

Геол. ан. Балк. пол. Ann. Géol. Penins. Balk.	59	2	1-22	Београд, децембар 1995 Belgrade, Decembre 1995
--	----	---	------	---

UDC 551.248.1:551.76/77.

Original scientific paper

ГЕОЛОГИЈА-ГЕОЛОГИЕ

CORRELATION OF THE CHANGES IN GEOMAGNETIC INVERSION FREQUENCY WITH THE EUSTATIC FLUCTUATIONS OF THE OCEAN LEVEL AND GLOBAL PHASES OF COMPRESSIONAL AND EXTENSIONAL CRUST DEFORMATIONS INTENSIFICATION DURING LATE MESOZOIC AND CENOZOIC IN THE LIGHT OF GEOPULSATION CONCEPT¹

by

Evgeni Evgenievich Milanovsky

For the last 180 mln. y. the correlation in time is established between the changes in the geomagnetic reversals frequency, eustatic fluctuations of the ocean level and global scale changes in the regime of tectonic deformations of the Earth crust. The phases characterised with frequent geomagnetic inversions coincide with the moments of sharp falls of ocean level, global phases of compressional deformations intensification ("phases of folding"). More prolonged phases characterised with rare geomagnetic inversions of their absence are correlated with the rises of ocean level, global phases of extensional deformations intensification ("phases of rifting") and phases of basaltic volcanism activation. The geomagnetic reversals are connected with the processes operating in the upper, liquid core and near core-mantle boundary. The assumption is expressed that in the course of deep processes, proceeded in these deepest geospheres, the small changes in the Earth's core volume have taken place which caused the periodical changes in the stress conditions in the mantle and crust, alternation of the phases of global intensification of extensional and compressional deformations in the crust, tectono-eustatic fluctuations of the ocean level and some periodical changes (pulsations) of the Earth's volume on the whole.

Key words: geomagnetic inversions, eustatic fluctuations, crust deformations, Geotectonic, Mesozoic, Cenozoic, geopulsation concept.

INTRODUCTION

Problem of correlation in time of the changes of geomagnetic field parameters with different geological events and possible causal relations between them attracts the growing

¹ This paper represents a contents of lecture presented on the meeting in Serbian Academy of Sciences and Arts in Beograd at 15. Juny. 1995.

* Geological Faculty, Moscow State University, Moscow, Russia.

attention of scientists. As it was noted in a series of works (Khramov, 1982; Nikishin and Leibov, 1987; Prevot et al., 1990 etc.) the average intensity of geomagnetic field increased in the late stages of geotectonic cycles, characterising with strong compressional deformations. The detailed and reliable scale of geomagnetic field inversions for the late Mesozoic and Cenozoic (Harland et al., 1983) testifies a considerable changes in their frequency in time: in some moments of the Earth's history it reached 5 and more inversions per 1 mln. y., whereas in other moments it had not exceeded 1–2 per 1 mln. y., and during some time intervals with duration of several mln. y., or even several dozens of mln. y. the geomagnetic reversals were almost absent or were very rare ones. But, the repeated attempts to establish some mathematically correct and strong rhythmicity in the alternation of the phases characterised with frequent and rare geomagnetic inversions had given no positive results (Stothers, 1986).

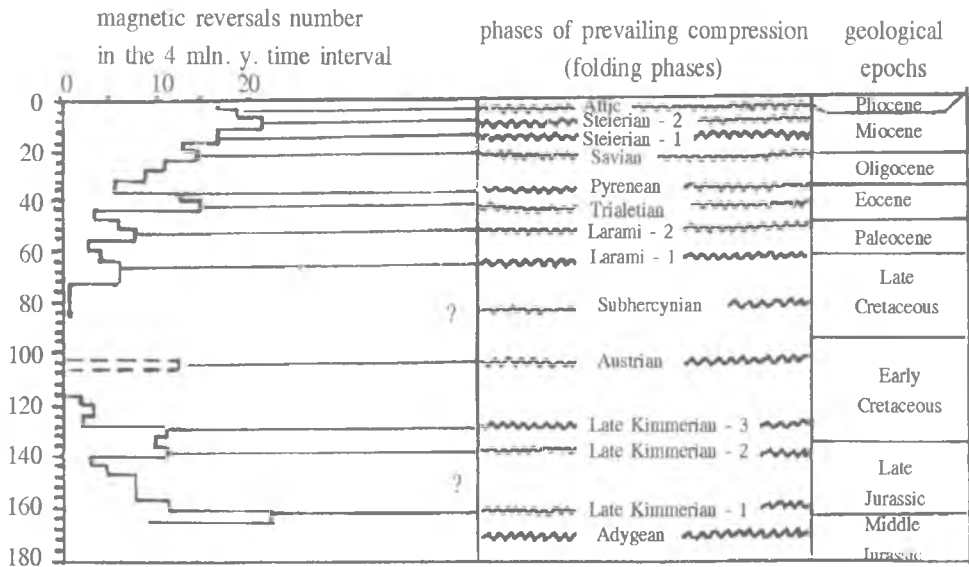


Fig. 1. Correlation diagram of the peaks of geomagnetic reversal frequency (after R. Stothers, 1986) with the global compressional phases of the Earth's pulsations.

Сл. 1. Корелација максимума учесталости промена геомагнетског поља (према Р. Стотеру, 1986) са планетарним фазама пулзације Земље.

At the same time, it becomes gradually more clear the correlation in time between the epochs, characterised with frequent rare inversions, with different geological (tectonic, magmatic, paleogeographic, eustatic) processes and events, in particular, the correlation between very long (more than 30 mln. y.) Middle Cretaceous epoch characterised with almost full absence of geomagnetic inversions with the highest (in Mesozoic and Cenozoic) rise of ocean level, maximal spreading rate and basaltic volcanism intensity

(Larson, 1991), and the coincidence of the Late Cenozoic epoch, characterised with multiple phases of very frequent geomagnetic inversions, with the late stages of Alpine geotectonic cycle, characterised with numerous impulses of compressional deformations intensification or so called "phases of folding" (Nikishin and Leibov, 1987; Khramov, 1982).

The real correlation of concrete phases of frequent and rare geomagnetic inversions with different geological events, for instance, with oceanic level changes or with global phases of folding and global phases of spreading and rifting activation remained up to present not enough clear one. But the histogram of geomagnetic reversals frequency on late Mesozoic and Cenozoic compiled recently by R. Stothers for the 4 mln. y. time intervals (Stothers, 1986) give a good chance for such correlation (see fig. 1).

During last 10 years a great success was reached in the field of seismostratigraphical researches, of so called "sequent stratigraphy" and in the study of ocean level fluctuations during Mesozoic and Cenozoic. I have in mind the numerous works by P. R. Vail, B. U. Haq, J. Hardenbol and their school (Vail et al., 1977; Haq et al., 1987; Haq et al., 1988) and their followers in Netherlands and many other countries. In result of these researches the cyclicity in eustatic fluctuations of ocean level, represented in the form of the eustatic curve, was established and correlated with the geochronological scale of geomagnetic reversals shown on the fig. 2.

The scale of geomagnetic reversals represented on the correlative diagram compiled by Haq et al. (1988) is practically very similar to the same which was earlier given in the well known book "The geological time scale" (Harland et al., 1983), but it is more precise one.

Among the main factors controlling the ocean level changes and the cyclicity of different orders in the sections of sedimentary sequences are the periodical changes of the tectonic regime, in particular, of the horizontal stresses in the lithosphere, represented in the alternating phases of prevailing extensional and compressional deformations in the Earth's crust.

The connection of ocean level rise with the phases of the prevailing crust extension and its falls – with the phases of the crust compression intensification was noted in a series of author's papers (Milanovsky, 1978, 1980, 1984; Milanovsky et al., 1992).

