

УДК 550.343: 550.383

М. Орлюк, д-р геол. наук, зав. відділу,

E-mail: orlyuk@igph.kiev.ua,

А. Марченко, мол. наук. співроб.,

E-mail: andrey_marchenko@ukr.net,

А. Роменець, мол. наук. співроб.,

E-mail: romenets@ukr.net,

відділ геомагнетизму,

Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України,

пр. Акад. Палладіна, 32, м. Київ, 03680, Україна

ЗВ'ЯЗОК СЕЙСМІЧНОСТІ ЗЕМЛІ ТА ВІКОВИХ ЗМІН ЇЇ МАГНІТНОГО ПОЛЯ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, проф. С. А. Вижвою)

Виконано аналіз вікових змін магнітного поля Землі та її сейсмічності для періоду 1950–2000 рр. Для аналізу використано головне магнітне поле Землі BIGRF–10 з довжиною сферичного ряду – 13 гармонік, що дозволяє вивчати характерні особливості магнітних аномалій з розмірами в перші тисячі кілометрів. Вікові зміни геомагнітного поля за період 1950–2000 рр було розділено шляхом осереднення поля на умовно довгохвильову "ядерну" та короткохвильову "мантіїно-літосферну" складові. Для планети в цілому виявлено меншу насиченість ділянками з підвищеною сейсмічністю південно-західної гемісфери, яка характеризується суттєвим зменшенням "ядерної" частини поля, у порівнянні з північно-східною гемісферою. Вперше встановлено зв'язок між ділянками з підвищеною сейсмічною активністю та областями додатного приросту "мантіїно-літосферної" компоненти геомагнітного поля, які в тектонічному відношенні відповідають зонам зчленування літосферних плит. Запропоновано два механізми такого зв'язку: а) "температурно-магнітний", зумовлений зануренням магнітних блоків океанічної кори в зоні субдукції, з подальшою зміною намагніченості за рахунок їх прогрівання; б) "флюїдогазово-магнітний", який ґрунтується на утворенні та трансформації залізистих мінералів під впливом трансмантіїних газів та флюїдів. Можна припустити структуроформуючу роль трансмантіїних газів та флюїдів стосовно сучасних геологічних структур та їх динаміки в зонах зчленування літосферних плит.

Ключові слова: магнітне поле Землі, сейсмічність, літосферні плити, намагніченість, флюїди.

Вступ. На теперішній час є велика кількість робіт, в яких аналізується можливий зв'язок між сейсмічними подіями та магнітними збуреннями зовнішнього та внутрішнього походження [1–4, 6, 15–19, 25]. Наразі мало публікацій [13], у яких було б проаналізовано довгохвильові аномалії геомагнітного поля та магнітну неоднорідність областей кори та літосфери, де відбуваються сейсмічні події. Оскільки зони підвищеної сейсмічності можна вважати своєрідними "маркерами" реалізації на поверхні планети глибинних геодинамічних процесів, то будемо зіставляти їх із сучасними змінами модуля індукції Головного магнітного поля Землі (ГМПЗ) BIGRF. ГМПЗ зумовлюється джерелами в рідкому ядрі та мантії, а його зміни – динамічними процесами в цих шарах Землі. Отже й сейсмічність, і зміна геомагнітного поля зумовлені одними й тими ж сучасними геодинамічними процесами в ядрі та мантії Землі, що дозволяє робити їх сумісний аналіз. Зауважимо, що нами використано ГМПЗ IGRF-10 з довжиною сферичного ряду – 13 гармонік, що обумовлює наявність аномалій з довжинами хвиль до 3000 км [22]. Варто зауважити, що довжини хвиль 2000–4000 км можуть зумовлюватися суперпозиційним ефектом літосферних (корових) джерел [10, 14, 26]. Отже в ГМПЗ може бути присутнім ефект літосферних магнітних джерел.

Вікові зміни МПЗ та їх зв'язок з сейсмічністю. ГМПЗ складається з дипольної та недипольної частин і приймається за нормальне поле відносності Землі при виділенні аномальної компоненти, пов'язаної з літосферою. Значення головного поля на поверхні Землі характеризуються суттєвою просторовою неоднорідністю (від 60000–70000 нТл на магнітних полюсах до 22000–40000 нТл на магнітному екваторі). Згідно з експериментальними даними, магнітне поле Землі протягом останніх 300 років постійно послаблюється й за період з 1950 по 2010 рр середнє значення модуля індукції В на поверхні планети зменшилося на 1300 нТл [12].

Вікові зміни поля за вказаний період згідно з [12]: на фоні загального зменшення магнітного поля планети виділяються області з екстремальними величинами його зміни (рис. 1-а). Максимуми зменшення поля з 1950 по 2000 р (–5500)÷(–6500) нТл (–110 ÷ –130 нТл/рік) розташовуються поблизу Атлантичного узбережжя Центра-

льної Америки (18°ПнШ, –65°ЗД), а також між Африкою й Антарктидою (–50°ПдШ, 10°СхД). Максимуми збільшення поля (2000 нТл) (+40 нТл/рік) характерні для Європи (60°ПнШ, 30°СхД) та Індійського океану (30°ПнШ, 80°ЗхД).

