ЗВІТ ПРО СТАЖУВАННЯ В ЄНСЬКОМУ УНІВЕРСИТЕТІ · 01.09.2024–31.08.2026

ГЛОБАЛЬНА ТЕКТОНІКА СУБДУКЦІЙНОГО ТИПУ — КЛЮЧОВИЙ ЧИННИК ПРИДАТНОСТІ ЗЕМЛІ ДО ЖИТТЯ

Ольга Арясова

Інститут геофізики ім. С. І. Субботіна НАН Укоаїни
Єнський університет імені Фрідріха Шиллера, Німеччина

ЗВІТНИЙ ПЕРІОД

Стажування в Єнському університеті

01.09.2024–31.08.2026

Інститут математики · Єнський університет імені Фрідріха Шиллера

Основні напрями роботи

Стохастичні диференціальні рівняння з локальним часом
Дифузії з напівпроникними та липкими інтерфейсами
Гомогенизація і дифузійні границі в задачах геонаук

Запрошена наукова співпраця

Scuola Normale Superiore di Pisa · проф. Франко Фландолі · 10.01–09.04.2025

НАУКОВІ ЗАХОДИ

Вибрані конференції

15–19.01.2024

16th Bachelier Colloquium on Mathematical Finance and Stochastic Calculus

Метаб’є, Франція

13–17.01.2025

17th Bachelier Colloquium

Метаб’є, Франція

03–08.05.2026

EGU General Assembly 2026

Відень, Австрія · EGU26-3113

04–05.06.2026

Ukrainian Mathematics Days 2026

Institut Henri Poincaré, Париж

Чому Земля зберегла атмосферу, придатну до життя?

Три спостереження

1

Збереження водню

Відношення D/H свідчить, що Земля уникла значних втрат водню, характерних для Марса й Венери.

2

Магнітний захист

Подібні сучасні темпи втечі приховують важливу відмінність: Земля захищає значно більший питомий запас водню.

3

Збереження динамо

Швидке відновлення поля в едіакарії вказує на зміну охолодження ядра, імовірно пов'язану з початком глобальної субдукції.

ЦЕНТРАЛЬНА ГІПОТЕЗА

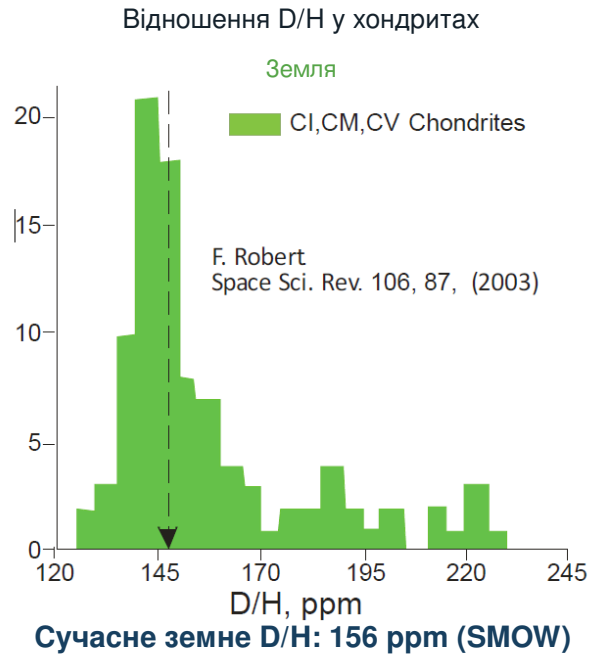
Глобальна тектоніка субдукційного типу

підтримувала геодинамо, обмежувала ерозію атмосфери та сприяла довготривалій придатності Землі до життя.

Дейтерій фіксує втрату атмосфери

$$\Delta H_{втрач.} / H_{поч.} > 1 - (D/H)_{поч.} / (D/H)_{суч.}$$

Під час втечі H втрачається легше, ніж D, тому зі втратою водню відношення D/H зростає.