The task of present work was to compile a detailed histogram of the changes of geomagnetic reversals frequency for the time interval of the last 180 mln. y. of the Earth's history (i.e. from the middle Jurassic up to present), dated according to the chronostratigraphic scale by Haq et al. (1988), and to compare it with the curve of eustatic fluctuations of the ocean level (of the same authors) and with the global phases of compressional deformations in the crust intensification ("phases of folding"), which were at first established by Stille (1924) and late defined more precisely and supplemented by many other geologists.

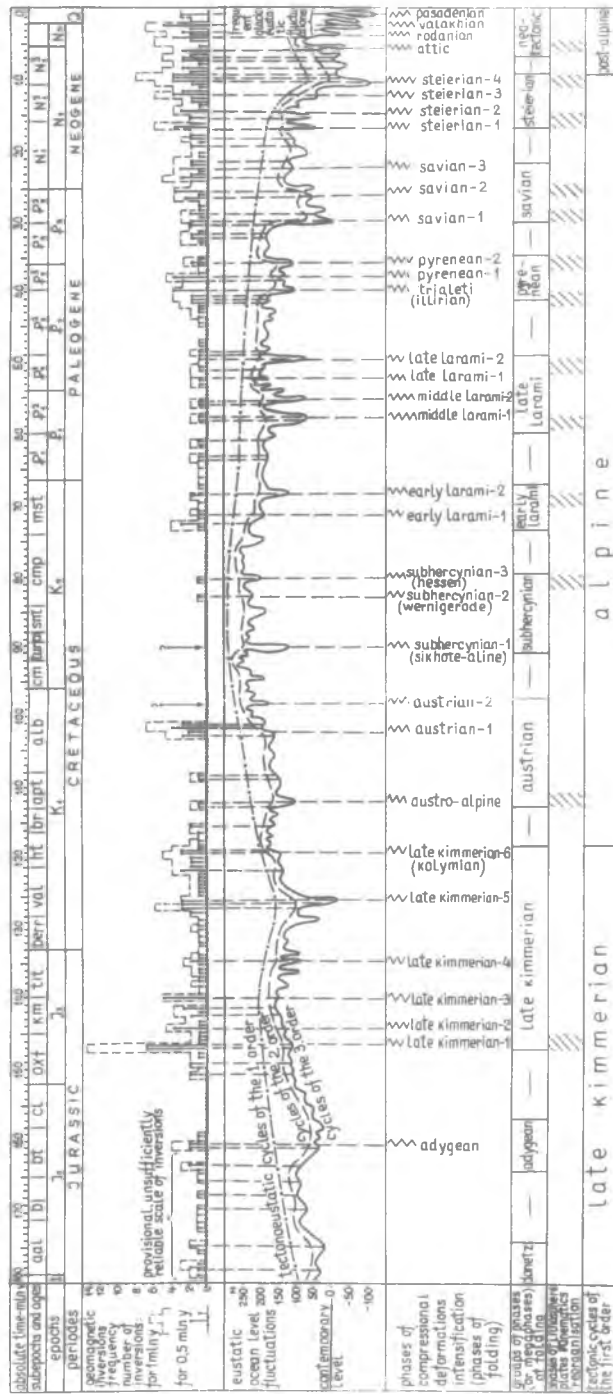


Fig. 2. Correlation diagram of changes in geomagnetic reversals frequency, eustatic ocean level fluctuations: (according to B. U. Haq et al., 1988), phases of compressional deformations intensification during Jurassic, Cretaceous and Cenozoic. Compiled by E. E. Milanovsky, 1994.

Сл. 2. Дијаграм корелације учесталости промена геомагнетског поља, еустатичког колебања нивоа океана (према Б. У. Хақ и др., 1988), фазе деформација сажимања у току јуре, креде и кенозоика (Е. Е. Милановски, 1994).

CORRELATION OF GEOMAGNETIC INVERSIONS, EUSTATIC FLUCTUATIONS AND TECTONIC DEFORMATIONS OF THE EARTH

Our histogram of geomagnetic reversals frequency (see fig. 2) shows the number of inversions taken place during the time intervals of one half mln. y. and of 1 mln. y. We have included in our calculations the epochs of normal and reversed polarity (or chronos of polarity) as well as shorter geomagnetic episodes (or subchronos of polarity). We can very good see on this histogram that beginning from Miocene the prevailing geomagnetic reversal frequency was about 2 reversals per 0.5 mln. y., in Paleogene it fluctuated from 0 to 2 reversals per 0.5 mln. y. In Late Cretaceous and at the end of Early Cretaceous there were prevailed the time intervals characterised with the absence of inversions during several and even many mln. y., in Late Jurassic and in beginning of Early Cretaceous the time intervals with the reversal frequency about 1 inversion per 0.5 mln. y., and in Middle Jurassic – the intervals with reversal frequency from 0 to 1 inversion per 0.5 mln. y.

But at this background we distinguish some relatively short time intervals (with the duration from 0.5–1 mln. y. up to 2–3 mln. y.), when the frequency of geomagnetic reversals was sharply increased up to 3–4 and sometimes – up to 5–7 inversions per 0.5 mln. y., or to 5–6 and even 8–14 per 1 mln. y. Such "peaks" are divided by time intervals with duration from 2–3 up to 1– mln. y. or even more, and form two main "clusters". One of them – in Late Jurassic and in beginning of Early Cretaceous – corresponds to Late Kimmerian epoch of folding, and the another one – in Late Paleogene and Neogene – corresponds to main Alpine epoch of folding.

Let us compare the peaks of geomagnetic reversals frequency and the time intervals between these peaks with the curve of eustatic ocean level fluctuations. It is obvious, that the very prolonged time intervals characterised by the almost full absence of geomagnetic inversions coincide in time with the epochs of rise and very high position of ocean level. On the contrary, the short time intervals with the peaks of geomagnetic inversions frequency, coincide with the short episodes of sharp relative falls of oceanic level with the amplitude from dozens meters up to 100–150 meters.

One would think, that the Middle Cretaceous epoch – from the Albian up to Campanian stage represents an exception, because it includes several short episodes of sea level falls, not marked with frequent geomagnetic inversions. But, recently a group of Italian geologists (Tarduno et al., 1992) has discovered in the Cretaceous deposits of Umbrian Apennines an interval of section, belonging to the middle part of the Albian stage, characterised with 12 geomagnetic reversals occurred during only two mln. y. This discovery shows that within the long middle Cretaceous epoch of so called "quite geomagnetic field" one, or may by several short phases of geomagnetic inversions have taken place synchronous with the episodes of ocean level drop.

Very frequent and short ocean level fluctuations occurred during late Pliocene and Quaternary also have no correlation with the histogram of geomagnetic reversal frequency.

However, these sea level fluctuations had not tectonoeustatic, but glacioeustatic origin and were controlled by multiple sharp changes in volume of water in the world ocean, caused with the withdrawal of a part of oceanic water into the very thick and vast glacial sheets on the continents during the several glacial epochs, which led to the repeated falls of ocean surface up to – 100–150 m below its present level.

