УДК 523.22/550.2

Володимир ГНІДЕЦЬ

ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ЗЕМЛІ В АСПЕКТІ ЕВОЛЮЦІЙНО-ПУЛЬСАЦІЙНИХ МІЖПЛАНЕТНИХ ВЗАЄМОДІЙ

Пропонується концептуальна еволюційно-пульсаційна модель формування і розвитку Землі, яка не суперечить сучасним планетарним та геологічним знанням. Грунтується вона на основних положеннях групи „небулярних“ теорій походження Сонця (зірки) і „протопланетної“ моделі формування планет Камерона, доповнених оригінальним підходом до природи енергетичного потенціялу динамічних процесів, які відповідають загалом за формування зоряних та планетних утворень. До останніх належать гравітаційні сили міжпланетних взаємодій, які проявляються, з одного боку, в еволюційно-поступальних орбітових рухах планет (супутників), а з другого — у варіяціях об'єму та термобаричного режиму надр зірок (планет). Із цих позицій, закономірних змін орбітових рівнів планет та їхніх супутників у часі й подана історія розвитку Землі, а також виділені основні етапи її становлення: зародження — 8—9 млрд. років тому, на віддалі 40—45 астрономічних одиниць[*] (а.о.); зони трансформації з планети „льодової“ групи в „кам'яну“ — 8—5,5 млрд. років, 5,0—3,1 а.о.; „червоної“планети (марсіянський підетап) — 3,6—2,0 млрд. років, 2,1—1,5 а.о.; „голубої“ планети (сучасний підетап) — 2,0 млрд. років тому — 0,3 млрд. років у майбутнє, 2,1—0,85 а.о.; „сірої“ планети (венеріянський підетап) — 0,85—0,5 а.о.; „чорної“ планети (меркуріянський підетап) — 0,5—0,05 а.о.; руйнування Землі — орбітальний рівень 0,05 а.о. Стверджено, що характер геодинамічних процесів залежить від орбітального рівня Місяця. Його пульсаційно-поступальні орбітові порухи зумовлюють пульсацію об'єму Землі й таким чином визначають характер, інтенсивність, спрямованість та ритмічність тектоно-магматичних процесів.

Упродовж багатотисячолітньої історії свого розвитку людство створило чимало моделей формування і розвитку Сонця та планет його системи [1, 2]. Розробляли їх переважно дослідники, які безпосередньо вивчали окремі властивості зоряних систем та їхнє населення. Але, на наш погляд, планети та зірки — це продукт сукупної взаємодії комплексу довгоперіодичних динамічних процесів, які не підлягають прямому виявленню та вивченню сучасними методологічними прийомами і котрі не згортаються після створення зірки чи планет, а еволюціонують, триваючи аж до загибелі (руйнування) останніх. Тому кожна ідея формування Зоряної системи повинна пояснювати закономірності ланцюжка зародження-життя-смерть-зародження як самої зірки, так і планет її населення, а прямі або побічні докази існу-

[*] Астрономічна одиниця (а.о.) відстані, дорівнює величині великої півосі земної орбіти, що відповідає $1{,}49597870\times10^{11}$ м [9].

вання цих динамічних процесів мають знайти своє відображення у більш як 4,5-мільярдолітньому геологічному літописі. Проведений нами в цьому плані аналіз геологічних матеріялів у комплексі з наявними даними порівняльної планетології не тільки підтвердив правильність висловлених припущень, а й дав змогу побудувати на цій основі логічну модель формування Сонця та планет його системи.

Сучасні теорії формування Сонячної системи

Як підкреслює більшість дослідників [3, 4], на сьогодні не існує остаточно сформованої моделі, здатної пояснити всі особливості Сонячної системи від її первородного стану. Найбільш життєздатною є група сучасних небулярних теорій, об'єднаних уявленнями, згідно з якими Сонце та планети утворилися з єдиної туманности (небули) як природний продукт її еволюції під дією гравітаційних або ще якихось сил [3—8 та інші]. Різницю між ними відмічено лише на рівні обґрунтування окремих епізодів розвитку нашої системи або за динамікою процесів, що їх зумовлюють.

Узагальнений варіянт формування Сонця та планет його системи, складений на основі кількох небулярних теорій, у трактуванні Дж. Вуда [4], І. Шкловського [5] та інших дослідників має такий вигляд:

1. формування Сонячної системи відбувалося з пилогазової хмари (туманности, небули), яка була на межі гравітаційної рівноваги. Хмара мала практично кульову форму діяметром у декілька світлових років та масою 1—3 M_c (M_c — маса Сонця). Складалася вона з газу (98 % загальної маси хмари, гелієво-воднева суміш), пилового матеріялу (метали — Fe, Ni; сульфіди, графіт та інші сполуки), покритого льодовою кіркою (H_2O, CH_4 та інші);

2. вибух супернової зірки біля самої хмари зумовив збагачення останньої певною кількістю (близько 2—5 %) важких радіоактивних елементів й ініціював колапс. Речовина хмари, спочатку під дією ударної хвилі, а далі гравітаційних сил, групується у центральній її частині, формуючи Протозірку. Цей процес супроводжується розігріванням хмари й ініціює формуванням диску обертання — Сонячної туманности. Зовнішні оболонки останньої набирають еліптичних орбіт відносно центральної, щільнішої та розігрітої маси;

3. на стадії гравітаційної нестійкости туманности (пункт 2) виділено дві фази — швидкого та повільного стиснення, тривалість яких — 70 млн. років. На завершальних етапах повільного стиснення, коли температура центральних частин Протозірки досягає 800000 °К, починається термоядерна реакція „горіння" водню (синтез гелію), тобто формується уже стандартна зірка — Сонце. Тиск газу в його центральних частинах стабілізує гравітаційне стиснення, і зірка вступає у фазу гравітаційної рівноваги й виходить на головну послідовність Герцшпрунґа-Рессела. На цьому етапі, за сучасними даними, Сонце може перебувати близько 10 млрд. років.

4. теплове випромінювання щойно сформованої зірки зумовлює процес фракціонування пилогазової суміші туманности. Її легші фракції (водень, гелій, літій та інші елементи) концентруються у зовнішній частині, тоді як важкі (залізо, силікати та інші елементи і сполуки) — у внутрішній. Вважається, що цей процес і зумовив структурно-речовинну спеціялізацію планет „льодової" та „кам'яної" груп.

