени са до 4.1 метра дебели.

**Крепостта Царевец** (Фиг. 26б) е разположена край самия център на град Велико Търново. Тя е била главната българска крепост по време на Второто българско царство (1185-

1393 г.), когато Търново е столица на царството. През Средновековието хълмът, на който е ситуирана, е изцяло застроен с жилищни и административни постройки.



Фиг. 26а



Фиг. 26б

- **Карановската селищна могила** (Фиг. 27а) е разположена в подножието на последните разклонения на Сърнена гора, в северозападния край на село Караново, отстоящо на около 10 km от град Нова Загора. Простира се на площ от 24 дка, висока е 13 m, дълга - 250 m и широка - 150 m. Могилата, макар и да е разкопана само частично (около 1 700 m<sup>2</sup>), представя голяма част от Българското археологическо богатство. Могилата е открита при разкопки през 50<sup>-те</sup> години на ХХ в. И е една от най-старите в Европа.

**Стоунхендж** (Фиг. 27б) е най-известният мегалитен паметник в света — комплекс с диаметър около 100 m. Намира се в средата на равнината Солсбъри в графство Уилтшър, Великобритания. Строителството на рова и землената част е датирано около 30 век пр. Хр., а на каменното съоръжение към 24-21 век пр. Хр.



Фиг. 27а



Фиг. 27б

- **Колизей е овална сграда** (Фиг. 28а) и най-великолепният от амфитеатрите в древен Рим, започнат от Веспасиан между 70 и 72 г. и завършен през 80 г. от Тит, като някои допълнителни промени са направени по времето на Домициан. Колизеят остава един от главните символи на Римската империя и нейните инженерни постижения.

**Античният театър** (Фиг. 28б), гр. Пловдив е сред най-добре запазените антични театри в света. Зрителните места на театъра са ориентирани на юг - към античния град в низината и планината Родопа. В план театърът е полукръг с външен диаметър 82 m.



Фиг. 28а



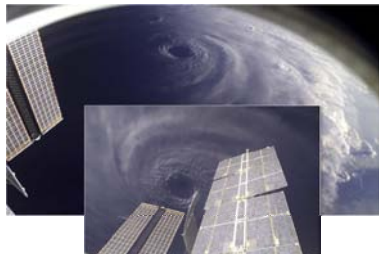
Фиг. 28б

## Климатични кръгови структури

Климатичните се образуват от облачни завихряния в атмосферата, поради което те биват *атмосферни*. Поделят се на урагани и циклони и тайфуни.

- Космическо изображение на **урагана „Иван“** (Фиг. 29а), един от най-силните урагани в историята, заснето на 11 септември 2004 г. от борда на Международната космическа станция.

Около на **урагана „Катрина“** (Фиг. 29б) се очертава ясно и се вижда как приближава крайбрежието на Мексиканския залив, 28 август 2005.



Фиг. 29а



Фиг. 29б

- Мощният **тайфун „Меги“** (Фиг. 30а) връхлетя северната част на Филипините на 18 октомври 2010 г.

Най-мощния за 2013 **тайфун „Хайян“** (Фиг. 30б) удари източното крайбрежие на Филипините на 8 ноември 2013 г.

Супер **тайфуна „Йоланда“** (Фиг. 30в) над Филипините на 11 октомври 2013 г.



Фиг. 30а



Фиг. 30б



Фиг. 30в

## Заклучение

Кръговите структури на земната повърхност са едни от най-интересните структури. Те са видимо изразени, както в релефа, така и на сателитните изображения. Единствено климатичните кръгови структури са намират в атмосферата и оформят спираловидно-кръгови форми. Всички структури са видимо ясно отличими и добре се подчертава тяхното класификационно отнасяне.

## Литература:

1. Кац, Я., А. Тевелев, А. Полетаев, 1988. Основы космической геологии. Москва, Изд. Недра, 235 с.
2. Кацков, Н., Х. Спиридонов, 1990. Типове кръгови структури и тяхното значение за търсенето на минерални суровини. - В: Методи и технологии за търсене на минерални суровини. Том 1, С., Техника, с. 46-52.
3. Мардиросян, Г., 2003. Аерокосмически методи в екологията и изучаването на околната среда, Част 1 – Методи и средства за дистанционно аерокосмическо изучаване на Земята, Акад.Изд. „Проф. Марин Дринов“, С., 208 с.
4. Спиридонов, Х., Ф. Риверо, 1978. Дешифрирование кольцевых морфоструктур на самолетных снимках Родопского массива, Проблемы на географията, 2, с. 56-64.
5. Спиридонов, Х., 1999. Кръгови морфоструктури в Средногорието. Книга, С., Академично издателство „Проф. М.Дринов“, 270 с.
6. Спиридонов, Х., Г. Желев, 1999. Геолого-геоморфолошко дешифриране на вулканогенни структури с помощта на космически снимки, Проблемы на географията, Кн.5-6, с. 89- 95.
7. <http://bg.wikipedia.org/wiki/>
8. <http://www.passc.net/EarthImpactDatabase>