Let us now try to compare the changes in geomagnetic reversal frequency and the correlative ocean level fluctuations with the global phases of compressional and extensional tectonic deformations of the Earth's crust intensification that is with the global "phases of folding" and with phases of spreading and rifting activation during late Mesozoic and Cenozoic. For this interval of geological time Hans Stille (1924) had established several "phases of folding", or, better to say, – global scale phases of compressive (folded, overthrust and nape) deformations activation taken place in geosynclinal belts and less intensive ("germanotype") compressive deformations in some other continental regions. In particular, he had distinguished primarily mainly in folded zones of West Europe and North America, such folding phases as Late Kimmerian (at the end of Jurassic), Austrian (at the end of Early Cretaceous), Subhercynian (in the middle of Late Cretaceous), Larami (at the end of Cretaceous – in the beginning of Paleogene), Pyrenean (between Eocene and Oligocene), Savian (between Oligocene and Miocene), Stirian (in the Middle part of Miocene), Attic (at the end of Miocene), Rhodanian and Vallachian (in Pliocene). In the course of following, more detailed study of the chronology of compressive deformations in the folded zones on all continents this concept on the whole was confirmed, but there were also discovered some new folding phases, for instance, Adygean phase at the end of Middle Jurassic, Trialetian (Illirian) between Middle and Late Eocene, etc., and it was also ascertained that many folding phases, established by H. Stille (such as Late Kimmerian, Austrian, Subhercynian, Larami, Pyrenean etc.) consist really of several subphases, or may be considered as megaphases or groups of several shorter phases relatively close one to another in time (Arkell, 1956; Tollmann, 1966, Trumpi, 1973). The megaphases (or groups of folding phases) as established in the concrete folded regions are shown in the lower part of the diagram (Fig. 2). It is easy to see, that these latter (shorter) phases of compressive deformations intensification as a rule correspond in time to drops of ocean level and to the phases of high geomagnetic inversion frequency.

In distinction of Late Kimmerian and Late Alpine phases of compression intensification which coincide on the diagram with rather sharp peaks of geomagnetic inversion frequency, the Early Alpine compression phases (in Cretaceous and Early Paleogene) are correlated only with more weak peaks of inversion, frequency, or have no correlatives on the existing geomagnetic scale at all. But, as it was mentioned above, this situation is probably at least partly related to insufficiently full knowledge of geomagnetic chronicle of the Earth. The discovery of many frequent geomagnetic inversions in the middle part of Albian stage in Appennines (Tarduno et al., 1992), corresponding to Austrian phase of folding, confirms this supposition.

The time intervals between the phases of compression intensification and, especially, between the group of phases, or megaphases are characterised with relative activation of extensional deformations, expressed in the form of rifting on the continents and their margins, in the growing of spreading rate in the oceans, and also in global scale basaltic volcanism intensification both on the continents and on the oceanic bottom. On the curve of eustatic oceanic level fluctuations these intervals are represented by periods of the rise and high position of sea level (especially in Cretaceous and Paleogene) and on the histogram of geomagnetic inversions – by periods of relative low frequency of inversions or their almost full absence (for instance, in Callovian, Albian, Campanian, Middle Paleocene).

Thus, the correlation of geomagnetic reversals frequency, of tectono-eustatic fluctuations of the sea level and of the phases of revealing of extensional or compressional deformations in the Earth's crust alternating with each other shows, that the relatively short phases of frequent geomagnetic reversals may be synchronised with the falls and low positions of ocean level and, in the same time, – with the global scale phases of compressive deformations strengthening and the phases of plate kinematics reorganisation in the oceans.

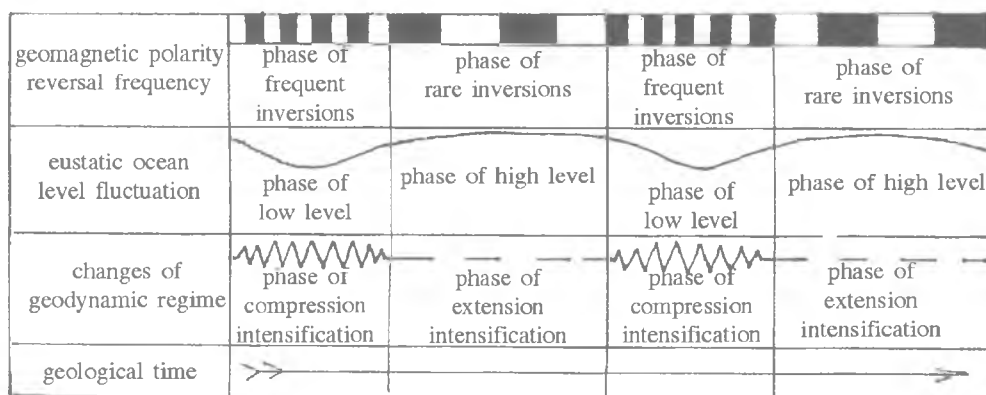


Fig. 3. Principal scheme of correlation in time of the changes in the geomagnetic inversion frequency, tectono-eustatic ocean level fluctuations and global phases of compressional and extensional deformations of the Earth's crust intensification during Mesozoic and Cenozoic. (Compiled by E. E. Milanovsky, 1994).

Сл. 3. Начелна схема временске корелације промена учесталости геомагнетских инверзија, тектоно-еустатичких колебања нивоа океана и планетарних фаза деформација сажимања и ширења земљине коре у току мезозоика и кенозоика. (Е. Е. Милановски, 1994).

On the contrary, more prolonged phases characterised with rare geomagnetic inversions or their absence, correlate in time with the phases of the rise and high position of the ocean level and, at the same time, – with the phases of spreading rate acceleration and rifting and basaltic volcanism intensification (Fig. 3).

THE CAUSE OF GEOMAGNETIC INVERSIONS, EUSTATIC FLUCTUATIONS AND TECTONIC DEFORMATIONS

This empirically established correlation in time of the events in the history of geomagnetic field, tectonic deformations of the Earth's crust and sea level fluctuations is of course not accidental one, but must testify the intern mutual dependence of all these phenomena.

The coincidence of the sharp drops of ocean level with the phases of compressive deformations in the crust activation shows, that during such phases the surface of the Earth, and in particular of the oceans bottom was deformed such a way that led to the deepening of oceanic basins and to the growing of their water capacity. Coincidence of these phases with the phases of plate kinematics reorganisation (inside the ocean bottom) may be explained as a result of slowing-down or even temporary stopping of the convective currents in the upper mantle during such phases, after that the directions of mantle flows had somewhat changed.

On the contrary, the coincidence of more prolonged phases of relative rise and high position of ocean level with the phases of horizontal crust extension and widening (rifting and spreading), probably may be explained as result of some generate "smoothing cut" of the Earth's surface, including the most part of oceanic bottom (with the exception of the intraoceanic spreading ridges), what leads to decrease of total capacity of oceanic basins and correspondingly – to the ocean level rise and transgressions.

According to modern ideas, the geomagnetic fields is formed in the course of deep seated processes operating in the outer (liquid) core and at the core-mantle boundary. These processes, whose nature is up to present not enough clear one and doesn't be discussed in this paper, control ultimately the evolution of the mantle and the Earth's crust.

The changes in the strain of geomagnetic field and its inversions – frequent during certain phases of geological time and rare during another ones – reflect evidently the irregularity and cyclic character of the processes proceeding in the core and in the lowest part of the mantle. Tectonomagnetic phenomena in the Earth's crust and eustatic fluctuations of the ocean level may be considered as an "echo" of these exclusively deep processes.

What is the mechanism of transference of these deepest energetic impulses going from the surface of the outer core of the Earth through the lower and upper mantle and crust to the Earth's surface, whose "signals" are represented by multiple alternation of the phases of rare and frequent geomagnetic inversions and whose influence on the Earth's crust and its surface is resulted in the alternating of the phases of extension and compression intensification and in eustatic ocean level fluctuations synchronous with them?

There is possible to assume two principal, probably interrelated models of transference of these deepest energetic impulses through the mantle and crust to the Earth's surface:

1) convective heat transfer from the surface of the core to the Earth's surface, whose intensity changed over and over again in the course of geological time;

2) periodical changes of stress conditions in the mantle and crust, and corresponding changes of the volume of the Earth's on the whole and of the total area on its surface in the result of pulsational changes of the volume of the Earth's core.

The first mechanism of course, really exists and plays a very important role in the tectonomagmatic development of our planet. Its significance was stressed by many scientists. For instance, Belousov (1990) believes that irregularity in time in the intensity of the rise of anomalously heated deep material may explain the existence of tectono-magmatic cycles and changes in the development of geological processes on the whole. But the processes of convective heat transfer together with the rise of the deep material, or thermal waves spreading from the top of the core to the Earth's surface through the mantle and crust whose common thickness reaches near 3 thousand km require long time – in any case not less than several mln. y.