Якщо процес формування зірки з колапсуючої туманности теоретично більш-менш обґрунтований, а окремі його етапи навіть знайшли своє безпосереднє

підтвердження у спостереженнях (встановлено: існування пилогазових туманностей; зірок, які перебувають на стадії повільного стиснення — стадія Т-Тільця; дископодібних газових туманностей навколо деяких зірок; інші факти [8]), то механізм формування планет її населення ще далекий від свого вирішення. На сьогодні загальноприйнятими є дві моделі формування планет Сонячної системи. Одна з них — „протопланетна“ — ґрунтується на уявленнях, що їх розвивають Камерон та інші дослідники [4, 7], друга — „планетозимальна“ — Шмідта, Сафронова [7] або Хаясі [4, 7]:

5. згідно з „планетозимальною“ моделлю частина речовини Сонячної туманності, яка не увійшла в гаряче внутрішнє ядро, під дією тих чи інших процесів розподіляється у вигляді кілець на віддалях, що відповідають сучасним планетарним. Конденсація, зіткнення, склеювання та інші види злипання пило-газових частинок у межах кожного з кілець зумовлюють формування планетозималів — планетних тіл розміром до 5 км. Подальше зростання маси та об’єму останніх забезпечують уже сили гравітаційного тяжіння. При тому, залежно від прийнятої моделі, формування планетозималів відбувалося або у вакуумі після розсіювання та диференціації речовини навколозіркової туманности сонячним випромінюванням (модель Шмідта, Сафронова), або в умовах існування доволі щільної пилогазової туманности ще до вступу Прото-Сонця у фазу Т-Тільця (модель Хаясі);

6. згідно з „протопланетною“ моделлю Камерона в зовнішніх охолоджених частинах навколозіркової туманности (ще до вступу зірки у стадію Т-Тільця) унаслідок гравітаційної нестабільности на певних орбітових рівнях формуються гелієво-водневі стяжіння — протопланети. Останні за масою та внутрішньою будовою відповідають сучасним планетам „льодової“ групи. Льодовий та пилуватий матеріял, пронизуючи газову оболонку протопланет, концентрується у центральній її частині, формуючи спочатку льодове, а далі й залізосилікатне ядро. У подальших фазах свого розвитку протопланета або під дією інтенсивного сонячного випромінювання (вітру) або гравітаційних сил, зумовлених взаємодією Сонця (стадія Т-Тільця) і протопланет, флюїдна облямівка протопланет внутрішньої зони дисипує — формуються планети „кам’яної“ земної групи;

7. планети земної групи на пізніх стадіях акреції відбули етап сильного розігрівання. Прогнозується [7, 10—13], що даний процес зумовлювався або кінетичною (ударною) енергією планетозималів, які падали на планету, та розпадом радіоактивних ізотопів, що їх успадкувала туманність після розпаду супернової зірки („планетозимальна“ модель), або гравітаційною (припливною) взаємодією протопланети та її супутників („протопланетна“ модель). Відбувається диференціяція щодо щільности речовини надр планет з одночасним формуванням важкого залізонікелевого ядра, розплавленої мантії та легкої тонкої силікатної кори;

8. згідно з розглянутими моделями (пункти 1—7) на формування зірки та планет її населення відводиться декілька сотень мільйонів років [1].

Як „протопланетна“, так і „планетозимальна“ модель мають, за оцінками самих авторів, „напівкількісний“ характер. Кожна з них добре пояснює окремі особливості Сонячної системи. Сучасні дані про планети-гіганти дають підстави говорити про переваги „протопланетної“ концепції, за допомогою якої добре обґрунтовуються процеси формування їхніх регулярних супутників („Сонячні системи в мініатюрі“). Водночас на користь „планетозимальної“ моделі свідчать дані про планети земної групи (ряд геохемічних, геофізичних та інших параметрів).

Аналіз вищезгаданих теорій формування Сонця та планет, на нашу думку, дає змогу констатувати відсутність у них механізму, який підтримував би протягом доволі тривалого часу (близько 5,0 млрд. років) у русі всю систему.

Безперечно, колапс пилогазової хмари, зумовлений вибухом супернової зірки, ініціював її обертання з наданням останній диспоподібної форми. Проте кутовий момент цього обертання мав би бути настільки значний, що розробникам концепції для запобігання втратам пилогазової суміші туманністю, довелося вводити механізм його відведення [1, 4, 7]. Водночас, за теперішніми уявленнями, уже як мінімум 5,0 млрд. років Сонце, сформоване з цієї хмари, перебуває у стані рівноваги між силами тяжіння, спрямованими всередину, та дією температури, спрямованої назовні. Пульсації об'єму Сонця та зміни орбітальних рівнів планет у наведених моделях неможливі. За цей період без додаткового зовнішнього впливу або якогось внутрішнього механізму кутовий момент зоряної системи, — під дією гравітаційних, електромагнітних чи інших сил, — мав би бути видалений із неї. Але того не спостерігається, що свідчить на користь існування динамічного процесу, який підтримує у русі всю Сонячну систему. Нам уявляється, що таким механізмом могли би бути *еволюційно-пульсаційні сили міжпланетних взаємодій.*

У колапсуючій хмарі гравітаційна енергія переходить у теплову. Але якщо на початкових етапах стиснення (стадія швидкого стиснення) цей процес супроводжувався виведенням теплової енергії, то далі (на стадії повільного стистення) унаслідок зростання щільности хмари температура в його центрі починає скоро зростати. При досягненні певних значень її спрямована назовні дія протидіє силам тяжіння, які спрямовані всередину. Хмара стискається, термобаричний режим її надр зростає і, зрештою, урівноважує тиск. Але у зв'язку з інерцією цього процесу на момент рівнодії температура перевищує необхідну, що зумовлює розширення хмари. Останнє, своєю чергою, призводить до розущільнення хмари та зниження параметрів термобаричного режиму її центральної зони. Цей процес триває аж до досягнення хмарою нижньої точки рівнодії, переходить її й ініціює стиснення хмари. З відокремленням від хмари протозірки (центрального гарячого ядра) та генетично пов'язаного з нею протопланетного диску (зовнішньої холоднішої оболонки), а потім і протопланет, описуваний динамічний процес набуває трохи інших рис.

Розширення протозірки унаслідок зростання термобаричного режиму її надр зумовлює передачу її кутового моменту та енергії планетній системі, а також перехід останньої на вищий орбітальний рівень. Об'єм зірки зростає, термобаричний режим знижується, знижується і швидкість її обертання навколо своєї осі. За нижньою точкою рівнодії розпочинається зворотний процес, який протікає з передачею кутового моменту та енергії орбітального руху планет Сонцю. Зростає швидкість обертання останнього навколо своєї осі, зменшується радіюс, збільшується щільність. Унаслідок переходу кінетичної енергії планет у тепло зірки зростає жорсткість термобаричного режиму її надр. Цикл завершено. Починається новий цикл.

Цей динамічний процес повторювався би знову й знову до безконечности. Але внаслідок накопичення при кожному стисненні залишкової напруженості зірки (поступове ущільнення речовини) закономірно зростає і сила її припливної дії на планетну систему, що зумовлює поступове (еволюційне, спіралеподібне) зниження орбітового рівня планет та, по досягненню ними межі Роша [9] (2,8 — радіюсу Сонця), їхню руйнацію.

Аналогічні вищеописаному і процеси, які відбуваються у планетних супутникових системах, оскільки останні — це „Сонячні системи в мініатюрі“.

У геологічному літописі видається можливим намітити кілька подій, природа яких може бути пояснена з позицій узятої за основу „протопланетної“ моделі Камерона і запропонованої концепції еволюційно-пульсаційних міжпланетних взаємодій, що тим самим свідчить на користь правдивості наших суджень. Умовно, оскільки протікають вони одночасно, ці геологічні події можна розділити на дві групи: ініційовані закономірним зниженням орбітового рівня Землі й ініційовані варіяціями радіюса орбіти Місяця.