Сучасне земне D/H: 156 ppm (SMOW)

Планета	Початкове D/H	Сучасне D/H	Втрачено H
Венера	156 ppm	18 000–22 000 ppm	>99%
Земля	156 ppm	156 ppm (SMOW)	≈0
Марс	156 ppm	810 ± 30 ppm	>80%

ВИСНОВОК 1

Венера й Марс втратили майже весь водень.
Для Землі втеча, що змінює D/H, була незначною.

Спостереження 2

Чи захищає власне магнітне поле атмосферу?

Спостережувані швидкості нетеплової втечі йонів близькі: 10^{24}–10^{26} $с^{-1}$

Венера

Немає власного поля

Малий питомий запас H

Земля

Сильне власне поле

Значно більший питомий запас H

Марс

Сьогодні немає глобального поля

Малий питомий запас H

Самі темпи втечі не визначають рівень захисту.

Земля втрачає йони з темпом, порівнянним із Марсом і Венерою, але зберігає значно більший запас водню.
Це узгоджується з ефективним магнітосферним захистом.

ВИСНОВОК 2 · Власне магнітне поле захищає атмосферу

Спостереження 3

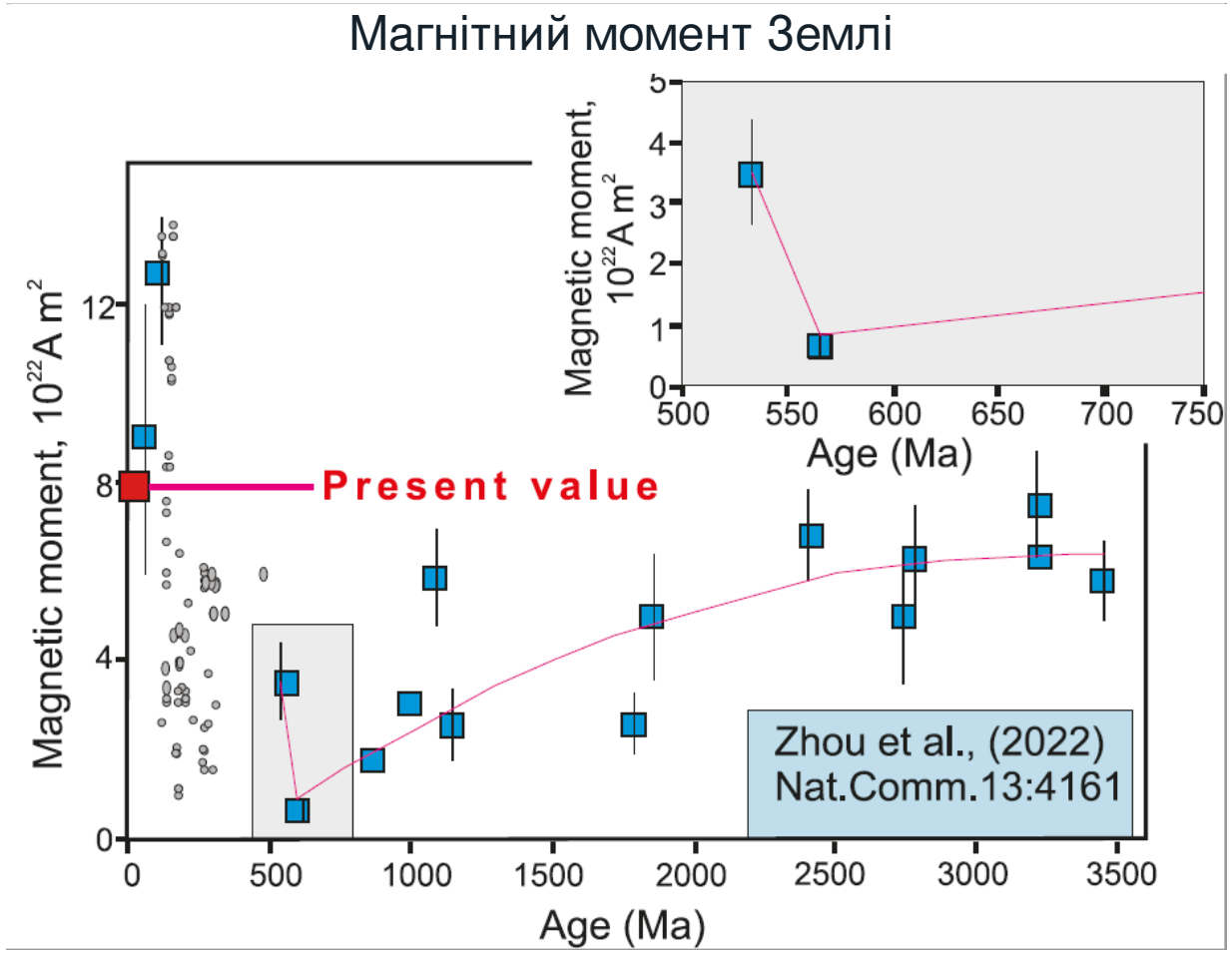
Ранні динамо, ймовірно, були поширеними

Свідчення існування магнітного поля знайдено для різних тіл земної групи

ЗЕМЛЯ	**≥ 4,2 млрд р.**	Поле зафіксоване в цирконах Джек-Гіллс
МАРС	**до ~3,7 млрд р.**	Глобальне динамо та рідка вода
МІСЯЦЬ	**3,85–3,58 млрд р.**	Сильно намагнічена кора
ВЕСТА	**3,69 млрд р.**	Метеоритні свідчення поля ≥2 мкТл
ВЕНЕРА	**невідомо**	Раннє поле є правдоподібним

ВИСНОВОК 3 · Лише Земля зберегла довготривале глобальне динамо

Геодинамо наблизилося до критичного мінімуму



~1,5 млрд років

поле послабшало
більш ніж удесятеро

~30 млн років

поле майже потроїлося
близько 565 млн років тому

Швидке відновлення потребує швидкої зміни режиму відведення тепла від ядра.

Чому динамо відновилося?

Саме лише зростання внутрішнього ядра не пояснює різкого посилення поля

01