Вікова зміна ГМПЗ BIGRF за період 1950–2000рр розраховувалася за виразом

$$dBIGRF/dt = B IGRF 1950 [12].$$

Розділення динаміки $dBIGRF/dt$ на складові проводилося шляхом осереднення вихідного поля з коміркою 40°х40°. Розмір вікна осереднення вибирався з тих міркувань, щоб виділити аномалії з довжиною хвилі в перші тисячі кілометрів, які можуть мати мантіїно-літосферне походження. Зауважимо, що основні зміни в полі відбуваються за рахунок довгохвильової, тобто "ядерної", компоненти, що відображено в результатах розрахунків (рис. 1-б). Величина динаміки довгохвильової компоненти поля та її характер знаходяться у відповідності з величиною $dBIGRF/dt$ і змінюється від –6000 до 1500 нТл (від –120 до +30 нТл/рік). Короткохвильова компонента динаміки поля (рис. 1-в) має більш складний характер з наявністю більшої кількості максимумів і мінімумів, інтенсивністю від –1400 до 1300 нТл. (від –28 до +26 нТл/рік), причому переважна їх більшість не перевищує перші сотні нТл (від –6 до +6 нТл/рік).

Сучасну сейсмічність Землі, яка оцінювалась кількістю землетрусів [20], та розраховані зміни довгохвильової "ядерної" та короткохвильової "мантіїно-літосферної" складових ГМПЗ BIGRF за період 1950–2000рр наведено на рис. 1-а, б, в. Насамперед відмітимо діагональну систему простягання головних структурних елементів зон сейсмічності та змін ГМПЗ, а також меншу насиченість ділянками з підвищеною сейсмічністю південно-західної гемісфери, яка характеризується зменшенням геомагнітного поля порівняно з північно-східною. На область північно-східної гемісфери додатних величин ГМПЗ припадають зони сейсмічності Альпійсько-Гімалайської смуги та західної частини Тихоокеанського кільця, а також серединних хребтів Індійського та Тихого (північно-східного простягання) океанів (див. рис. 1-а, б).

Цікавим також є те, що ускладнення будови та порушення (потовщення, зміщення, зміна напрямку про-

стягання тощо) зон підвищеної сейсмічності домінуючого північно-західного простягання приурочені до зон з від'ємною або додатною динамікою ГМПЗ північно-східного простягання. Зокрема у зоні Південноафрикансько-Колімської смуги північно-східного простягання відносного зменшення ГМПЗ спостерігається зсув на схід у межах смуг з підвищеною сейсмічністю серединного хребта Індійського океану та Альпійсько-Гімалайської смуги на північний схід та свого роду роздроблення сейсмоактивних зон ряду ділянок (див. рис. 1-в). У менш наочному виді така ж закономірність спостерігається і в районі заходу Північної Америки. Зазначена раніше закономірність приналежності більшої кількості смуг з підвищеною сейсмічністю до північно-східної гемісфери, яка характеризується зростанням

ГМПЗ, знаходить підтвердження й на "мантийно-літосферному" рівні. Як можна бачити з рис. 1-в, переважна більшість сейсмічних ділянок та смуг припадає на області суттєвого зростання ГМПЗ за останні 50 років. Більше того, надзвичайно цікавим є факт приналежності областей з додатним приростом геомагнітного поля до різних типів обмеження плит, як "субдукційного", так і "серединно-океанських хребтів". Зокрема, підвищеними значеннями геомагнітного поля північно-східного простягання характеризуються області потрійного зчленування серединно-океанських хребтів у Індійському океані, які розділяють Африканську, Австралійську та Антарктичну плити, а також субдукційні зони між Філіпінською і Євразійською та Тихоокеанською і Північноамериканською плитами відповідно.

