



Астрономични и орбитални въздействия върху геоложкия летопис

Todor Nikolov
Тодор Николов

Българска академия на науките

Астрономическите и орбиталните фактори, както и свързаните с тях гравитационни и други въздействия, имат фундаментално значение за геоложката история на Земята и за цикличността в геоложкия летопис. Тези фактори са свързани с въртенето на Земята около своята ос и около Слънцето; на Слънчевата система около галактичния център. В резултат на това се формират цикли с различна продължителност. Дългопериодните орбитални цикли (над 220 Ма) са свързани с ротацията на Слънчевата система около центъра на Галактиката.

Известно е, че Слънчевата система се върти в периферията на Галактиката като обикаля около галактичния център през период от 220-250 Ма (космически еон). При това Слънцето (заедно с цялата Слънчева система) извършва вълнообразно движение по подобие на гмуркането на делфина в морето, при което през период от около 25—30 млн. г., то ту е под галактичната равнина, ту излиза над нея. Суперконтиненталните цикли, с които е свързано дефрагментацията на мегаконтиненти от типа на Пангея и дрейфа на литосферните плочи (Николов, 1991) отговарят по продължителност на един космически еон. С тях са свързани също най-големите ледникови периоди в историята на Земята (вендски — 600 Ма ВР; ордовишки — 440 Ма ВР; пермски — 250 Ма ВР; плейстоценски — 1,6 Ма ВР). Периодите на засилена радиоактивност на Земята също съвпадат с космическите еони.

През 20-те години на миналия век сръбският геофизик и метеоролог М. Миланкович разработва теория, според която основните климатични промени се определят от магнитудата на слънчевото лъчение, което идва до Земята и което е функция от цикличните изменения на нейната орбита.

Очевидно е, че върху климата на Земята определящо влияние оказват три основни орбитални величини, свързани с ротацията на Земята: *наклона на земната ос (обликвитета или осова-та инклинация), прецесията и ексцентриците-*

та. Тези астрономични промеливи величини, заедно с гравитационните въздействия на Слънцето и Луната върху Земята имат различна продължителност и ритмичност.

Наклонът на земната ос е $23,45^\circ$. Ориентацията на оста се запазва една и съща в различните части на земната орбита — ефект, обуславящ земните сезони. Когато оста е наклонена в посока към Слънцето северното полукълбо получава повече светлина отколкото южното и там е лято, докато в обратния случай, когато оста е наклонена в посока обратна на Слънцето южното полукълбо получава повече светлина. *Прецесията на земната ос* води до бавно изменение на настъпването на сезоните спрямо положението на Земята по нейната орбита — прецесия (изпреварване) на равноденствията. Ефекта на прецесията върху климата на планетата зависи от *ексцентрицитета на земната орбита* — колкото е по-голям, толкова по-резки изменения на климата могат да настъпят.

Тези орбитални промеливи величини, заедно с гравитационните въздействия на Слънцето и Луната върху Земята имат различна продължителност и ритмичност. Това дава основание те да се обединят в няколко групи: галактическа (с продължителност до 220—250 Ма), група на Миланкович (с продължителност до 1 Ма), слънчева (с продължителност до 1 Ка) и календарна (с продължителност до 1 г.). Докато въздействието на факторите, обуславящи циклите от календарната и слънчевата група по-трудно се установяват в пластовия летопис, то влиянието на факторите, свързани с промяната на земната орбита и движението на Слънчевата система около галактичния център (група на Миланкович и галактическа група) е регистрирано от велико множество на геоложки процеси и явления, както и от резултатите на биологичната еволюция.

Много съществени за климата са т.нар. цикли от слънчевата група. Наречени така по интензитета на слънчевата активност, която се изме-

ня циклично през период от 11 години. Т. нар. магнитен цикъл на Слънцето е равен на два 11-годишни цикъла. Съществуват и цикли с продължителност 50 и 90—100 години (т. нар. векови цикли); има и цикли с по-голяма продължителност (2200—2400 години). Слънчевата активност влияе върху атмосферата и магнитосферата и съответно върху живите организми. Възможно е в тази група да се отнася и явлението Ел Нињо (ENSO — Ел Нињо южни осцилации), което разклаща съвременната атмосфера и за което има данни за проява още от юрския период. Неговите най-силни изяви са през интервал от около 10 г. (9.9 г.).