Охолодження мантії

Повільне охолодження без субдукції послаблює відведення тепла від ядра.

02

Мінімум поля

В едіакарії геодинамо наближається до стану низької інтенсивності.

03

Початок субдукції

Глобальний колообіг змінює режим теплообміну між мантією та ядром.

04

Відновлення динамо

Сильніша конвекція в ядрі відновлює магнітний щит.

Едіакарське посилення поля позначає початок глобальної тектоніки субдукційного типу.

ТРИ ГОЛОВНІ ВИСНОВКИ

Глобальна тектоніка, геодинамо та придатність до життя утворюють єдину систему

1. Марс і Венера втратили більшу частину водню, а Земля зберегла свій запас.

2. Власне магнітне поле обмежує ерозію атмосфери сонячним вітром.

3. **Глобальна тектоніка із субдукцією є ключовим чинником придатності Землі для життя.**

Яків Хазан
ykhazan@gmail.com

Ольга Арясова
oaryasova@gmail.com

EGU26-3113

Джерело: постер EGU26, Хазан і Арясова

РЕЗУЛЬТАТИ

Публікації та продовження досліджень

Опубліковано

I. Pavlyukevich, O. Aryasova, A. Chechkin, O. Kulyk
“How to simulate Lévy flights in a steep potential”
Chaos 35, 123139 (2025) · DOI 10.1063/5.0301147

Прийнято до друку в Bernoulli

O. Aryasova, F. Flandoli, A. Pilipenko
“The hard membrane process and transport barriers of turbulent flows”. Bernulli Journal. In print

Подано до журналів

A Tail-Respecting Explicit Numerical Scheme for Lévy-Driven SDEs With Superlinear Drifts
arXiv:2504.07255

Limit theorems for sticky SDEs with local times and applications to stochastic homogenization
arXiv:2512.13620

Diffusion limits of cyclic finite-velocity random motions along vector fields
arXiv:2608.22514

ПОДАЛЬШЕ ФІНАНСУВАННЯ

Дворічна стипендія Philipp Schwartz Initiative
Фонд Александра фон Гумбольдта · початок 01.12.2026