Discussing recently this problem, Larson and Olson (1991) have stressed that the epoch characterised with rare geomagnetic inversions, and especially – with their nearly full absence during several dozens of mln. y. (for instance – the epoch of "mid-Cretaceous superchron") were distinguished by activation of convection in the upper core and increase of heat energy emission spread from the core surface into mantle and then into the crust. During such epochs the process of powerful hot plumes ("superplumes") formation at the lowermost part of the mantle and their ascent through the lower and upper mantle to the bottom of the crust was considerably intensified.

On the contrary, the epoch characterised with more frequent geomagnetic field inversions evidently were distinguished by less stable and in general relatively lowered heat emission from the core surface into the mantle. According to Larson and Olson (1991) calculations the rate of convective heat transfer through the high viscous mantle by the rising of great mantle plumes did not exceeded 10 cm per year, and therefore their ascent from the mantle bottom to its surface continued about 30 mln. y. Consequently, the hot spots at the top of the mantle and in the crust appeared approximately in 30 mln. y. after the origin of mantle plumes in the lowermost part of the mantle at the beginning of "mid-Cretaceous superchron". In this case we ought consider the factual synchronism in the beginning of the "mid-Cretaceous superchron" on the level of core-mantle boundary and the beginning of the stage of strong basalt volcanism, rifting and spreading intensification on the Earth's surface as an accidental coincidence of two causally not connected events, and explain the global activation of spreading, rifting and basalt volcanism in Aptian-Albian as a result of influence on Earth's crust of the rising of heat-wave had "started" from the core-mantle boundary approximately at the middle of late Jurassic.

Such an admission about the accidental synchronous of these events seems to be rather doubtful one, and because of that Larson and Olson (1991) have expressed also an alternative assumption according to that the heat-waves spread from the surface of the Earth's core to the crust mainly through the conducting channels in the mantle. The role

of such channels could play the already existed at this time more ancient, particularly Jurassic mantle plumes, activated again in early Cretaceous. In this case the rate of heat-waves rise might to be about ten times greater and to reach approximately 100 cm per year. Because of that the lateness in the beginning of global basalt volcanism activation and rifting and spreading intensification at the end of early Cretaceous in comparison with the time of beginning of the rise of powerful heat-wave from the core-mantle boundary might be reduced up to several (roughly 3–5) mln. y. According to Larson and Olson (1991) opinion, this assumption may explain satisfactory the approximate coincidence in time of the "mid-Cretaceous superchron" (controlled by the presence proceeded near the core-mantle boundary) and mid-Cretaceous stage of the global spreading, rifting and basalt volcanism activation on the Earth's surface.

Meanwhile the data mentioned above show that in reality not only approximate coincidence intimate of rather prolonged stage (up to several dozens mln. y.) characterised with rare geomagnetic inversions (superchrons) with the prolonged stage of spreading, rifting and basalt volcanism activation and high position of ocean level had taken place in middle and late Cretaceous, but also practically almost full coincidence in the geological time scale (with the preciseness within 0.5–1 mln. y.) of much shorter phases of frequency increase of geomagnetic inversions with short phases of compressional crust deformation intensification and moments of sharp ocean level drops, i.e. synchronism in the rhythm of processes operated at the level of core-mantle boundary and the processes occurred in the upper part of the crust and on the Earth's surface. Besides, we don't observe any lateness indications of the latter in comparison with the peaks of geomagnetic reversals frequency greater than 0.5–1 ml. y.

Thus, we come to the conclusion, that the transference of energetic impulses from the core to the Earth's surface proceeded still nearly one order more quickly than it was supposed by Larson and Olson; this phenomenon unlikely may be explained only as result of very fast convective heat transfer by means of conducting channels such as mantle plumes, although they play probably a very important, may be – even decisive role as a factor controlling the long-periodic cyclicality of tectono-magmatic processes.

As to the nature of relatively short-periodic rhythmicity of different interrelated deep-seated and near-surface processes with duration about 1–2 and even 0.5 mln. y., and, in particular, of coincidence of the phases of frequent geomagnetic reversal with the phases of compressive crust deformations intensification and fast down falls of ocean level, than as working hypothesis we may express a suggestion that at the course of processes proceeded in the outer Earth's core and near core-mantle boundary, the repeated periodical changes of stress conditions in the mantle and crust most probably were caused by some periodical changes in the volume of the Earth's core and led to some general changes of the Earth's volume on the whole, i.e. to its pulsations.

During the epochs and phases when some growing of the Earth's core had taken place, the geomagnetic reversals were rare or almost absent. The Earth's volume on the

whole, its radius and area of the Earth's surface, during such epochs were also somewhat increased, the density of the mantle material—slightly decreased, the rise of mantle plumes and convective processes in the mantle were intensified, what led to activation of lithosphere plates displacements. The adiabatic heating of the uppermost horizons of the mantle promoted to appearance and growing of astenoliths and astenosphere on the whole and to generation of basaltic magmatic chambers inside them. Because of extension of the crust basaltic magma intruded into its upper horizons or erupted on the Earth's surface in the areas experienced most intensive extension which was concentrated in linear spreading and rifting zones or was distributed on the basalt plateaus of oceans and in the trap basins of continents.

Main forms of the Earth's surface, including oceans (with the exception of spreading belts in them) were somewhat smoothed out, what lowered the water capacity of the ocean basins led to eustatic rise of the sea level.

The epochs and phases described above alternated with shorter phases characterised with frequent geomagnetic reversals, when the volume of the Earth's core became somewhat smaller, and consequently the volume of the Earth on the whole also somewhat decreased as well as its radius and total area of the Earth's surface. The density of the mantle material slightly increased during such epochs, convective flows and rising of mantle plumes became weaker or even stopped, asthenolinses, astenolayers and magmatic hearths in the uppermost part of the mantle reduced or "died", the intensity of basalt volcanism reduced, permeability of the crust decreased, deviational surplus stresses in the crust, and, probably, in the mantle increased, the rifting stopped, the spreading rate lowered, and in some tectonic zones of mobile belts, where the lower crust was during such phases ("folding phases") became most heated and plastic one, the compressional deformations took place or were intensified.

Some reducing of the total area of the Earth's surface, caused by its contraction, manifested also in the form of great warpings of the Earth's crust, in the rise of the mountain regions, uplift of continental massifs and subsidence of ocean and sea basins, which led to increase of their water capacity and consequently – to eustatic fall of ocean level.

On the whole, the phases of some expansion of the core and of the Earth on the whole were characterised with maximal energy generation and expanse of the most intern geospheres, and first of all – of the Earth's core. This energy expanded, in particular, for the getting over of loading of outer geospheres of our planet.

During the phases of prevailing Earth's contraction characterised with certain reducing of the volume of the core and of the Earth on the whole (accompanied with frequent geomagnetic inversions) the energy discharge of the most intern geospheres was relatively lowered. The main source of energy, which was spent in such epochs for compressional deformations of the Earth's crust, was evidently a gravitational energy accumulated during the proceeded phases of prevailing expansion of the Earth.

CONCLUSION

For the last 180 mln. y. the correlation in time is established between the changes in the geomagnetic reversals frequency, eustatic fluctuations of the ocean level and global scale changes in the regime of tectonic deformations of the Earth's crust. The rather short phases (0.5–2 mln. y.) characterised with frequent geomagnetic inversions correspond to the sharp falls of ocean level and global phases of compressional deformations intensification ("phases of folding"). More prolonged phases (2–10 mln. y. and more), characterised with rare geomagnetic inversions or their absence, are correlated with the rises of ocean level, global phases of extensional deformations intensification ("phases of rifting") and phases of basaltic volcanism activation. As the changes in the strain of geomagnetic field and geomagnetic inversions are connected with the processes operating in the Earth's core, mainly in the upper, liquid core and near core–mantle boundary, so the tectono–magmatic processes in the crust and eustatic fluctuations of the ocean level correlated by these very deep processes. Their full, or approximate synchronism allows us to suppose that in the course of processes, proceeded in the upper liquid core and near core–mantle boundary, repeated small changes of the core volume have taken place, which caused the periodical changes in the stress condition in the mantle and crust, alternation of the phases, of global intensification of extensional and compressional deformations in the crust, tectonoeustatic fluctuations of the ocean level and some periodical changes (pulsations) of the Earth's volume on the whole.