Съществено влияние върху климата оказват и периодите, когато Слънчевата система пресича мощни прахови облаци, които намаляват слънчевата активност.

От особено значение за някои основни типове цикличност в геоложкия летопис са орбиталните фактори, свързани с движението на Земята около своята ос и около Слънцето, както и гравитационните взаимодействия в системата Земя—Луна—Слънце. Те обуславят цикличните климатични промени с твърде различни времеви интервали: 1. Приливно-отливни, денонощни и годишни цикли (≤ 1 г.). Най-ясно са изразени в летописа чрез вълновите (тайдълните) ефекти, особено при максималните приливи; 2. Цикли от Слънчевата група. Наречени така по интензитета на слънчевата активност, която се изменя циклично през период от 11 години. Т. нар. магнитен цикъл на Слънцето е равен на два 11-годишни цикъла. Съществуват и цикли с продължителност 80—90 години (т. нар. векови цикли), вероятно има и цикли с по-голяма продължителност. Това влияе върху атмосферата и магнитосферата и съответно върху живите организми.

Ритми с честота ≤ 1.0 г. се установяват в много седиментни комплекси; тайдълни (приливно-отливни) ефекти също се открояват в седиментните образувания; месечни (лунни) и годишни цикли са описани при нарастване на черупката на редица безгръбначни животни.

Известна е ролята на *импактните (ударни) явления* в историята на Земята. Установено е (Seyfert, Sirkin, 1979) съвпадението на импактните епизоди с основните етапи в промяната на посоката на спрединга в отделни части на средноокеанските хребети и разделянето на литосферните плочи. Те предполагат, че ударите на големи метеорити върху Земята са могли да влияят върху конвекцията и с това да предизвикват разкъсването на литосферните плочи.

Най-новите геофизични изследвания и многобройните опити за *реконструкция на континентите и океаните* показваха, че движението и съотношението между плочите се детерминира от сложното взаимодействие на вътрешноземни и астрономични фактори, чиято относителна

тежест и съчетания се изменят през отделни периоди от еволюцията на Земята.

Колеланията на морското ниво имат ясен цикличен характер и са резултат на сложно взаимодействие на въгрешната земна динамика, спрединга на океанското дъно, движението на литосферните плочи, преобразуванията в структурата на кората, влиянието на орбитални сили, свързани с ротацията на Земята и гравитационните взаимодействия в системата Земя—Луна—Слънце.

Досега не са известни точно причините за цикличното обръщане на *магнитната полярност*, но вероятно то е свързано с динамиката на земното ядро. Според някои автори най-вероятната причина за неперодичното поведение на геомагнитното поле са „магнитохидродинамичните движения в течния електропроводящ външен слой на земното ядро с дебелина около 2000 km... Върху тях съществено влияние оказва околоосното въртене на Земята“ (Панчев, 1995).

Еволюцията на организмите групи има подчертано приспособителен характер и се влияе от множество фактори — земни и астрономични. Всички организмови групи показват в своето историческо развитие определена цикличност, която може опростено да се представи така: зараждане-утвърждаване-разцвет-упадък-смърт. Този цикъл може да бъде обаче и по схемата: зараждане-разцвет-упадък-разцвет-упадък-смърт. Обикновено организмите, които показват по-бързи темпове на еволюция, очертават повече цикли, но които имат по-кратка продължителност.

Организмовата еволюция е един от най-интересните фактори, маркиращи границите на различни по порядък цикли от геоложкия летопис, а резултатите ѝ са най-вълнуващите страници в историята на Земята, които ни показват възхода и падението на различните растителни и животински групи.

Сред разнообразните геоложки цикли изпъква значението на *тектонските цикли*. Не съществува обаче общоприето мнение за тези цикли. Обикновено се различават следните основни типове: плейт-тектонски, орогенни (планинообразователни), тектоно-магмени и др. Най-обобщаващата схема за тектонските цикли се представя от плейт-тектонската теория (теорията на глобалната тектоника), която синтезира всички основни данни за геодинамиката. Очевидно т. нар. суперконтинентален цикъл синтезира в себе си етапите на развитие както на океаните, така и на континентите, а също най-добре демонстрира сложното взаимодействие на различните природни (астрономични и земни) фактори, определящи тектонската цикличност.