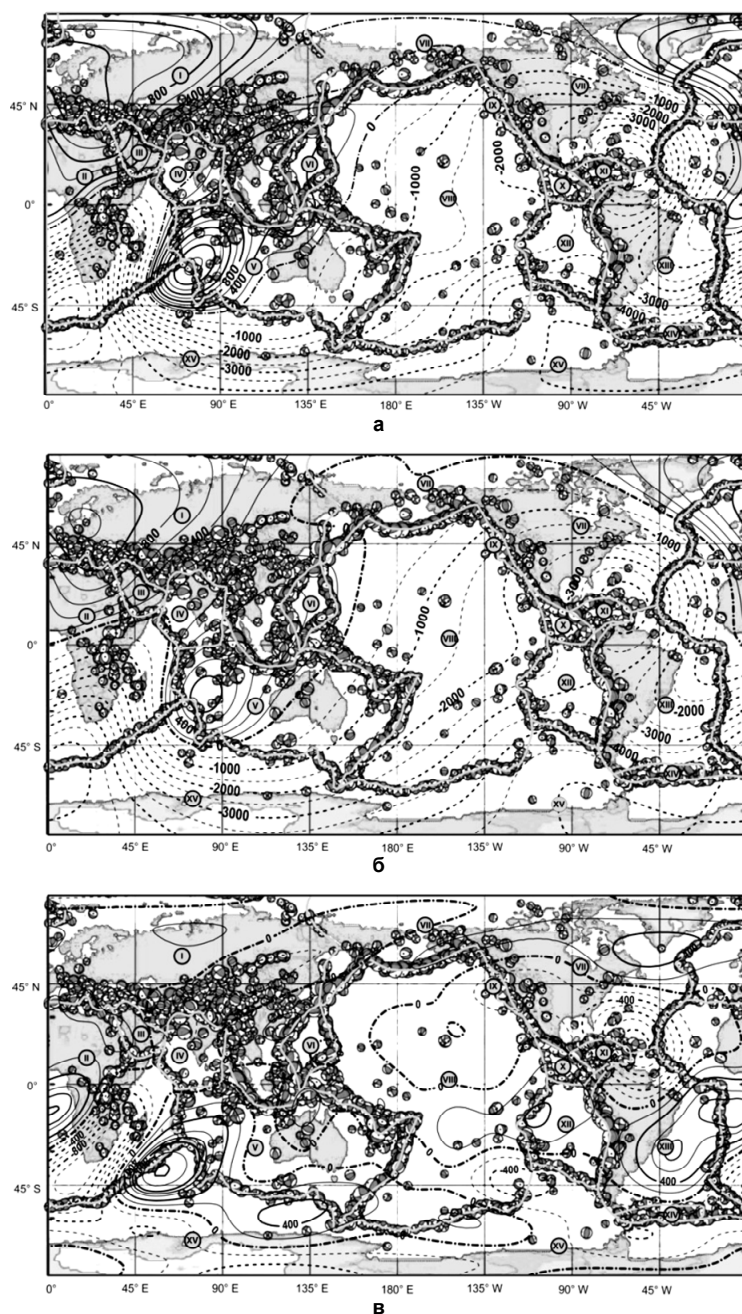


Рис. 1. Зіставлення сейсмічності (чорно-білі кружки) з приростом ГМПЗ $dBIGRF/dt$ (а), його "ядерної" (б) та "мантийно-літосферної" (в) складових за період 1950–2000 рр: лінії: суцільні – додатні, пунктирні – від'ємні, пункт з крапкою – нульові значення поля в нанотеслах; плити Землі (римські цифри в кружках): I – Євразійська, II – Африканська, III – Аравійська, IV – Індостанська, V – Австралійська, VI – Філіпінська, VII – Північно-Американська, VIII – Тихоокеанська, IX – Хуана де Фука, X – Кокос, XI – Карибська, XII – Наска, XIII – Південно-Американська, XIV – Скоша, XV – Антарктична

Якісний аналіз прогнозованих механізмів взаємозв'язку сейсмічності та МПЗ. Виявлена залежність між сейсмічністю Землі та змінами мантийно-літосферної складової геомагнітного поля дозволяє розглянути у першому наближенні можливі механізми. Розглянемо один із них на прикладі субдукційних зон між Філіпінською і Євразійською та Тихоокеанською і Північноамериканською плитами. Ця область виділяється позитивною аномалією північно-східного простягання з інтенсивністю 150–220 нТл, яка виникла за 50 років, тобто за рік приріст поля складає 3,0–4,4 нТл/рік. Ця аномалія розташована над зоною субдукції західного та південно-західного падіння, яка прослідковується до глибини близько 400–700 км і характеризується в глибинній частині відносним зниженням поздовжніх сейсмічних хвиль на 0,4–0,8 км/с [24], що може бути пояснено наявністю корових базальтів або залізистих (можливо, серпентинизованих) ультраосновних мантийних порід. Стосовно методики інтерпретації аномалії часових змін геомагнітного поля, то вона розглядалася як статична аномалія. В подальшому задавалась модель джерела намагніченості літосфери, розраховане магнітне поле від якого задовольняє вихідне поле. Звичайно, що отримані величини намагніченості нормувались на кількість років, тобто вираховувався приріст за один рік.

Було розраховано декілька еквівалентних моделей магнітних джерел, розташованих на глибинах від 50 до 700 км з намагніченістю в межах 0,5÷1,5 А/м, які задовольняють інтерпретовану аномалію з інтенсивністю 150 нТл. Це означає, що кожного року до джерела додаються магнітні маси з додатним градієнтом намагніченості в межах 0,01÷0,03 А/м·рік.

Не зупиняючись на моделі струмів, яка нам видається малоімовірною у зв'язку з тим, що важко запропонувати механізм постійного збільшення струму в такій відносно вузькій витягнутій області верхньої мантиї Землі протягом 50 років, розглянемо "магніто-мінералогічну" природу отриманої аномалії.