Геол. ан. Балк. пол. Ann. Geol. Penins. Balk.	59	2	1-22	Београд, децембар 1995 Belgrade, Decembre 1995
--	----	---	------	---

УДК 551.248.1:551.76/77.

Оригинални научни рад

ГЕОЛОГИЈА–GÉOLOGIE

КОРЕЛАЦИЈА ПРОМЕНА УЧЕСТАЛОСТИ ГЕОМАГНЕТСКЕ ИНВЕРЗИЈЕ СА ЕУСТАТИЧКИМ КОЛЕБАЊЕМ НИВОА ОКЕАНА И ФАЗАМА ИНТЕНЗИВНОГ САЖИМАЊА И ШИРЕЊА ЗЕМЉИНЕ КОРЕ У ТОКУ МЛАЂЕГ МЕЗОЗОИКА И КЕНОЗОНКА У СВЕТЛУ КОНЦЕПЦИЈЕ ПУЛЗАЦИЈЕ¹

од

Евгенија Евгенијевича Милановског*

За последњих 180 милиона година утврђена је временска корелација између промена учесталости геомагнетских реверзија, еустатичких колебања нивоа океана и плаиетарних промена режима тектонских деформација земљине коре. Фазе које се карактеришу честим инверзијама поклапају се са моментима наглих опадања нивоа океана и планетарним фазама интензивних деформација сажимања ("фазе убрања"). Дуже фазе карактеристичне по ретким геомагнетским инверзијама или њиховом одсуству стављене су у корелацију са порастом нивоа океана, плаиетарним фазама интензивних ширења ("фазе рифтогенезе") и фазама активирања базалтног вулканизма. Геомагнетске реверзије су везане за процесе који се одвијају у горињем, течном делу језгра и уз његову границу према омогачу. Износи се претпоставка да су се у току таквих дубинских процеса, који су се одвијали у тим најдубљим геосферама, вршиле мале промене у запремини земљиног језгра које су изазивале: периодичне промене у напонском стању омотача и коре, смене планетарних фаза интензивног ширења и сажимања коре, тектоно-еустатичка колебања нивоа океана и неке периодичне промене (пулзације) запремине земље у целини.

Кључне речи: геомагнетске инверзије, еустатичка колебања, деформације земљине коре, геотектоника, мезозоик, кенозоик, концепција пулзације.

УВОД

Проблем временске корелације промена параметара геомагнетског поља са различитим геолошким збивањима и могућих узрочних односа између њих све више привлачи пажњу научника. Као што се примећује у низу радова (Храмов, 1982; Никишин и Лајбов, 1987; Прево и др., 1990; итд.), просечни интензитет геомагнетског поља расте у последњим фазама геотектонских циклуса и карак-

¹ Овај рад представља садржај предавања одржаног на састанку у Српској академији наука и уметности у Београду 15. јуна 1995.

Геолошки факултет Државног московског универзитета, Москва, Русија.

терише се спажним деформацијама сажимања. Детаљна и поуздана скала инверзија геомагнетског поља за млађи мезозоик и кенозоик (Харланд и др., 1983) сведочи о знатним променама њихове временске учесталости. У неким тренуцима развоја земље достигала је 5 и више инверзија у милион година, док у другим моментима није прелазила 1–2 на милион година, а у току неких временских интервала од по неколико милиона година или чак неколико десетина милиона година геомагнетске реверзије су скоро изостајале или су биле врло ретке. Међутим, вишеструки покушаји да се утврди нека математички тачна и правилна ритмичност у промени фаза које карактеришу честе и ретке геомагнетске инверзије нису дали позитивне резултате (Stothers, 1986).

У исто време, постепено постаје све јаснија временска корелација између епоха које се карактеришу честим и ретким инверзијама са различитим геолошким (тектонским, магматским, палеогеографским, еустатичким) процесима и збивањима. То нарочито важи за корелацију између веома дуге (преко 30 мил. год.) епохе средње креде, која се карактерише скоро потпуним одсуством геомагнетских инверзија уз највећи (у мезозоику и кенозоику) пораст нивоа океана, максимални степен ширења и интензитет базалтног вулканизма (Ларсон, 1991), затим то се односи и на подударност млађе кенозојске епохе (карактеристичне по вишеструким фазама веома честих геомагнетских инверзија) са касним фазама алпског геотектонског циклуса, обележеним бројним импулсима сажимања и интензификацијом такозваних "фаза убирања" (Никишин и Лејбов, 1987; Храмов, 1982).

Реална корелација конкретних фаза честих и ретких геомагнетских инверзија са различитим геолошким догађајима, на пример са променама нивоа океана или са планетарним фазама активизације ширења и рифтогенезе остала је све до данас недовољно јасна. Али хистограм учесталости геомагнетских инверзија млађег мезозоика и кенозоика које је недавно направио R. Stothers за временске интервале од 4 мил. год. (Stothers, 1986) пружа добре услове за такву корелацију (сл. 1).

У току последњих 10 година постигнут је велики напредак на пољу сеизмо-стратиграфских истраживања, такозваној "циклостратиграфији" као и проучавању промена нивоа океана за време мезозоика и кенозоика. Овде имам у виду бројне радове П. Р. Вејла, Б. У. Хака, Ј. Харденбола и њихове школе (Вејл и др., 1977; Хак и др., 1987 и 1988) и њихове следбенике у Холандији и многим другим земљама. Као резултат ових истраживања установљена је цикличност еустатичких осцилација нивоа океана, представљена еустатичком кривом, и стављена у однос према геохронолошкој скали геомагнетских реверзија што је приказано на сл. 2.

Скала геомагнетских реверзија представљена на дијаграму корелације Хака и др. (1988) практично је врло слична скали која је раније приказана у познатој књизи "Скала геолошког времена" (Харланд и др., 1983), само је много прецизнија.

Међу главне факторе од утицаја на промене нивоа океана и цикличност различитих рангова у профилима седиментних секвенци спадају периодичне промене тектонског режима, нарочито хоризонталних напора у литосфери, представљене наизменичним фазама деформација претежног ширења или сажимања у земљиној кори.

Повезаност подизања нивоа океана са фазама претежног ширења коре и ње-

говог спуштања и фаза интензификације сажимања коре констатована је у многим радовима овог аутора (Милановски, 1978, 1980, 1984; Милановски и др., 1992).

Задатак овог рада је да се сачини детаљан хистограм промена учесталости геомагнетских реверзија за временски интервал од последњих 180 мил. год. развоја земље (тј. од средње јуре до садашњег времена) утврђених према хроностратиграфској скали Хака и др. (1988) и да се упореди са кривом еустатичких колебања нивоа океана (истих аутора) и са планетарним фазама тектонике сажимања у кори ("фазе убирања"), које је у почетку утврдио Х. Штиле (1924), а касније прецизије дефинисали и допунили многи други геолози.