Формування і розвиток Землі як планети Сонячної системи

З огляду на положення „протопланетної“ моделі Камерона, зародження Землі відбувалося у межах зовнішніх охолоджених зон протопланетної хмари. Спочатку це планета, речовинним складом і внутрішнєю структурою планети-гіганти — Сатурн або Юпітер. Під потужним гелієво-водневим атмосферним шаром у жорстких термобаричних умовах, спричинених припливними взаємодіями планети та її численних супутників, відбувалися поступове накопичення та диференціяція залізосилікатного ядра планети. Далі характерні гравітаційні взаємодії уже Сонця і планети, які проявлялися, з одного боку, в еволюційно-пульсаційних орбітових порухах планети, а з другого — у варіяціях об’єму та термобаричного режиму надр зірки, зумовили поступове закономірне зниження орбітового рівня планети і дисипацію під дією сонячного енергетичного та радіоактивного випромінювання (вітру) її первинного флюїдного чохла. Формується сучасний образ Землі — планети „кам’яної“ групи з притаманними їй речовинним складом і внутрішньою будовою.

В ідеальному випадку описаний процес охоплює орбітальний пояс від 40—30 (межа Сонячної системи) до 1 а.о. (сучасний орбітовий рівень). Тобто, Земля у своєму розвитку пройшла стадії „льодових“ — від Плутона до Юпітера (40—5,2 а.о.), зони трансформації, а також зони „кам’яних“ планет — пояса астероїдів (2,8 а.о.) та Марса (1,52 а.о.). При тому зона трансформації Протопланет у Планети, зважаючи на сучасний рівень формування кометних хвостів (сублімації льоду CH_4, CO_2, H_2O та інших летких сполук із поверхні комет), яка перебуває у діяпазоні 5,0—2,5 а.о. [7, 14], найвірогідніше, припадає на середню частину цього інтервалу: 4,0—3,0 а.о. Час проходження Землею усього виділеного орбітального поясу або, що те ж саме, — час зародження нашої планети в розглянутій моделі повинен значно відрізнятися, у бік збільшення, від загальноприйнятого.

Як відомо, сьогодні вік Сонячної системи й Землі, зокрема, оцінюється у 4,5—5,0 млрд. років [1—3, 9]. Ці значення ґрунтуються на моделі одночасного формування зірки і планет її системи, а також отриманих максимальних оцінок віку земних та місячних порід, віку метеоритів, що впали на нашу планету, з урахуванням обмежень, пов’язаних з часом формування усіх важких ізотопів.

При тому:

1. загальноприйнятий максимальний вік земних порід становить 4,0—3,8 млрд. років [10, 12 та інші];

2. час формування місячного реголіту 4,5 млрд. років, а вік зразків із його континентальних областей 4,0—3,1 млрд. років. Між даними віковими інтервалами на Місяці не відбувалося формування будь-яких утворень, як нема і їхніх молодших аналогів (молодших за 3,1 млрд. років) [7, 11, 15, 16];

3. час консолідації основної маси „кам'яних" та „залізних" метеоритів — у межах 3,6—4,7 млрд. років. При тому вік „залізних" метеоритів, отриманих за допомогою аргонового методу, доволі часто досягає 6,0—7,0 млрд. років [4, 5, 7];

4. вік важких ізотопів (вище ^{209}Bi), формування яких відбувається тільки при r-процесі (вибух супернової зірки), оцінюється різними авторами у 8,5—11,5 млрд. років [15]. Вважається, що при формуванні Сонячної системи бере участь речовина другої або навіть третьої генерації, яка вже пройшла зоряну стадію й повернулася у туманність [7, 17];

5. зважуючи на хемічний склад (пункт 4) і положення на головній послідовності Сонця, воно не є ровесником Галактики; воно молоде, хоч і належить до старих зірок. Вік його, за доволі приблизними оцінками відношення водню та отриманого з нього внаслідок термоядерної реакції синтезу гелію, становить 5 ± 1—2 млрд. років [4, 7, 9].

З вищенаведеного викладу матеріялів і намічають граничні значення віку Сонячної системи в діяпазоні від 5,0 (пункти 1—3) до 9,0—10,0 млрд. років (пункти 4—5). І якщо у „планетозимальній" моделі формування планет вік 5,0 млрд. років справді міг відповідати часу їх зародження, то у „протопланетній" — це час виходу Землі й Місяця із зони трансформації (початок геологічного літопису, але не час зародження планети). І як довго наша планета перебувала на протопланетній стадії — нам достеменно невідомо.

Вирішення цього питання, на наш погляд, можливе в історично-геологічному аспекті. Як відомо [11], на початку силуру (440 млн. років тому), коли, як буде показано далі, швидкість обертання Землі навколо своєї оси була тотожна теперішній (тривалість доби співмірна), тривалість року становила 410 ± 10 діб, що відповідає орбітальному рівню 1,12 а.о. Розподіляючи отриману швидкість зміни орбітального рівня Землі відповідно до правила планетних відстаней (Тіціуса-Боде [9]), отримаємо: 8—9 млрд. років тому Прото-Земля перебувала на межі Сонячної системи (40—45 а.о.); 6,5—5,5 млрд. років тому — на орбіті Юпітера (5,5—5,0 а.о.); 5,5—4,6 млрд. років тому — в зоні трансформації (5,0—3,0 а.о.), а в інтервалі 3,6—2,0 млрд. років тому — на орбітальному рівні Марса (2,5—1,5 а.о., рис. 1). Отримані значення доволі точно відповідають необхідним вищеобґрунтованим, що також підтверджує правильність наших викладок.

Дисипація первинної потужної гелієво-водневої оболонки Прото-Землі та зниження жорсткости термобаричного режиму її надр, ініційовані процесами, які домінували в зоні трансформації, зумовили специфічні тектоно-магматичні та палеогеографічні умови, що вже знайшло своє відображення у геологічному літописі й, зокрема, у структурно-речовинній спеціялізації утворень того часу. До останніх, на нашу думку, належать супракристалеві породи (знизу догори) Ієнгрського, Федорівського, Сутамського, Слюдянського та Ісуанського літолого-стратиграфічних комплексів катархейської групи. За Салопом [10], це меланократові амфіболові, амфібол-піроксенові та піроксенові плагіогнейси, кристалічні сланці та амфіболові, біотитові, гранат-біотитові, силіманітові гнейси, а також кварцити. У верхній частині розрізу з'являються мармури (доломітового та кальцитового складу), графітові гнейси, іноді кристалосланці та метаморфізовані залізовмісні породи і лише у верхній частині розрізу (Ісуанський літолого-стратиграфічний комплекс, вік якого 4,0—3,9 млрд. років) спостерігаються товщі грубоуламкових утворень (псаміти, псефіти). Усі утворення метаморфізовані в умовах гранулітової та амфіболітової фацій. Загальна потужність порід катархейської групи досягає 15 км.