Для магніто-мінералогічного забезпечення запропонованих моделей необхідно розглянути можливість та умови існування в глибинах магнітних мінералів, які можуть створювати відповідні магнітні аномалії. Згідно з петромагнітною моделлю літосфери [14, 27], у глибинних зонах земної кори та верхньої мантиї Землі є кілька мінералів, які можуть зберігати магнітні властивості: магнетит Fe_3O_4 з температурою Кюрі $T_c=585^\circ\text{C}$ (вище якої магнетит втрачає магнітні властивості), гематит ($T_c=700^\circ\text{C}$) та самородне залізо $\alpha\text{-Fe}$ ($T_c=760^\circ\text{C}$). Також можуть бути присутні сплави металів, зокрема заліза й кобальту, заліза й міді та заліза й нікелю, які утворюються у високовідновлювальному середовищі. Яким же чином ці магнітні мінерали можуть бути на глибинах, отриманих за результатами інтерпретації? Оскільки аномалія розташована у зоні зчленування Євразійської, з одного боку, та Філіпінської й Тихоокеанської плит – з другого, то можна прогнозувати заштовхування (занурення) літосфери (разом з океанічною корою) під літосферу континентального типу. Такий варіант "субдукційного" типу зчленування цих плит запропоновано за результатами томографічних досліджень [24]. У зв'язку з цим, можна запропонувати "температурно-магнітний" механізм, а саме – занурення у верхню мантию високо-магнітної океанічної кори (4–5 А/м), намагніченість якої зумовлена насамперед магнетитом, гематитом та самородним залізом [11, 21, 23]. Згідно з [14], океанічна кора має незначну потужність (8–15 км) зі збільшенням від серединно-океанських хребтів до зон субдукції. Намагніченість кори базальтового шару верхів кори та серпентинизованих перидотитів (гіпербазитів) її низів зумовлена, в основному, магнетитом та самородним

залізом [8]. За умов консервації термічного режиму цієї частини субдукованої літосфери, вона може залишатися магнітною впродовж мільйонів років. Отже, у верхній мантиї протягом тривалого часу на великих глибинах можуть знаходитися намагнічені блоки земної кори. Зміна магнітного поля над ними зумовлюється прогріванням цих блоків і досягненням по його краях температур, близьких до температури Кюрі магнетиту, гематиту та самородного заліза. Перед температурою Кюрі існує температурний інтервал, у межах якого магнітна сприйнятливість (намагніченість) породи зростає в декілька, а може й десятки-сотні, разів (т.з. ефект Гопкінсона). Саме цей процес може зумовлювати зростання геомагнітного поля перед подальшим його суттєвим зменшенням (для випадку прогріву всієї товщі вище температури Кюрі наявних магнітних мінералів). Отже, переміщення блоків океанічної літосфери та прогрівання до і вище температури Кюрі наявних магнітних мінералів можуть зумовлювати швидкі зміни мантийно-літосферної складової магнітного поля Землі.

Для серединно-океанських хребтів пропонується "флюїдогазово-магнітний" механізм накопичення магнітних мінералів у верхній мантиї та літосфері. Для обґрунтування даного механізму може бути використано модель глибинного флюїдного режиму, який має в своїй основі первинно-відновлювальний характер мігруючих із мантиї флюїдів та газів, головними компонентами яких є водень, окис кисню та метан. Взаємодія відновлювальних флюїдів з різними сполуками заліза та гірськими породами може приводити до відновлення $\alpha\text{-Fe}$ [8]. Ідеалізовано це можна записати таким чином:



У області низьких тисків та температур ($P=1$, 10 кбар, $T=600^\circ\text{C}$) стійким є парагенезис $\text{Fe} - \text{Fe}_3\text{O}_4$, а при високих значеннях – з'являється слабomagнітний – FeO [7]. Варто також зазначити, що запропоновані трансформації сполук заліза можуть протікати у зворотному напрямку за зміни окислювально-відновлювального режиму. Окрім такої перекристалізації магнітних мінералів за рахунок зміни окислювально-відновлювального режиму можливим є збагачення глибинних порід магнетитом та самородним залізом за рахунок привнесення заліза флюїдом з низьким рН. На теперішній час усе більше з'являється доказів, як теоретичних, так і експериментальних, гіпотези трансмантійних потоків газів та флюїдів [5, 9], за рахунок яких у верхній частині мантиї та літосфері Землі можуть відбуватися наведені вище трансформації магнітних мінералів. Можна вважати, що границі між літосферними плитами субдукційного та серединно-океанського типів, з одного боку, відображають зони таких потоків, а з іншого, – можна припустити структуроформуючу роль останніх стосовно сучасних структур та їх динаміки залежно від особливостей будови верхньої мантиї та літосфери.