КОРЕЛАЦИЈА ГЕОМАГНЕТСКИХ ИНВЕРЗИЈА, ЕУСТАТИЧКИХ КОЛЕБАЊА И ТЕКТОНИСКИХ ПОРЕМЕЋАЈА ЗЕМЉИНЕ КОРЕ

Наш хистограм учесталости геомагнетских реверзија (види сл. 2) показује број инверзија које су се догодиле у временским интервалима од пола и милион година. Прорачунима смо обухватили епохе нормалне и реверсне поларности (или хроне поларности) као и краће геомагнетске епизоде (или субхроне поларности). На том хистограму се сасвим добро види да је почев од миоцена претежна учесталост геомагнетских реверзија износила око 2 реверзије на 0,5 мил. год., у палеогену је варирала од 0 до 2 реверзије на 0,5 мил. год. У горњој креди и крајем доње креде преовлађивали су временски интервали које карактерише одсуство инверзија током неколико па чак и више милиона година, крајем јуре и почетком доње креде временски интервали са учесталошћу реверзија од око једне инверзије у пола милиона година, а у средњој јури интервали учесталости реверзија од 0–1 инверзије на 0,5 мил. год.

Међутим, на оваквој подлози разликујемо неке релативно кратке временске интервале (трајања од 0,5–1 мил. год. до 2–3 мил. год.) када се учесталост геомагнетских реверзија пагло повећава до 3–4 па и до 5–7 инверзија на 0,5 мил. год. или 5–6 па чак 8–14 на милион година. Такви "максимуми" су издељени на временске интервале трајања од 2–3 до 10 и више мил. год. и образују две главне "групе". Једна од њих, у горњој јури и почетком доње креде, одговара младокимријској фази убирања, а друга, горњи палеоген и неоген, одговара главној алпској фази убирања.

Упоредимо максимуме учесталости геомагнетских реверзија и временске интервале између тих максимума са кривом еустатичког колебања нивоа океана. Очигледно је да се врло дуги временски интервали које карактерише скоро потпуно одсуство геомагнетских инверзија временски подударују са епохама издизања и врло високог положаја нивоа океана. Насупрот томе, кратки временски интервали са максимумима учесталости геомагнетских инверзија подударују се са кратким епизодама паглог релативног опадања океанског нивоа са амплитудама од десетине метара до 100–150 метара.

Могло би се помислити да епоха средине креде, од алба до кампана, представља изузетак зато што обухвата неколико кратких епизода падања морског нивоа које иису обележене честим геомагнетским инверзијама. Недавно је међутим једна група италијанских геолога (Тардуно и др., 1992) открила у кредним наслагама Апенина Умбрије део профила који припада средњем делу албског ката са 12

геомагнетских инверзија у току свега 2 мил. год. Ово откриће показује да се током дуге епохе средње креде, такозваног "мирног геомагнетског поља", одиграла једна или можда неколико фаза геомагнетских инверзија истовремено с епизодама опадања нивоа океана.

Врло честа и кратка колебања океанског нивоа која су се догађала током горњег плиоцена и квартара такође немају корелацију са хистограмом учесталости геомагнетских реверзија. Међутим, оваква колебања морског нивоа нису тектоно-еустатичког већ глациоестатичког порекла, условљена вишеструким наглим променама запремине воде у светским океанима, изазваним превођењем дела океанских вода у веома дебеле и простране глацијалне покрове на континентима у току неколико ледених епоха, што је доводило до поновног спуштања површине океана за 100–150 m испод садашњег нивоа.

Покушајмо сада да упоредимо промене учесталости геомагнетских реверзија и одговарајућа колебања нивоа океана са планетарним фазама тектонских сажимања и ширења земљине коре, односно са планетарним "фазама убирања" и фазама активизације размицања и рифтогенезе у млађем мезозоику и током кенозоика. За овај интервал геолошког времена Ханс Штиле (1924) је утврдио неколико "фаза убирања" или, боље рећи, фаза планетарних сажимања (набори, краљушти и навлаке) која су се одвијала у геосинклиналним појасевима и мање интензивна сажимања ("германотина") у неким другим континенталним областима. Он је нарочито разликовао, првенствено у главним зонама убирања западне Европе и северне Америке, такве фазе убирања као што су младокимријска (крајем јуре), аустријска (крајем доње креде), субхерцинска (средином горње креде), ларамидска (крајем креде и почетком палеогена), пиринејска (између еоцена и олигоцена), савска (између олигоцена и миоцена), роданска и влашка (у плиоцену). Током даљих, детаљнијих проучавања хронологије сажимања у зонама убирања на свим континентима, ова концепција је у целини потврђена, али су откривене и неке нове фазе убирања, на пример адигејска фаза крајем средње јуре, трипалетска (илирска) између средњег и горњег еоцена итд. а потврђено је да су се многе фазе убирања које је утврдио Х. Штиле (као што су каснокимерска, аустријска, субхерцинска, ларамидска, пиринејска итд.) уствари састојале од неколико подфаза, или се могу сматрати мегафазама или групама од неколико краћих фаза временски међусобно релативно блиских (Arkell, 1956; Tolman, 1966; Trümpel, 1973). Мегафазе (или групе фазе убирања) као и краће фазе убирања стварно утврђене у конкретним областима убирања приказане су на доњем делу дијаграма (сл. 2). Јасно се види да ове краће фазе интензификације сажимања по правилу временски одговарају опадању нивоа океана и фазама високе учесталости геомагнетских реверзија.

За разлику од младокимријске и младоалпских фаза интензификације убирања које се на дијаграму подударају са доста оштрим максимумима учесталости геомагнетских инверзија, раноалпске фазе убирања (у креди и доњем палеогену) корелативне су само са слабијим максимумима учесталости инверзија, или се уопште не могу поредити на постојећој геомагнетској скали. Али, како је напред речено, то је вероватно бар делимично због недовољног познавања геомагнетске хронике Земље. Откриће многих честих геомагнетских инверзија у средњем делу алпа у Апенинима (Тардуно и др., 1992), које одговарају аустријској фази убирања, потврђује ту претпоставку.

Временски интервали између фаза појачапог сажимања, а нарочито између група фаза или мегафаза, карактеришу се релативном активизацијом тектонског ширења, израженог у облику рифтогенезе на континентима и њиховим ободима, за тим повећањем степена ширења океана, као и интензификацијом планетарног базалтног вулканизма како на континентима тако и на дну океана. На кривој еустатичког колебања нивоа океана ти интервали су представљени периодима подизања и високог положаја морског нивоа (нарочито у креди и палеогену), а на хистограму геомагнетских инверзија одговарају периодима релативно мале учесталости инверзија или њиховим потпуним одсуству (на пример у келовеју, албу, кампану, средњем палеоцену).

Према томе, колебања учесталости реверсиости геомагнетског поља, тектоно-еустатичка колебања морског нивоа и фазе најзменичног смењивања тектонског ширења или сажимања земљине коре показују да релативно кратке фазе честих промена геомагнетског поља могу бити синхронизоване са опадањима и ниским положајем нивоа океана, а у исто време и са фазама јачања деформација сажимања планетарних размера и фазама реорганизовања плоча у океанима.

Насупрот томе, дуже фазе са ређим геомагнетским инверзијама или њиховим одсуством могу се временски повезивати са фазама подизања и високог положаја нивоа океана а исто тако и са фазама повећаног степена брзине ширења и рифтогенезе и јачања базалтног вулканизма (сл. 3).

УЗРОЦИ ГЕОМАГНЕТСКИХ ИНВЕРЗИЈА, ЕУСТАТИЧКИХ КОЛЕБАЊА И ТЕКТОНСКИХ ПОРЕМЕЋАЈА ЗЕМЉИНЕ КОРЕ

Оваква емпиријски утврђена временска корелација догађаја у развоју геомагнетског поља, тектонских поремећаја земљине коре и колебања нивоа мора није наравно случајна, већ мора да сведочи о унутрашњој међусобној зависности свих тих појава.

Подударане наглих опадања нивоа океана са фазама тектонских сажимања у земљиној кори показује да је површина земље у току тих фаза, а нарочито дно океана, била тако деформисана да је то довело до продубљивања океанских басена и до повећања њиховог капацитета. Подударане тих фаза са фазама реорганизовања кинематике плоча (унутар дна океана) може се објаснити као резултат успоравања, па чак и привременог заустављања, конвективних токова у горњем омотачу за време таквих фаза, после којих се донекле мењају правци струјања у омотачу.