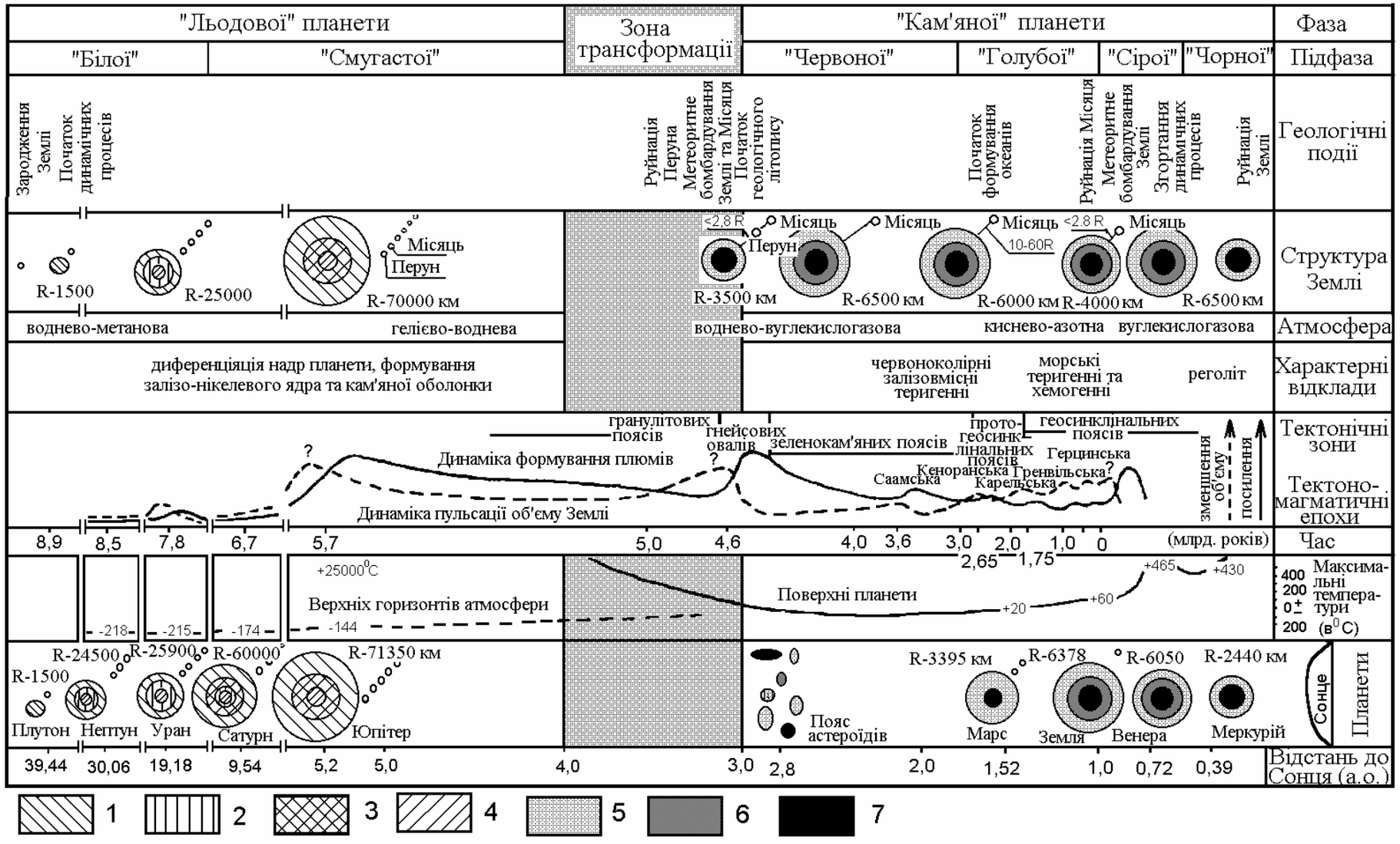

Рис. 1. Просторово-вікова шкала й основні етапи становлення Землі як планети Сонячної системи. Модель Сонячної системи і будови її планет за Е. Кінгом [15].
Структура планет-гігантів (1—4): 1—гелій та водень; 2 — льодовий компонент; 3 — металізований водень; 4 — кам'яний матеріял та силікати. Структура планет земної групи (5—7): 5 — кам'яний матеріял; 6 — розплав; 7 — залізо з можливими домішками.

Перехідний (від юпітеріянських [4, 7, 11, 16, 18, 19] до земних [10—13, 20]) характер вищеописаних катархейських утворень підтверджується:

1. витриманістю на значних площах речовинного складу порід і структури розрізу літолого-стратиграфічних комплексів, що свідчить про домінування на поверхні планети однотипних фізико-географічних умов за відсутности відокремлених седиментаційних басейнів та денудаційних ареалів. Останні з'являються тільки на рубежі 4,0—3,9 млрд. років тому, що й фіксується накопиченням псамітів Ісуанського комплексу. Дані умови добре корелюються із сучасними юпітеріянськими, для яких характерний рівномірний розподіл речовини як за глибинними горизонтами, так і за площею;

2. характерною послідовністю, яка простежується в описаних розрізах практично всіх реґіонів світу, від переважно кременистих утворень у нижній частині катархею до кременисто-карбонатних із домішкою евапоритів у верхній. Останнє свідчить як про послаблення жорсткости термобаричного режиму, так і про суттєву перебудову в хемічному складі атмосфери та гіпотетичної ліквосфери*;

3. максимальним за всю геологічну історію метаморфізмом порід в умовах гранулітової та амфіболітової фацій, групуванням видовжених та куполоподібних складок у реґіональні ізометричної та неправильної форми у плані поля, домінуванням пластичних форм деформації, що однозначно свідчать про підвищений порівняно із сучасним термобаричний режим, який існував у цей час на поверхні планети та в її надрах.

Зменшення маси Землі в зоні трансформації, — унаслідок дисипації потужної первинної гелієво-водневої оболонки, — безперечно відбивається і на характері гравітаційних взаємодій планети з її численними супутниками та астероїдами, котрі були, як і в Юпітера сьогодні, у так званих точках Лагранжа [16, 19]. З усіх представників останніх (10—16 супутників, сотні астероїдів) на навколоземній орбіті залишаються, вірогідно, тільки два „кам'яні" супутники — Перун і Місяць, які мали на описуваний час (4,8—4,9 млрд. років тому) найнижчий орбітовий рівень. Усі інші малі тіла переходять на нові орбіти, частина з яких перетинається з орбітою Землі, зумовлюючи інтенсивне метеоритне бомбардування поверхні планети та наближених супутників. У місячній геології ці події фіксуються тільки у віковому інтервалі 4,2—3,0 млрд. років тому, за максимально розвинутого процесу — 4,1 — 3,9 млрд. років тому [7, 11, 15, 16, 18].

Судячи з характерних припливних взаємодій супутників і Землі, основні особливості яких будуть розглянуті далі, приблизно 4,7—4,6 млрд. років тому Перун підійшов до своєї межі Роша і руйнується. Його великі уламки падають на поверхню планети та видимий бік Місяця, а відносно дрібні фракції формують кільця, морфологія яких практично тотожна сучасним кільцям Юпітера. Сліди цієї катастрофічної події розподілені на поверхні Землі у вигляді вузького у плані пояса, який трасує орбіту метеоритної хмари, або, що те ж саме, орбіту загиблого супутника. Вірогідно, що утворені внаслідок цього процесу на поверхні Землі структури — кратери викиду, які характеризуються підвищеною щільністю базальтової основи, надалі стали жорсткими центрами („центри кристалізації"), навколо яких і відбувалося нарощення континентальної кори [12, 13, 21—25]. Руйнування вищеопи-

* Liquid — рідина.