Запропоновані на якісному рівні можливі "магніто-мінералогічні" механізми взаємозв'язку сейсмічності Землі з динамікою мантийно-літосферної складової головного магнітного поля Землі, а саме: а) занурення магнітних блоків літосфери у верхню мантию з подальшими змінами намагніченості за рахунок їх прогрівання та б) трансформація залізистих мінералів у магнітні чи немагнітні різновиди під дією відновлювальних флюїдів та газів, звичайно, потребують кількісних оцінок. Насамперед потрібна оцінка типу та намагніченості кори, а також швидкості її занурення у мантию, та розрахунок часу, необхідного для вирівнювання температури з мантийною. Такі ж оцінки потрібні й для другого механізму, але він видається більш імовірним, оскільки приуроченість розглянутої вище аномалії і до серединно-океанського хребта, й до зони субдукції може бути про-

інтерпретована змінами намагніченості за рахунок глибинних флюїдів та газів.

Висновки. Вперше виявлено приуроченість смуг та ділянок сучасної сейсмічної активності до областей суттєвого зростання "мантіїно-літосферної" компоненти Магнітного Поля Землі. В тектонічному плані вони приурочені до зон зчленування літосферних плит.

Запропоновано два механізми такого зв'язку: а) "температурно-магнітний", зумовлений зануренням магнітних блоків океанічної кори в зоні субдукції, з подальшою зміною намагніченості за рахунок прогрівання; б) "флюїдогазово-магнітний", який ґрунтується на утворенні та трансформації залізистих мінералів під впливом трансформативних газів та флюїдів. Обидва механізми дозволяють вперше, на рівні речовини та процесів у верхній мантії та літосфері зон зчленування літосферних плит, пояснити на якісному рівні як сейсмічність, так і динаміку "мантіїно-літосферного" геомагнітного поля. Альтернативним варіантом виявленого зв'язку може бути зростання міцності порід у більш інтенсивному магнітному полі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Возмущения геомагнитного поля при Сычуанском землетрясении 20 апреля 2013 г. (Ms=7.0) / А. Л. Собисевич, Е. А. Рогожин, Л. Е. Собисевич и др. // Геофиз. журн. – 2014. – №4(36) – С. 37–49.
2. Геомагнитные возмущения в вариациях магнитного поля Земли на этапах подготовки и развития Турецкого (08.03.2010 г.) и Северокавказского (19.01.2011 г.) землетрясений / Л. Е. Собисевич, К. Х. Канониди, А. Л. Собисевич, О. И. Мисеюк // Доклады АН (Геофизика). – 2013. – №1(449) – С. 93–96.
3. Гохберг М. Б. Воздействие землетрясений и взрывов на ионосферу / М. Б. Гохберг, С. Л. Шалимов. – М.: Наука, 2008. – 295 с.
4. Гуфельми А. В. О магнитных возмущениях перед сильными землетрясениями / А. В. Гуфельми, О. Д. Зотов // Физика Земли. – 2012. – №2. – С. 84–87.
5. Гуфельд И. Л. Метастабильность литосферы как проявление восходящей диффузии легких газов / И. Л. Гуфельд, Г. А. Гусев, М. И. Матвеева // ДАН. – 1998. – Т. 365, № 5. – С. 677–680.
6. Дослідження зв'язків сейсмічності Карпат з фазами 11-річного циклу сонячної активності і магнітними бурями з раптовим початком / В. Г. Кузнецова, В. Ю. Максимчук, Ю. М. Городиський та ін. // Геофиз. журн. – 2005. – № 5(27). – С. 849–856.
7. Лившиц Л. Д. Эффект роста остаточной намагниченности при нагревании юстиа / Л. Д. Лившиц, Д. М. Печерский, В. И. Трухин // Магнетизм горных пород и палеомагнетизм. – М.: ИФЗ АН СССР, 1969. – С. 13–15.
8. Орлюк М. И. Магнітна модель земної кори південного заходу Східно-Європейської платформи : автореф. дис. ... д-ра геол. наук / Орлюк М. И. – Київ, 1999. – 32 с.
9. Орлюк М. И. Глубинные источники региональных магнитных аномалий: тектонотипы и связь с трансформными разломами / М. И. Орлюк, И. К. Пашкевич // Геофиз. журн. – 2012. – Т. 34, № 4 – С. 224–234.
10. Орлюк М. И. Магнітна модель юго-западного края Восточно-Європейской платформы / М. И. Орлюк, И. К. Пашкевич // Геофиз. журн. – 1995. – №6(17). – С.31–36.
11. Орлюк М. И. Пространственные и пространственно-временные магнитные модели разноранговых структур литосферы континентального типа / М. И. Орлюк // Геофиз. журн. – 2000. – Т. 22., №6. – С.148–165.
12. Орлюк М. И. Структура и динамика главного магнитного поля Земли на ее поверхности и в ближнем космосе / М. И. Орлюк, А. А. Роме-нец // Odessa astronomical publications. – 2011. – Vol. 24. – P.124–129.
13. Орлюк М. И. Сейсмічність Землі та вікові зміни її головного магнітного поля / М. И. Орлюк, А. В. Марченко, А. О. Роме-нец // Геофізичні технології прогнозування та моніторингу геологічного середовища : Матер. VI Міжнар. наук. конференції. – Львів, 2016. – С. 202–204.
14. Петромагнітна модель літосфери : монографія / Ред. Д. М. Печерський. – К.: Наук. думка, 1994 – 175 с.
15. Сергеева Н. Г. Сильные землетрясения и их влияние на полярную нижнюю ионосферу / Н. Г. Сергеева, О. Ф. Оглоблина, С. М. Черняков // Вестник МГТУ. – 2009. – №2(12) – С. 328–337.
16. Собисевич Л. Е. Аномальные геомагнитные возмущения, наведенные катастрофическими цунамигенными землетрясениями в районе Индонезии / Л. Е. Собисевич, А. Л. Собисевич, К. Х. Канониди // Геофиз. журн. – 2012. – №5(34) – С. 22–37.
17. Собисевич Л. Е. Наблюдения УНЧ геомагнитных возмущений, отражающих процессы подготовки и развития цунамигенных землетрясений / Л. Е. Собисевич, К. Х. Канониди, А. Л. Собисевич // Доклады АН (Геофизика). – 2010. – №4(435) – С. 548–553.
18. Черноморские землетрясения конца декабря 2012 г. и их проявление в геомагнитном поле / А. Л. Собисевич, В. И. Старостенко, Л. Е. Собисевич и др. // Геофиз. журн. – 2013. – №6(35) – С. 54–71.
19. Щербина С. В. Корреляционный анализ связи динамики солнечной плазмы и процесса генерации землетрясений / С. В. Щербина // Геодинамика. – 2013. – №2(15). – С. 370–372.