И обрнуто, подударност дужих фаза релативног подизања и високог положаја нивоа океана са фазама хоризонталног истезања и ширења (рифтогенеза и ширење), вероватно се може објаснити као последица општег "исправљања" површине земље заједно са већим делом дна океана (изузев упутарокеанских гребена ширења) које доводи до смањења укупног капацитета океанских басена а тиме и до пораста нивоа океана и трасгресија.

Према савременим схватањима, геомагнетско поље је настало у току дубинских процеса који су деловали у спољњем (течином) језгру на граници језгра и омотача. Ти процеси, чија природа још данас није сасвим разјашњена и о којима неће бити речи у овом раду, пресудно утичу на еволуцију омотача и земљине коре.

Промене напопа геомагнетског поља и његове инверзије – честе у неким фазама геолошке прошлости а ретке у другим – очигледно одражавају неправилност и циклички карактер процеса који се одвијају у језгру и пајнижем делу омотача. Тектономагнетске појаве у земљиној кори и еустатичка колебања нивоа океана могу се сматрати "одјецима" тих искључиво дубинских процеса.

Какав је механизам преношења тих најдубљих импулса енергије који иду до површине спољног језгра земље кроз доњи и горњи омотач и кору до површине земље, чији су "сигнали" представљени вишеструким наизменичним фазама ретких и честих геомагнетских инверзија и чији се утицај на земљину кору и њену површину испољава у наизменичним фазама појачаних ширења и сжимања и истовремених колебања еустатичког нивоа океана?

Могуће је претпоставити два основна, вероватно међусобно условљена модела преношења тих најдубљих импулса енергије кроз омотач и кору до површине земље:

1) коинективно преношење топлоте од површине језгра до површине земље, чији се интензитет непрестано мењао у току геолошког времена;

2) периодичне промене напонских услова у омотачу и кори, као и одговарајуће промене запремине земље у целини и укупне површине земље, као последице пулзационих промена запремине земљиног језгра.

Први механизам, наравно, заиста постоји и игра врло важну улогу у тектономагнетском развоју наше планете. Његов значај су наглашавали многи иаучници. На пример Белоусов (1990) сматра да временска неправилност интензитета подизања аномално врелог дубинског материјала може да објасни постојање тектономагнетских циклуса и промена у развоју геолошких процеса у целини. Али процеси конвективног преношења топлоте заједно са издизањем дубинског материјала, или ширење топлотних таласа од врха језгра до површине земље кроз омотач и кору чија заједничка дебљина достиже скоро 3000 km, захтева доста времена, у сваком случају не мање од неколико милиона година.

Разматрајући недавно овај проблем, Larson & Olson (1991) су нагласили да су се епохе ретких геомагнетских инверзија, а нарочито њихово скоро потпуно одсуство у току неколико десетина милиона година (на пример епоха "средњекредне суперхроне"), одликовале активизирањем конвекције у горњем делу језгра и порастом емисионог ширења топлотне енергије од површине језгра кроз омотач и кору. У току таквих епоха знатно су јачали процеси формирања спажних врелих дијапира ("супердијапира") у најнижем делу омотача и њихово издизање навише кроз доњи и горњи омотач до доње границе коре.

Насупрот њима, епохе честих инверзија геомагнетског поља очигледно су се одликовале мање стабилном и углавном релативно мањом топлотном емисијом од површине језгра у омотач. Према прорачунима Larson & Olson (1991), брзина којом су велики дијапири омотача у издизању преносили конвективну топлоту кроз веома вискозни омотач није прелазила 10 cm годишње па према томе њено пењање навише од дна омотача до његове површине трајало је око 30 милиона година. Зато су се вреле тачке на врху омотача и у кори појављивале око 30 мил. год. после стварања дијапира у пајнижим деловима омотача почетком "средњокредне суперхроне". У том случају треба да смаграмо фактички синхронизам на почетку "средњо-

кредне суперхроне" на нивоу границе језгра и омотача и почетак фазе снажног базалтног вулканизма, рифтогенезе и појачавања шпрења на површини земље као случајну коинциденцију два условио неповезана догађаја и објаснимо планетарну активизацију шпрења, рифтогенезе и базалтног вулканизма у апт-албу као резултат утицаја на земљину кору издизања топлотног таласа, који је "кренуо" од границе језгра и омотача приближно средином горње јуре.

Такво прихватање случајног синхронизма ових збивања изгледа прилично сумњиво, због чега су Larson & Olson (1991) такође изнели и алтернативну претпоставку, према којој су се топлотни таласи ширили од површине језгра земље до коре кроз проводне канале у омотачу. Улогу таквих канала могли су имати већ постојећи у то време старији, нарочито јурски дијапири омотача, реактивирани у раној креди. У том случају, брзина издизања топлотних таласа могла је бити око 10 пута већа, до око 100 cm/year. Због тога би се закаснили почетак планетарног базалтног вулканизма, рифтогенезе и појачавање шпрења крајем доње креде у односу на почетак подизања снажног топлотног таласа од границе језгра и омотача могао смањити на неколико (око 3–5) милиона година. По мишљењу Larson & Olson (1991), ова претпоставка може да објасни на задовољавајући начин приближну временску коинциденцију "средњокредне суперхроне" (условљене процесима који су се одвијали у близини границе између језгра и омотача) и средњокредне фазе планетарног шпрења, рифтогенезе и активизације базалтног вулканизма на површини земље.

Међутим, напред изнети подаци указују да се у стварности не подударају приближно временски само доста дуге фазе (до неколико десетина мил. год.) ретких геомагнетских инверзија (суперхрона) са дугим фазама шпрења, рифтогенезе и активирања базалтног вулканизма и високог положаја нивоа океана у средњој и горњој креди, већ да практично постоји потпуна коинциденција у геолошкој временској скали (са прецизношћу у границама 1,5–1 мил. год.) много краћих фаза пораста учесталости геомагнетских инверзија са кратким фазама појачапог сажимања коре и моментима наглих опадања нивоа океана, односно синхронизам ритмичности процеса који се одвијају на граници између језгра и омотача и процеса који се јављају у горњем делу коре и на површини земље. Осим тога, не запажамо никакве знакове закашњења ових других у односу на максимуме учесталости промена геомагнетског поља веће од 0,5–1 милион година.

Тако долазимо до закључка да се преношење енергетских импулса од језгра до површине земље вршило за скоро један ред величине брже него што су то претпоставили Ларсон и Олсон. Та се појава вероватно не може објаснити само као резултат врло брзог коинективног преношења топлоте проводним каналима као што су дијапири омотача, пако они вероватно имају врло важну, можда чак и одлучујућу улогу као утицајни фактор дуго-периодичне цикличности тектоно-магматских процеса.

Што се тиче природе релативно краткoпериодичне цикличности различитих међусобно зависних дубинских и подповршинских процеса трајања око 1–2 па чак и 0,5 мил. год., а нарочито подударања фаза честих промена геомагнетског поља са фазама интензивног сажимања коре и брзог спуштања нивоа океана, као радну хипотезу можемо да сугеришемо да су се у току процеса, који су се одвијали у

спољашњем делу земљиног језгра и према граници са омотачем, вршиле вишеструке периодичне промене напонских услова у дубљим деловима унутрашњости земље које су се врло брзо шириле кроз омотач и кору до површине земље. Те промене напонских услова у омотачу и кори највероватније су биле проузроковане неким периодичним променама у запремини земљиног језгра и довеле су до неких општих промена запремине земље у целини, односно њене пулзације.