саного метеоритного кільця Землі передбачається у подальшій фазі зменшення орбітального рівня Місяця (3,9—3,7 млрд. років тому).

На Місяці метеоритні кратери — періоду руйнації Перуна (4,7—4,6 млрд. років тому) — тепер, найвірогідніше, перекриті потужним шаром реголіту, формування якого відповідно до визначень абсолютного віку відбувалося трохи пізніше (4,5 млрд. років тому). Структурні форми, що їх ми спостерігаємо нині, розподілені на поверхні супутника асиметрично і сформовані, на нашу думку, вже у процесі руйнування метеоритного кільця Землі, яке відбувалося 4,0—3,7 млрд. років тому. Основна їх маса припадає на видимий бік супутника, що свідчить про перебування метеоритного пояса на геоцентричній орбіті (всередині місячної орбіти) [7, 15, 16, 18].

Тектоно-магматичні й фізико-географічні умови віково-просторового діяпазону 3,6—2,0 млрд. років — 2,1—1,5 а.о. розвитку Землі доволі добре корелюються з відповідними умовами сучасного Марса.

За даними палеогеографічних досліджень [26—31], Земля описуваного періоду — планета з вуглекислогазовою атмосферою та зароджуваною гідросферою з характерним тектонічним стилем і теригенним залізовмісним осадконагромадженням.

Зеленокам'яні пояси періодів 3,6—3,0; 3,0—2,6; та 2,6—1,9 млрд. років розвитку планети являють собою нешироκі (від кількох десятків до перших сотень кілометрів) дуже видовжені (перші тисячі кілометрів) у плані структурні форми, які групуються у серії субпаралельних зон, що облямовують „континентальні" ареали. Формування їх відбувалося за два етапи: на першому (етап розтягу) — вони розвивалися як типові прогини з накопиченням відповідних вулканогенних та осадових комплексів; на другому (етап стиснення) — як гірські споруди з формуванням гранітогнейсових куполів та грубозернистих (псаміти, псефіти) теригенних утворень. Характерне значне поширення у розрізі поясів залізовмісних глинистих та піскуватих різновидів, іноді простежуються пласти доломітів та доломітизованих вапняків. Метаморфізовані породи в умовах зеленосланцевих, іноді (локально) амфіболітових фацій.

Окремо слід відзначити, що утворення описуваного вікового періоду характеризуються значною просторовою витриманістю речовинного складу, а широкий розвиток в їх розрізі певного типу залізорудних формацій (джеспілітові формації Криворізького типу [32]) дає право численним геологам говорити про унікальність останніх та пов'язувати це з еволюцією умов осадонагромадження, складу атмосфери та біосфери, кульмінаційним моментом яких був рубіж 2,0—1,9 млрд. років [29].

За даними космічної геології [7, 11, 18, 33], простежені на поверхні Марса лінійні тектонічні форми класифікуються як рифтові тріщини і представлені екваторіяльною системою каньйонів, котрі облямовують „континентальні" ареали південних районів планети. Це зона паралельних лінійних депресій, завдовжки 7000 та більше кілометрів при ширині 100 — 150 км та глибині 1— 3 км. Виповнені вони осадовими утвореннями, у розрізі яких домінують глинисті різновиди та вулканокластика основного складу, іноді фіксуються карбонатні різновиди та хлориди. Для усіх теригенних порід властива просторова хемічна однорідність і збагаченість (1—7 %) високомагнітним матеріялом (ймовірно, магнетит [18, 33]).

Подібність вищеописаних геологічних і планетарних даних дає змогу говорити, у першому наближенні, про подібність фізико-географічних та тектоно-магматич-

них умов порівнюваних планет і пов'язувати це з перебуванням Землі на орбітальному рівні Марса. (Цьому не суперечить і приблизно визначений вік Марса та його супутників Фобоса й Деймоса, який оцінюється у 1,5 — 2,0 млрд. років [11])

Приблизно 2,0 млрд. років тому (з орбітального рівня 1,5 а.о.) на поверхні Землі з'являється відносно потужна гідросфера з епі- та мезопелагічними басейнами [28, 30], до складу атмосферного шару у відчутній кількості починають входити кисень та азот [28], серед осадових утворень значне просторове поширення отримали теригенні (сіроколірні) та карбонатні (хемогенні та біогенні) відклади [30]. Тобто на нашій планеті запанували фізико-географічні умови, зіставні із сучасними. Останні, зважаючи на представлену модель, будуть існувати ще 0,3—0,4 млрд. років до орбітального рівня 0,85—0,8 а.о., на якому внаслідок поступового зростання температури поверхневих шарів планети під дією сонячного теплового та енергетичного потоку (вітру) гідросфера перейде в газову фазу і надалі буде дисипована, як і кисневий складник атмосфери.

Приблизно на той же час (0,4 млрд. років у майбутнє) прогнозується і природне руйнування останнього супутника Землі — Місяця, самознищення якого призведе не тільки до інтенсивного катастрофічного бомбардування поверхні планети, а й, що набагато важливіше, зумовить поступове згортання усіх геодинамічних (тектоно-магматичних) процесів та охолодження надр планети.

Формується новий образ Землі (0,8—0,5 а.о.) — „сірої" планети з потужною гарячою вуглекислогазовою (перепомпованою з Венери) атмосферою, згаслими тектоно-магматичними процесами та слабо зміненими геоморфологічними формами. Тобто на поверхні планети створюються умови, властиві сучасним венеріянським [7, 11, 18, 34].

Подальше зменшення орбітального рівня Землі (0,5—0,05 а.о.) призведе до руйнування (повної дисипації) газового шару планети і пенепленізації її рельєфу. Холодні надра її, як і в Меркурія тепер [7, 11, 18], будуть складатися з двох шарів — потужного залізонікелевого ядра та відносно тонкої кам'яної оболонки довкола нього.

На межі 0,05 а.о. (межа Роша) прогнозується руйнування Землі та згорання її уламків на поверхні Сонця*.

Це історія формування і розвитку Землі як планети Сонячної системи. Процеси, природа яких зумовлена варіаціями орбітального рівня Місяця у системі Місяць—Земля, знайшли значно повніше відображення у геологічному літописі. Здебільшого їхній вплив пов'язаний з особливостями, інтенсивністю та спрямованістю динамічних (тектоно-магматичних) процесів, розподілом їх у просторі й часі, характером структурно-речовинної спеціялізації формаційних рядів різних епох.

* „5. Бо сховано від тих, хто хоче того, що небо було напочатку, а земля із води та водою складена словом Божим, 6. Тому тодішній світ, водою потоплений, загинув. 7. А теперішні небо й земля заховані тим самим словом, і зберігаються для огню на день Суду й загибелі безбожних людей" (2 Петра 5:7).

На нашу думку, ці рядки зі Святого Письма в дуже стислій формі подають історію розвитку Землі, розширений варіянт якої наведений раніше.

Місяць і геодинаміка

Адекватні вищеописаним, характерним припливним взаємодіям планет і Сонця й процеси, що відповідають за зародження та розвиток супутникових систем планет.