20. Catalog Global CMT [Electronic resource]. – Режим доступу : <http://www.globalcmt.org>.

21. Dunlop D. Magnetic properties of rocks of the Kapuskasing uplift (Ontario, Canada) and origin of long-wavelength magnetic anomalies / D. Dunlop, O. Ozdemir, V. Costanzo-Alvarez // Geophysical Journal International. – 2010. – №183. – P. 645–658.

22. Geomagnetic Observations and Models / Eds. M. Manda, M. Korte. – 2011. – DOI: 10.1007/978-90-481-9858-0_13.

23. Kletetschka G. The role of hematite-ilmenite solid solution in the production of magnetic anomalies in ground- and satellite-based data / G. Kletetschka, P. Wasilewski, P. Taylor // Tectonophysics – 2002. – № 347. – P. 167–177.

24. Mapping the subducting Pacific slab beneath southwest Japan with Hi-net receiver functions / F. Niu, A. Levander, S. Ham, M. Obayashi // Earth and Planetary Science Letters. – 2005. – N 239. – P. 9–17.

25. On the Imminent Regional Seismic Activity Forecasting Using INTERMAGNET and Sun-Moon Tide Code Data / S. Mavrodiev, L. Pekevski, G. Kikuashvili et al. // Open Journal of Earthquake Research. – 2015. – №4. – P. 102–113. – DOI: 10.4236/ojer.2015.43010.

26. Pashkevich I. K. Magnetic model of the lithosphere and some problems of Geomagnetic Reference Field / I. K. Pashkevich, M. I. Orlyuk // 8th Scientific Assembly of IAGA : Abstracts. – Uppsala, 1997. – P. 485.

27. Wasilewski P. J. Magnetic petrology of deep crustal rocks – Ivrea Zone, Italy / P. J. Wasilewski, R. D. Warner // Earth and Planetary Science Letters. – 1988. – N 87. – P. 347–361.

REFERENCES:

1. Sobisevich A. L., Rogozhin E. A., Sobisevich L. E., Kanonidi K. Kh., Kendzera A. V., Marchenko A. V., Orlyuk M. I. (2014). Vozmushheniya geomagnitnogo polya pri Sychuanском землетрясении 20 aprelya 2013 g. (Ms=7.0). Geofizicheskij zhurnal, 4, 36, 37–49. [in Russian].
2. Sobisevich L. E., Kanonidi K. Kh., Sobisevich A. L., Misyuk O. I. (2013). Geomagnitnye vozmushheniya v variaciyakh magnitnogo polya Zemli na etapakh podgotovki i razvitiya Tureckogo (08.03.2010 g.) i Severokavkazskogo (19.01.2011 g.) zemletryaseny. Doklady AN (Geofizika), 1, 449, 93–96. [in Russian].
3. Gokhberg M. B., Shalimov S. L. (2008). Vozdeystvie zemletryaseny i vzryvov na ionosferu. Moscow: Nauka. [in Russian].
4. Gulelmi A. V., Zotov O. D. (2012). O magnitnykh vozmushheniyakh perez silnymi zemletryasenyami. Fizika Zemli, 2, 84–87. [in Russian].
5. Gufel'd I. L., Gusev G. A., Matveeva M. I. (1988). Metastabil'nost' litosfery kak proyavlenie voskhodyashchey diffuzii legkikh gazov. DAN, 365, 5, 677–680. [in Russian].
6. Kuznecova V. G., Maksymchuk V. Ju., Gorodyskiy Ju. M., Nikiforova N. M., Pronyshyn R. S. (2005). Doslidzhennya zvyazkiv seysmichnosti Karpat z fazamy 11-richnogo cyklu sonjachnoyi aktivnosti i magnitnymi burjamy z raptovyim pochatom. Geofizichnyy zhurnal, 5, 27, 849–856. [in Ukrainian].
7. Livshits L. D., Pecherskiy D. M., Trukhin V. I. (1969). Effekt rosta ostatochnoy namagnichennosti pri nagrevanii vyustita. In Magnitizm gornnykh porod i paleomagnetizm. (pp. 13–15). Moscow, IFZ AN SSSR. [in Russian].
8. Orlyuk M. I. (1999). Magnitna model' zemnoy kory pivdennoho zahodu Shidno-Evropejs'koj platformy. Extended abstract of Doctor's thesis. Kyiv. [in Ukrainian].
9. Orlyuk M. I., Pashkevich I. K. (2012). Glubinnye istochniki regional'nykh magnitnykh anomalij: tektonotipy i svyaz' s transkorovymi razlomami. Geofizicheskij zhurnal, 34, 4, 224–234. [in Russian].
10. Orlyuk M. I., Pashkevich I. K. (1995). Magnitnaya model yugo-zapadnogo kraja Vostochno-Evropejskoy platformy. Geofizicheskij zhurnal, 6, 17, 31–36. [in Russian].
11. Orlyuk M. I. (2000). Prostranstvennye i prostranstvenno-vremennye magnitnye modeli raznorangovykh struktur litosfery kontinental'nogo tipa. Geofizicheskij zhurnal, 22, 6, 148–165. [in Russian].
12. Orlyuk M. I., Romanets A. A. (2011). Struktura i dinamika glavnogo magnitnogo polya Zemli na ee poverkhnosti i v blizhnem kosmose. Odessa astronomical publications, 24, 124–129. [in Russian].
13. Orlyuk M. I., Marchenko A. V., Romanets A. O. (2016). Seysmichnist Zemli ta vikovi zminy yiyi golovnoho magnitnogo polya. Geofizichni tehnologiyi prognovuvannya ta monitoryngu geologichnoho seredovyscha: Materialy VI Mizhnarodnoyi naukovoyi konferenciyi (20–23 veresnja 2016). (pp. 202–204). Lviv. [in Ukrainian].
14. Pecherskiy, D.M. (Ed.). (1994). Petromagnitnaya model litosfery: monografiya. Kyiv: Naukova dumka. [in Russian].
15. Sergeeva, N.G., Ogloblina, O.F., Chernyakov, C.M. (2009). Silnie zemletryaseny i ikh vliyanie na polarnuyu nizhnyuyu ionosferu. Vestnik MGTU, 2, 12, 328–337. [in Russian].
16. Sobisevich L. E., Sobisevich A. L., Kanonidi K. Kh. (2012). Anomalnie geomagnitnie vozmushcheniya, navedennie katastroficheskimi cunamigennymi zemletryasenyami v rajone Indonezii. Geofizicheskij zhurnal, 5, 34, 22–37. [in Russian].
17. Sobisevich L. E., Kanonidi K. Kh., Sobisevich A. L. (2010). Nablyudeniya UNCh geomagnitnykh vozmushheniy, otryazhayushchikh procesy podgotovki i razvitiya cunamigennykh zemletryaseny. Doklady AN (Geofizika), 4, 435, 548–553. [in Russian].
18. Sobisevich A. L., Starostenko V. I., Sobisevich L. E., Kendzera A. V., Shuman V. N., Volfman Ju. M. et al. (2013). Chernomorskie zemletryaseny konca dekabrya 2012 g. i ikh proyavlenie v geomagnitnom pole. Geofizicheskij zhurnal, 6, 35, 54–71. [in Russian].
19. Shcherbina S. V. (2013). Korrelyacionnyy analiz svyazi dinamiki solnechnoy plazmy i processa generacii zemletryaseny. Geodinamika, 2, 15, 370–372 [in Russian].

20. Catalog Global CMT. www.globalcmt.org. Retrieved from <http://www.globalcmt.org>.

21. Dunlop D., Ozdemi, O., Costanzo-Alvarez V. (2010). Magnetic properties of rocks of the Kapuskasing uplift (Ontario, Canada) and origin of long-wavelength magnetic anomalies. *Geophysical Journal International*, 183, 645–658.

22. Manda M., Korte M. (Eds.). (2011). *Geomagnetic Observations and Models*. DOI: 10.1007/978-90-481-9858-0_13.

23. Kletetschka G., Wasilewski P., Taylor P. (2002). The role of hematite-ilmenite solid solution in the production of magnetic anomalies in ground- and satellite-based data. *Tectonophysics*, 347, 167–177.