За време епоха и фаза извесног пораста земљиног језгра, промене геомагнетског поља су биле ретке или их скоро није ни било. Запремина земље у целини, њен радиус и површина, у току таквих епоха такође су били мало повећани, густина материјала омотача мало смањена, издизање дијафра омотача и конвективни процеси у омотачу су били интензивнији, што је доводило до активирања мемерања литосферних плоча. Адиабатско загревање највиших хоризоната омотача допринело је појави и развоју астенолита и астеносфере у целини као и стварању унутар њих комора базалтне магме. Због ширења коре, базалтна магма је продрала у њене горње хоризонте или је ерупцијом избацивала на површину земље у областима најинтензивнијег шпрења, па је била концентрисана на линеарне зоне ширења или рифтогенезе или се разливала по базалтним платоима океана и троговским континенталним басенима.

Главне форме на површини земље, укључујући океане (изузев појаса ширења у њима) донекле су исправљене, па се тиме смањило капацитет океанских басена и довео до еустатичког пораста морског нивоа.

Напред описане епохе и фазе смењивале су се са краћим фазама честих геомагнетских инверзија, када је запремина земљиног језгра постајала нешто мања, па се и запремина целе земље такође допекле смањивала, а тиме и њен радиус и укупна површина земље. Густина материјала омотача мало се повећала током таквих епоха, конвективни токови и издизање дијафра омотача постајали су слабији или су чак престајали, астеносочива, астенослојеви и магматска огњишта у највишем делу омотача се редуковала или "умирала", интензитет базалтног вулканизма опадао, пропустљивост коре се смањивала, девиациони напони у кори, а вероватно и у омотачу, се повећали, рифтогенеза престајала, брзина ширења опадала, а тектонске зоне мобилних појасева где се налазио доњи део коре у таквим фазама ("фаза убрања") постајале су загрејаније и пластичније, па су се јавиле деформације сажимања или њихов интензитет растао.

Извесио смањење укупне површине земље, изазвао скупљањем, такође се одражавало у форми великих савијања земљине коре, издизањем планинских региона, дизањем континенталних масива и спуштањем океанских и морских басена, што је доводило до повећања њиховог капацитета а тиме и до еустатичког опадања нивоа океана.

У целини узев, фазе извесне експанзије језгра и земље у целини карактеришу се стварањем максималне енергије и ширењем најунутрашњијих геосфера, првенствено језгра земље. Та енергија се шпри парочито због савлађивања притиска од стране спољних геосфера наше планете.

За време фаза претежног сажимања земље које се карактеришу сигурним смањењем запремине језгра и земље у целини (праћено честим геомагнетским инверзијама) ослобођена енергија из крајњих унутрашњих геосфера релативно се смањује. Главни извор енергије, која је у таквим епохама утрошена на деформације

сажимања земљине коре, очигледно је била гравитациона енергија акумулирана током претходних фаза претежног ширења земље.

ЗАКЉУЧАК

Успостављена је временска корелација за последњих 180 мил. год. између учесталости промена геомагнетског поља, колебања нивоа океана и планетарних промена у режиму тектонских деформација земљине коре. Прилично кратке фазе (0,5–2 мил. год.) честих геомагнетских инверзија одговарају наглим опадањима нивоа океана и планетарним фазама интензивирања сажимања ("фазе убрања"). Дуже фазе (2–10 мил. год. и више) ретких геомагнетских инверзија или њиховог одсуства повезују се са порастом нивоа океана, планетарним фазама интензивирања ширења ("фазе рифтогенезе") и фазама активирања базалтног вулканизма. Како су промене напона геомагнетског поља и геомагнетске инверзије повезале са процесима у земљином језгру, углавном у горњем, течном делу језгра и уз његову границу према омотачу, тектономагматски процеси у кори и еустатичка колебања нивоа океана са њима у вези очигледно су такође условљени тим веома дубоким процесима. Њихов потпуно или приближно синхронизам наводи нас на претпоставку да су се у току процеса, који су се одвијали у горњем течном делу језгра и уз границу са омотачем, понављале мање промене запремине језгра које су проузроковале периодичне промене у напонским условима у омотачу и кори, наизменичне фазе планетарних ширења и сажимања коре, тектоноеустатичка колебања нивоа океана и неке периодичне промене (пулзације) запремине земље у целини.

ЛИТЕРАТУРА – REFERENCES

- Arkell W. J., 1956: Jurassic geology of the World – Oliver and Boyd, Edinburgh.
- Belousov V. V., 1990: Certain trends in present day geosciences.– In: Critical aspects of the plate tectonics theory, Vol. 1., Theophrastus publications Athens, p. 3–16.
- Haq B. U., Hardenbol J. and Vail P. R., 1987: Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic.– Science, vol. 235, p. 1156–1167.
- Haq B. U., Hardenbol J. and Vail P. R., 1988: Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea level changes.– In Sea level changes: an integrated approach. Soc. Econ. Paleontologists and Mineralogists. Spec. Publ., N 42, Tulsa, Oklahoma, USA, p. 11–108.
- Harland W. B., Cox A. V., Llevellyn P. G., Picton C. A. G., Smith A. G. and Walters R., 1983: A geologic time scale.– Cambridge Univ. Press, 112 p.
- Khramov A. N. (editor), 1982: Paleomagnetology.– "Nedra" publishers, Leningrad, 312 p. (in Russian).
- Larson R. L., 1991: Geological consequences of superplumes – Geology, vol. 19, p. 963–966.
- Larson R. L. and Olson P., 1991: Mantle plumes control magnetic reversal frequency.– Earth and Planet. Sc. Lett., vol. 107, p. 437–447.
- Milanovsky E. E., 1978: Some regularities in tectonic development and volcanism of the Earth in Phanerozoic (problems of the Earth pulsation and expansion).– Geotectonics, N 6, p. 3–16 (in Russian).
- Milanovsky E. E., 1980: Problems of tectonic development of the Earth in the light of concept on its pulsation and expansion – Revue de geologie dynamique et de geographie physique. Vol. 22, fasc 1, p. 15–27.

- Milanovsky E. E., 1994: Recent global rifting activation as a manifestation of expansional phase of the Earth's pulsation in Pliocene-Quaternary. - Vestnik Moscow Univ., Ser. 4, Geology, N. 1 p. 10-29 (in Russian).
- Milanovsky E. E., Nikishin A. M., Kopaeovich L. F., Gavrilov Ju. O. and Cloetingh S., 1992: On the correlation of lithosphere plates kinematics, reorganizations and short periodical World ocean level fluctuations - Doklady Acad. Nauk. vol. 326, N 2, p. 313-317 (in Russian).
- Nikishin A. M. and Leibov B., 1987: On the correlation of the epoch of the Earth tectonic history with the changes of its magmatic field - Doklady Acad. Nauk USSR, vol. 297, N 1, p. 167-170 (in Russian).
- Prevot M., Derder M. El. M., McWilliams M. and Thompson J., 1990: Intensity of the Earth's magnetic field" evidence for a Mesozoic dipole low.- Earth and Planet Sci. Lett., vol. 97, p. 129-139.
- Stille H., 1924: Grundfragen der vergleichenden Tektonik - Berlin, Borhtraeger, 248 s.
- Stoher R. B., 1986: Periodicity of the Earth's magnetic reversals - Nature, vol. 322, p. 44-47.
- Tarduno J. A., Lowrie W., Sliter W. V., Bralower T. J. and Heller F., 1992: Reversed polarity characteristic magnetizations in the Albian 1 Contessa section, Umbrian Apennines, Italy: implications for the existence of a Mid-Cretaceous mixed polarity interval - Journ. Geophys. Res. Vol. 97, NO I. p. 241-271.
- Tollmann A., 1966: Die alpidischen Gebirggebungs-Phasen in der Ostalpen und Westkarpaten. - Geotekt. Forschungen, 21, 156 s.
- Trumpy R., 1973: The timing of orogenic events in the Central Alps. - In: Gravity and Tectonics. K. A. de Long and R. Scolten (eds.) J. Wiley and sons, New York, p. 229-251.