Аналіз даних з планетної геології, зокрема матеріяли про речовинний склад, внутрішню будову, історію розвитку супутників планет Сонячної системи [4, 7, 11, 15, 16, 18, 19], дають змогу стверджувати, що зародження (або захоплення) їх відбувалося тільки на протопланетній („льодовій“) стадії розвитку планет, унаслідок гравітаційної взаємодії останніх на прилеглі зони пилогазової туманности. Надалі ці ж сили зумовили: з одного боку — пульсаційно-поступальні рухи супутників із виходом останніх до межі Роша та їх руйнуванням; з другої — закономірну (ритмічну) пульсацію об’єму планети, що зумовило тектоно-магматичний стиль та особливості термобаричного режиму її надр. Певна річ, що з руйнуванням останнього супутника планети, тобто зі знищенням гравітуючого тіла, припиняється пульсація об’єму планети і починається згортання геодинамічних процесів та поступове охолодження її надр.

Сьогодні в геології, незважаючи на тотальне домінування принципів тектоніки літосферних плит, зростає потік публікацій на захист концепції пульсації Землі [31, 35, 36]. Характер, інтенсивність, спрямованість та ритмічність тектоно-магматичних процесів, осадових та магматичних комплексів, а також дані палеонтологічних, палеогеографічних та палеомагнітних досліджень дають можливість говорити про існування фаз стиснення та розширення нашої планети, які періодично чергуються (рис. 2).

На сучасному етапі геологічного вивчення уявляється можливим виділення семи фаз зменшення об’єму Землі, які відповідають у геологічному літописі тектоно-магматичним епохам (ТМЕ) першого ряду: 3,6 — 3,4 млрд. років тому (Саамська ТМЕ); 2,75 — 2,55 (Кеноранська); 1,90 — 1,60 (Карельська); 1,15 —0,95 (Гренвільська); 0,33—0,22 (Герцинська) [10, 31]. Окрім того, уже спираючись на положення вищеописаної моделі, виділяємо ще дві ТМЕ на межі 4,7—4,5 млрд. років тому та 0,3 — 0,5 млрд. років у майбутнє. Для усіх виділених ТМЕ характерні інтенсивні орогенічні процеси, які супроводжувалися формуванням регіональних зон стиснення (формування суперконтиненту Пангеї на межі 1,90 — 1,60; 1,15 — 0,95 та 0,33—0,22 млрд. років [23, 25, 26]; гранітоїдний плутонізм та естремальний за Р—Т умовами регіональний метаморфізм; домінування на поверхні планети різко контрастних морфологічних форм та кліматичних зон; переважне накопичення потужних верств грубоуламкових (моласи) утворень в асоціяції з широким спектром лагунних (хемогенних), алювіяльних та флювіогляціяльних відкладів [31, 35].

Між ТМЕ простежуються періоди так званого „геосинклінального“ розвитку планети, які відповідають, згідно з моделлю, періоду зростання об’єму Землі. Останні відрізняються від попередніх: домінуванням процесів, що призводять до формування рифтових зон та нових седиментаційних басейнів (зеленокам’яних-протогеосинклінальних-геосинклінальних); базальтовим вулканізмом; пенепленізацією рельєфу численних континентів та м’якістю кліматичних зон; широким просторовим розвитком водойм із накопиченням переважно сіроколірних теригенних та карбонатних плитководно- (епіконтинентальних шельфових) та глибоководно-морських (мезопелагічних), іноді флішових утворень.

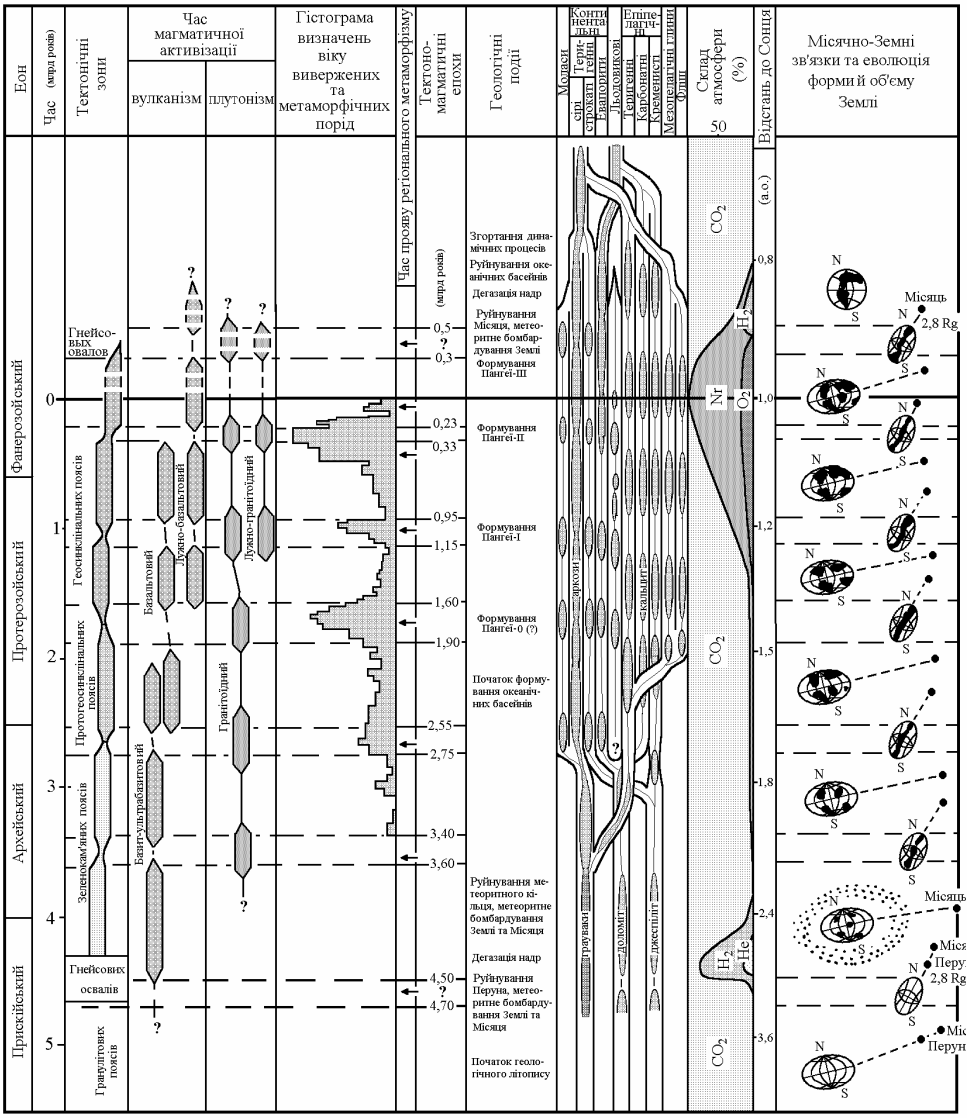

Рис. 2. Вікова шкала й основні етапи геологічного розвитку Землі в аспекті еволюційно-пульсаційних орбітальних рухів Місяця Вікова шкала за В. Б. Харландом, 1982. Час тектоно-магматичної активізації за Л. Салопом, 1982. Геологічні дані в поданні В. Казаринова, 1983 з доповненням із робіт [18, 21, 22, 25, 33, 34].