24. Niu F., Levander A., Ham S., Obayashi M. (2005). Mapping the subducting Pacific slab beneath southwest Japan with Hi-net receiver functions. *Earth and Planetary Science Letters*, 239, 9–17.

25. Mavrodiev S., Pekevski L., Kikuashvili G., Botev E., Getsov P., Mardirossian G. et al. (2015). On the Imminent Regional Seismic Activity Forecasting Using INTERMAGNET and Sun–Moon Tide Code Data. *Open Journal of Earthquake Research*, 4, 102–113.

26. Pashkevich I. K., Orlyuk M. I. (1997). Magnetic model of the lithosphere and some problems of Geomagnetic Reference Field. 8th Scientific Assembly of IAGA. Abstracts. (p. 485). Uppsala.

27. Wasilewski P. J., Warner R. D. (1988). Magnetic petrology of deep crustal rocks – Ivrea Zone, Italy. *Earth and Planetary Science Letters*, 87, 347–361.

Надійшла до редколегії 12.07.16

Orlyuk M., Dr. Sci. (Geol), Chief of the Department of Geomagnetism

E-mail: orlyuk@igph.kiev.ua,

Marchenko A., Research Associate,

E-mail: andrey_marchenko@ukr.net,

Romenets A., Research Associate,

E-mail: romenets@ukr.net,

Subbotin Institute of Geophysics

National Academy of Sciences of Ukraine

32 Acad. Palladina Ave., Kyiv, 03680 Ukraine

EARTH'S SEISMICITY AND SECULAR CHANGES OF ITS MAGNETIC FIELD

Analysis of temporal changes in Earth's magnetic field and its seismicity for the period from 1950 to 2000 was performed. For the analysis the main magnetic field of the Earth BIGRF-10 with a spherical harmonic to degree and order 13 was used, which allows us to study the characteristics of magnetic anomalies with dimensions in the first thousand kilometers. Temporal changes in the geomagnetic field for the period from 1950 to 2000 were divided into conditional long-wave "nuclear" and short "mantle-lithosphere" components. The planet, on the whole, showed a lower seismicity of south-western hemisphere, which is characterized by a significant reduction in "nuclear" part of the field, as compared with the north-eastern hemisphere. For the first time the connection between areas with high seismic activity and areas of positive growth "mantle-lithosphere" component of the geomagnetic field was traced, which correspond to the zones of tectonic joints of lithospheric plates. The following two communication mechanisms: (a) the "temperature-magnetic", due to immersion of the magnetic blocks of the oceanic crust in a subduction zone, followed by a change in magnetization due to their warm-up; (b) "fluid-gas-magnetic", based on the formation and transformation of ferrous minerals under the influence of transmantle gases and fluids were proposed. Trans-mantle gases and fluids can play structures-formative role in relation to the modern geological and tectonic processes in the areas of joints of lithospheric plates.

Key words: Earth's magnetic field, seismicity, lithospheric plates, magnetization, fluids.

Орлюк М., д-р геол. наук, зав. отделом геомагнетизма,

E-mail: orlyuk@igph.kiev.ua,

Марченко А., млад. науч. сотрудник,

E-mail: andrey_marchenko@ukr.net,

Роменец А., млад. науч. сотрудник,

E-mail: romenets@ukr.net,

отдел геомагнетизма,

Институт геофизики им. С.И. Субботина

Национальной Академии наук Украины,

пр. Акад. Палладина, 32, г. Киев, 03680 Украина

СЕЙСМИЧНОСТЬ ЗЕМЛИ И ВЕКОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЕЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Выполнен анализ временных изменений магнитного поля Земли и ее сейсмичности для периода 1950–2000 гг. Для анализа использовано главное магнитное поле Земли BIGRF-10 с длиной сферического ряда – 13 гармоник, которое позволяет изучать характерные особенности магнитных аномалий с размерами в первые тысячи километров. Временные изменения геомагнитного поля за период 1950–2000 гг. были разделены путем их осреднения на условно длинноволновую "ядерную" и коротковолновую "мантийно-литосферную" составляющие. Для планеты в целом выявлена меньшая сейсмичность юго-западной гемисферы, которая характеризуется существенным уменьшением "ядерной" части поля, по сравнению с северо-восточной гемисферой. Впервые установлена связь между участками с повышенной сейсмической активностью и областями положительного прироста "мантийно-литосферной" компоненты геомагнитного поля, которые в тектоническом отношении соответствуют зонам сочленения литосферных плит. Предложены два механизма такой связи: а) "температурно-магнитный", обусловленный погружением магнитных блоков океанической коры в зоне субдукции с последующим изменением намагниченности за счет их прогрева; б) "флюидогазово-магнитный", основанный на образовании и трансформации железистых минералов под влиянием трансмантийных газов и флюидов. Можно предположить структуроформирующую роль трансмантийных газов и флюидов относительно современных геологических структур и их динамики в областях сочленения литосферных плит.

Ключевые слова: магнитное поле Земли, сейсмичность, литосферные плиты, намагниченность, флюиды.