Независимо от привидно хаотичния характер на геоложкия летопис в него изпъкват много черти, които са характерни за отделни системи (тек-

тонска, климатична, океаноложка, седиментационна, биосферна и др.). Всяка от тези системи има своя специфична нелинейна динамика, но в синтез изпъкват и общи характеристики за геологичния летопис. Както отбелязват Nicolis & Nicolis (1991) еволюцията на нелинейните системи в историята на Земята се определя от два главни фактора: 1. *Набор от закони*, управляващи отделните елементи на системата и тяхното взаимодействие; 2. *Съчетание на силни въздействия от астрономично и орбитално естество*, които могат да се определят чрез конкретни параметри.

Повечето от процесите, които влияят на геоложкия летопис могат да се характеризират от теорията на неравновесната термодинамика и автовъзбудните процеси. От съществено значение за изясняване на особеностите на цикличността също са теориите на граничните цикли на Поанкаре, теорията на нелинейната динамика (теория на хаоса) и теорията на бифуркациите. Всъщност бифуркациите (разклоненията) са характерни за много природни системи. В геоложкия летопис има множество случаи на бифуркации, както в еволюцията на организмите, така и в развитието на чисто геоложките процеси. Те се изразяват чрез смяна на един режим на системата с друг при преминаване на някои от контролните параметри през точка, която в математическата теория се нарича бифуркационна.

След преминаването през бифуркационната точка развитието на съответната система може да има различни посоки и това също е характерно за стратиграфския летопис. От математическата теория е известно, че подобни бифуркационни каскади предизвикват образуването на определен тип структури (например дисипативни, разсейващи се структури) или турбулентни (хаотични) потоци. Т. нар. атрактори са части от пространството, към което се съсредоточават

близките траектории на системата.

В много случаи при бифуркиране на различните процеси, системите се насочват към детерминиран хаос, при който нелинейни динамични системи имат сложно неперiodично поведение във времето, т.е. с елементи на хаос. В повечето случаи този хаос е обусловен от катастрофални явления, катаклизми или пароксизми. Те обуславят и развитието на редица асиметрични цикли.

Освен това, почти всички геоложки обекти се характеризират и с т.нар. фракталност (накъсаност), която често се определя като Канторово множество.

Един от главните изводи, който се налага при разглеждането на основните особености на цикличността в геоложкия летопис е съпадението на циклите на различни процеси (тектонски, магмени, евстатични колебания на морското ниво, климатични промени, кризите в еволюцията на организмите и др.). Това показва, че върху характера на геологичния летопис *фундаментално влияние оказва ролята на общи, глобални фактори и това са астрономичните и орбиталните въздействия*. Следователно синтезът на геоложкото познание е възможен само при изясняване на сложното взаимодействие на тези фактори, особено що се отнася до циклите от по-висок порядък. При всички случаи в геоложкия летопис се установяват както елементи на ред, на подреденост и самоорганизация, така и на хаос, който се проявява като резки флукутации при развитието на различни процеси. Всъщност хаосът не бива да се схваща като безразборно натрупване на нещата, а като наличие на множество неотделени една от друга възможности. При хаотичните процеси също има структури, но те са специфични, хаотични и се различават както от структурите на предишната разпаднала се система, така и от тези на следващата система.

Литература

- Николов, Т. 1991. *Континенти и океани — вечното движение*. Универс. изд. „Св. Климент Охридски“.
- Панчев, Ст. 1995. Теорията на хаоса и някои проблеми на геофизиката. — *Спис. БАН*, 1, 39—43.

- Nicolis, G., C. Nicolis. 1991. Nonlinear dynamic systems in the geosciences. — In: E. K. Fransen et al. (Eds.), 33—42.
- Seyfert, C. K., L. A. Sirkin. 1979. *Earth History and Plate Tectonics*. N.Y., Harper & Row.