Тривалість „геосинклінальних“ епох становить 0,5—0,8 млрд. років, а в ТМЕ 0,2—0,3 млрд. років [31].

Більшість геологів [10, 12, 20, 31] вищеописані епохи (ТМЕ та „геосинклінальну“) об’єднує в один тектонічний цикл розвитку Землі: від закладання рифтових систем до їх закриття. При тому різниця між різновіковими циклами помічається лише на рівні кількісного набору літофацій та спрямованої регіональної еволюції речовинного складу порід (наприклад, гранітизація — від плагіогранітів до калієвої гранітизації; вулканізм — від базальт-ультрабазитового через базальтовий до лужно-базальтового ряду; варіює й мінералого-петрографічна та геохемічна спеціалізація теригенних та хемогенних утворень тощо (див. рис. 2). Тривалість циклів закономірно зменшується у часі від 1,1 до 0,7 млрд. років [31].

Наведені особливості тектоно-магматичного розвитку Землі передбачають наявність ритмічного динамічного процесу, енергетичний потенціял якого, на нашу думку, забезпечений силами гравітаційної (припливної) взаємодії планети і супутника.

Прогнозується, що поступове зниження орбітального рівня Місяця, запрограмоване процесами, які відповідають за формування усієї Сонячної системи, зумовлює пропорційне зменшення об’єму планети, зростання щільности та жорсткости термобаричного режиму її надр. На це вказує характер геологічних подій, які домінують у ТМЕ, в основу котрих покладені низхідні вертикальні переміщення речовини надр планети у східні горизонтальні порухи літосферних плит. Водночас зменшення сили припливної взаємодії між гравітуючими тілами — унаслідок зростання віддалі між ними — ініціює закономірне зростання об’єму планети, зменшення щільности та жорсткости термобаричного режиму її надр. Дроблення суперконтиненту на „геосинклінальному“ етапі розвитку Землі — унаслідок перерозподілу висхідних вертикальних переміщень речовини надр планети — у розхідні горизонтальні переміщення літосферних плит із формуванням численних рифтових поясів однозначно свідчить про зростання об’єму Землі, а базальтовий вулканізм замість гранітоїдного плутонізму і мінералого-петрографічна спеціялізація осадових комплексів — про характер варіяцій термобаричного режиму її надр в описуваний період.

На тлі варіяцій орбітального рівня Місяця відзначається і прогнозоване у викладеній моделі поступове зменшення радіюса орбіти нашого супутника, про що, зокрема, свідчить скорочення тривалости тектонічних циклів із 1,1 до 0,7 млрд. років [31].

Сьогодні за геологічними даними наша планета перебуває на етапі розширення, а за астрофізичними інструментальними дослідженнями орбітальний рівень Місяця зростає на 3—5 см щороку [11, 16]. Цей етап буде продовжуватись ще 0,1—0,05 млрд. років, після чого планета вийде на етап стиснення. Максимум зменшення об’єму планети, пов’язаного із зниженням орбітального рівня супутника з виходом його на межу Роша та руйнуванням, очікується через 0,3—0,5 млрд. років (див. рис. 2).

Отже, узагальнюючи все ранішесказане, підкреслимо:

- основні особливості формування і розвитку зірок та планет її населення визначаються динамічними процесами, природа яких обґрунтовується сучасними небулярними теоріями, „протопланетною“ концепцією Камерона та запропонованою автором моделлю еволюційно-пульсаційних міжпланетних взаємодій;

- зародження планет і їх супутників відбувається тільки на „льодовій“ стадії їх розвитку на орбітальних рівнях, положення яких контролюється припливною дією центральної маси (зірки чи планети) на прилеглі терени навколозіркової пилогазової туманности;
- під час свого розвитку Земля пройшла і ще пройде кілька стадій докорінної перебудови, у тому дві стадії першого ряду — „Льодова“ та „Кам'яна“, а також декілька стадій другого — „Білої“ та „Смугастої“ у „Льодову“; „Червоної“, „Голубої“, „Сірої“ та „Чорної“ в „Кам'яну“, що зумовлено закономірним зростанням інтенсивности теплового та радіяційного (енергетичного) випромінювання Сонця (сонячний вітер) унаслідок зменшення орбітального рівня Землі та впливом цього випромінювання на фізико-хемічні властивості речовини верхніх (атмосферних) шарів планети[*];
- тектоно-магматичний стиль планети визначається варіяціями орбітальних рівнів її супутника (ів) та їхньою сумарною масою:

1. у момент максимального зближення супутника і планети зростає їхня гравітаційна взаємодія, що зумовлює: а) зменшення об'єму планети, зростання щільности та жорсткости термобаричного режиму її надр, швидкости обертання навколо своєї осі; б) посилення тектонічної активности — унаслідок перерозподілу низхідних вертикальних переміщень речовини надр у східні горизонтальні порухи літосферних плит із формуванням орогенічних поясів, з відповідним вулканізмом та гранітоїдним плутонізмом, екстремальним за P—T умовами, регіональним метаморфізмом; в) наявність на поверхні Землі різкоконтрастних геоморфологічних форм та кліматичних зон, домінуюче накопичення потужних верств грубоуламкових утворень в асоціяції з широким спектром лагунних, алювіяльних та флювіогляціяльних утворень;

2. у момент зростання радіюса орбіти супутника послаблюються сили припливної взаємодії, що зумовлює: а) зростання об'єму Землі, розущільнення надр та зменшення швидкости обертання її навколо своєї осі; б) змінюється тектоно-магматичний стиль — руйнується суперконтинент унаслідок перерозподілу висхідних рухів

[*] У зв'язку з цим твердженням доволі логічним є припущення про існування у Сонячній системі пилогазових оболонок (поясів): гелієво-водневої приблизно на орбітальному рівні Юпітера, киснево-водної — на орбіті Землі, вуглекислогазової — на орбіті Венери тощо. При тому сучасний об'єм водню та гелію Юпітера — це не тільки маса, зібрана планетою під час свого орбітального переходу з меж Сонячної системи на сучасний рівень, а й маса, принесена та залишена тут планетами, які у своєму розвитку раніше пройшли цей рівень (Венерою, Землею, Марсом). Те ж стосується кисню, води та інших сполук Землі. Тобто деяка, вірогідно, більша частина маси цих сполук у недалекому минулому (за геологічними мірками) належала Венері, а ще раніше — Меркурію, при виході останніх на земний орбітальний рівень. Цілком правдоподібним у цьому контексті є і припущення про можливе перенесення цього явища на органічні, „живі“ сполуки, орбітальний рівень збереження яких, вірогідно, охоплює діяпазон від 2,0 до 0,9 а.о. В межах останнього зберігається „інформація“ про всі види флори та фауни, які будь-коли розвивалися на планетах Сонячної системи при проходженні останніх через нього. Найвірогідніше, що наші попередники 1,0—0,5 млрд. років тому мандрували венеріянськими, а 2,0—2,5 млрд. років тому меркуріянськими теренами, тоді як ці планети були на земному орбітальному рівні.

„10. День же Господній прибуде, як злодій вночі, коли з гуркотом небо мине, а стихії, розпечені, ринуть, а земля та діла, що на ній, погорять... 13. Але за Його обітницею ми дожидаємо Неба нового й нової Землі, що правда на них прибуває“ (2. Петра 10, 13).

речовини надр у розхідні горизонтальні переміщення літосферних плит із формуванням рифтових поясів та базальтовим вулканізмом; в) домінування на поверхні планети пенепленізованого рельєфу численних континентів, переважне накопичення плитководно- (шельфових) та глибоководно-морських (мезопелагічних) утворень.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Браун Д.* Недоступная Земля. — М.: Мир. — 1984. — 262 с.

2. *Маракушев А. А.* Происхождение и эволюция Земли и других планет Солнечной системы. — М.: Наука, 1992. — 208 с.

3. *Фишер Д.* Рождение Земли. — М.: Мир. 1990. — 264 с.

4. Структура и эволюционная история Солнечной системы // Альфвен Х., Аррениус Г. — Киев: Наук. думка, 1981. — 332 с.

5. Происхождение метеоритов // *Соботович Э. В., Семененко В. П.* — К.: Наук. думка, 1985. — 204 с.

6. *Шкловский И. С.* Звезды: их рождение, жизнь и смерть. — М.: Наука, 1984. —384 с.

7. Протозвезды и планеты // Под ред. Герелса. — М.: Мир, 1982. —384 с.

8. *Масевич А. Г., Тутуков А. В.* Эволюция звезд: теория и наблюдения. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. 1988. —280 с.

9. Физика Космоса (маленькая энциклопедия) // Под ред. Сюняева Р. А. — М.: Сов. энциклопедия, 1986. —783 с.

10. *Салоп Л. И.* Геологическое развитие Земли в докембрии. — Л.: Наука, 1982. — 343 с.

11. Очерки сравнительной планетологии. — М.: Наука, 1981. — 326 с.

12. *Монин А. С.* Ранняя геологическая история Земли. — М.: Недра, 1987. —144 с.

13. *Хаин В. Е., Божко Н. А.* История геотектоники. Докембрий. — М.: Недра, 1988. — 382 с.

14. *Дж. Брандт.* Солнечный ветер. — М.: Мир, 1973. — 207 с.

15. Р*ускол Е. Л.* Происхождение Луны. — М.: Наука, 1975. — 188 с.

16. Спутники планет // Под. ред.: Дж. Бернса. — М.: Мир, 1980. — 632 с.

17. *Тейлер Р. Дж.* Происхождение химических элементов. — М.: Мир, 1975. — 232 с.

18. *Э. Кинг.* Космическая геология. — М.: Мир, 1979. —379 с.

19. Юпитер. Происхождение и внутреннее строение спутников // Под ред. Т. Герелса. — М.: Мир, 1978. — 522 с.

20. *Косыгин Ю. А.* Тектоника. — М.: Недра, 1988. — 231 с.

21. *Брюханов В. Н., Буш В. А., Глуховский М. З. и др.* Кольцевые структуры континентов земли. — М.: Недра, 1987. —262 с.

22. *Павловский Е. В.* Происхождение и развитие земной коры материков // Геотектоника. — 1975. —№ 5. — С. 3—14.

23. *Попов В. С.* Модель формирования сиалической протокоры континентов // Изв. АН СССР. Сер. геол. — 1987. — Т. 11. — С. 102—114.

24. *Гудвин А. М.* Гигантская метеоритная бомбардировка и развитие континентальной коры // Ранняя история Земли. — М.: Мир, 1980. — С. 87—107.

25. *Донн И. Л., Донн Б. Д., Валентайн И. Т.* Ранняя история Земли // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1966. —№ 6. — С. 24—50.

26. М. *Озима*. Глобальная эволюция Земли. — М.: Мир, 1990. —165 с.

27. *Милановский Е. Е.* Рифтогенез в истории Земли (рифтогенез на древних платформах). — М.: Недра, 1983. — 280 с.

28. *Дроздовская А. А.* Химическая эволюция океана и атмосферы в геологической истории Земли. — К.: Наук. думка, 1990. — 208 с.

29. *Салоп Л. И.* Переломный этап в геологическом развитии Земли на рубеже раннего и позднего докембрия и лунно-земные связи // Сов. геология. —1987. — № 1. — С. 77—86.

30. *Пронин А. А.* Тектоническая история океанов и проблема становления земной коры и литосферы. — Л.: Наука, 1982. — 248 с.

31. *Казаринов В. П.* Пульсация Земли. Фаланги и сверхциклы. — Новосибирск. 1983. — 112 с. (Деп. ВИНИТИ № 3852—83).

32. *Зоненшайн Л. П., Кузьмин М. И., Моралев В. М.* Глобальная тектоника, магматизм и металлогения. — М.: Недра, 1976. — 231 с.

33. *Кузьмин Р. О.* Криолитосфера Марса. — М.: Наука, 1983. — 144 с.

34. Планета Венера (атмосфера, поверхность, внутреннее строение). — М.: Наука, 1989. — 482 с.

35. *Милановский Е. Е.* Развитие и современное состояние проблемы расширения и пульсации Земли // Изв. выс. уч. зав. Геология и разведка. — 1982. № 7. С. 3—29.

36. Кр*опоткин П. Н., Ефремов В. Н.* Изменения радиуса Земли в геологическом прошлом // Геотектоника. — 1992. — № 4. — С. 3—14.

SUMMARY

Volodymyr GNIDETS

HISTORY OF THE EARTH DEVELOPMENT IN THE ASPECT OF THE EVOLUTIONAL-PULSATIONAL INTERACTIONS BETWEEN THE PLANETS

On the base of analysis of geological materials in complex with existing data on comparative planetology the conceptual model of the Solar system formation was created. The model is based on the certain principles of the known „nebular“ and „protoplanetic“ hypotheses, but in the same time the original system approach to the nature of energetic potential of the dynamic processes of star and planet system formation is proposed. To the latter the gravitational interplanetary forces, which are displayed in the evolutional-progressive planets orbital movements aswellas in variations of volume and temperature regime of the star (planet) entrails is attributed.

From the position of the regular changes of orbital levels of the planets and satellites in time the history of the Earth development is considered with distinguishing of the main stages: origin — 8—9 billion years ago on the distance from the sun 40—45 (a.u.); „ice“ planet — 8—5.5 billion years ago; 40—5.0 (a.u.); transformation zone from „ice“ to „stone“ group — 5.5—4.5 billion years ago, 5.0—3.1 (a.u.); „red“ planet (Martian stage) — 3.6—2.0 billion years ago, 2.1—1.5 (a.u.); „blue“ planet — 2.0 billion years ago—0.3 billion years on future, 1.5—0.85 (a.u.); „grey“ planet (Venerian stage) — 0.85—0.5 (a.u.); „black“ planet (Mercurian stage) — 0.5—0.05 (a.u.); boundary 0.05 (a.u.) — disintegration of the Earth. It is stated, that the character of geodynamic processes depends on the orbital level of the Moon. Its pulsational-progressive orbital movements cause pulsation of the Earth volume, which determines the intensity, direction and rhytmicity of tectono-magmatic processes.