

СИСТЕМА ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН У РОЗМІРНОСТЯХ ВІДСТАНЬ-ЧАС СТОСОВНО НАУК ПРО ЗЕМЛЮ

Сформульовані принципи та укладена система фізичних величин в розмірностях відстань-час за аналогом кінематичної системи Р. ді Бартіні стосовно величин, які використовуються в науках про Землю. Вона може бути основою для комплексування геолого-геофізичних методів та пошуків теоретичних і емпіричних взаємозв'язків між параметрами геологічного середовища.

Ключові слова: система фізичних одиниць, науки про Землю.

У науках про Землю для кількісної характеристики моделей геологічного середовища існує ряд параметрів та показників неоднорідності. Тільки у розвідувальній геофізиці використовується близько 200 фізичних величин та їх співвідношень [Савин, 1985]. Більшість з них відповідають фізичним, але для окремих геофізичних методів (досліджень застосовуються специфічні величини (параметри), які певною мірою залучені до обробки геофізичних даних та геологічної інтерпретації.

Окремі геофізичні методи та їх модифікації, як правило, розвивались незалежно один від одного і у кожному з них історично склався перелік основних та допоміжних фізичних величин. Вони не мають відповідних класифікацій навіть в основних методах: сейсморозвідці, електророзвідці, гравірознавстві, магніторозвідці, геотермії та ядерній геофізиці. Більшість формул (інтерпретаційних рівнянь) розроблялись у системі одиниць СГС, а потім механічно перейшли в Міжнародну систему одиниць СІ, але неув'язки в розмірностях, особливо в електророзвідці та магніторозвідці, залишилися. Існує плутанина в термінології, дуже часто навіть у рамках різних модифікацій одного геофізичного методу трапляються повторення для тих самих величин, що визначаються за однаковими формулами та мають аналогічний фізичний зміст. Така сама ситуація спостерігається і в інших науках про Землю (петрофізиці, фізиці пласта, геофлюїдодинаміці та ін.).

Для комплексування геолого-геофізичних методів, обґрунтування взаємозв'язків між фізичними величинами та побудови інтегральних моделей геологічного середовища вкрай необхідні їх узагальнення та систематизація. Це дасть змогу зіставляти фізично і математично подібні між собою величини і в подальшому шукати теоретичні та емпіричні взаємозв'язки.

Нами [Морошан, 2012] запропоновані принципи побудови системи фізичних величин, яка передбачає використання:

- 1) постулатів теорії подібності та розмірності, а також законів симетрії;
- 2) понять про емпіричні узагальнення за Володимиром Вернадським [Вернадський, 2004], яскравим прикладом якого є періодична система елементів Дмитра Менделєєва;
- 3) принципу Уільяма Оккамі – так званої „бритви Оккамі”, в якому сказано, що сутності не треба множити без необхідності;

4) обмеженого числа найпростіших математичних операторів (різниць-диференціалів, сум-інтегралів тощо).

В огляді [Коган, 2008] в історичному плані розглядаються різні підходи як до уніфікації одиниць вимірювань, так і до систематизації фізичних величин.

З відомих систем фізичних величин нам найбільше імпонує так звана “кінематична система розмірностей LT (відстань-час)”, яку запропонував у 60-х роках ХХ ст. Роберт Орос ді Бартіні [Бартіні, 1966]. Наведемо основні її теоретичні засади. Ґрунтуючись на теорії множин, автор довів можливість існування 3+3-вимірного комплексного утворення, яке складається з добутку тривимірної простороподібної та ортогональної до неї тривимірної часоподібної протяжності. Ді Бартіні стверджує, що рівняння фізики набувають простого вигляду, коли за систему вимірювань взято систему LT, одиницями якої є елементи простороподібної протяжності L та часоподібної T. Час перестає бути скалярною величиною і не однаковий в ортогональних напрямках.

Основною особливістю цієї системи є те, що розмірність заряду (гравітаційного, електричного і навіть магнітного) однакова і дорівнює L^3T^{-2} . Класична кінематична таблиця Р. ді Бартіні має розмірності від L^{-3} до L^6 та від T^{-6} до T^3 , причому алгебраїчна сума показників ступеня L та T не перевищує числа 6. Робочий простір таблиці складається з 58 комірок, для кожної з яких підібрані існуючі фізичні величини, а також введені нові, фізична суть яких не пояснена (наприклад поверхня часу, об'єм часу, поверхнева потужність, “обильность двухмерная”, момент дії). У багатьох комірках знаходяться похідні від величин, розміщених коміркою нижче, хоча в фізиці вони і не застосовуються. Одну і ту саму розмірність можуть мати різні фізичні величини: довжина – електрична ємність, маса – кількість електрики – кількість магнетизму, густина – кутове прискорення тощо. Пізніше у спільних роботах з П.Г. Кузнецовим (1974, 1978) таблиця Р. ді Бартіні була вдосконалена і надалі (у т.ч. і в огляді [Коган, 2008]) фігурує в різноманітних електронних ресурсах та на спеціалізованих сайтах у Російській Федерації. Її популяризацією та вдосконаленням займалися О. Чуєв, В. Новицький, А. Бушуєв, Г. Смірнов та ін.

Розмірність маси у системі одиниць LT з точки зору теорії подібності та розмірностей обґрунтували академік АН СРСР Л.І.Сєдов (1967 р.) та Л.А. Сєна (1977 р.). Розмірності основних та додаткових механічних і електромагнітних величин та їх числове вираження обґрунтував [Ерохин, 2008], а всіх інших основних одиниць з системи СІ, в тому числі – кельвін, моль, канделу приведено в роботі [Викулин, 2011].

Найбільшою цінністю кінематичної системи фізичних величин є те, що окремі комірочки є компактним записом певних законів збереження: маси, сили, моменту, імпульсу, енергії, потужності і т.д. Тому систему Р. ді Бартіні в науково-популярній літературі називають періодичною системою законів фізики.

Фактично кінематична система Р. ді Бартіні дотепер не завершена. В ній не подано ряд широко вживаних у теорії та практиці наук про Землю фізичних величин. Відсутні величини з петрофізики, фізики теплових явищ та ядерної фізики. Викликають сумніви щодо розмірностей деяких величин (кількість магнетизму, магнітний момент, швидкість зміщення заряду тощо).

Проаналізувавши сукупність фізичних величин, які використовуються в науках про Землю, нами укладені таблиці для окремих розділів фізики (фізичних полів). Основні величини зведені в систему, що зображена у таблиці 1 (в квадратних дужках показані розмірності в системі СІ). Від класичної системи Р. ді Бартіні вона відрізняється введенням температури в різних розмірностях, яка визначається механізмом теплопередачі (кондуктивна, конвективна, промениста) та магнітної маси – в залежності від природи магнітного поля (магнітний диполь, магнетизм колового струму, інше недипольне поле), а також потенціалів гравітаційного, магнітного, електричного полів. У таблиці не показані додаткові фізичні величини, які характеризують механічний обертовий рух, ряд параметрів механіки, лінійні і поверхневі густини та намагніченості, а також деякі співвідношення наведених у системі величин. Опишемо основні властивості системи фізичних величин в розмірності відстань–час. Кінематичні сейсмічні величини (швидкість, інтервальний час або повільність, час, період, кривизна, хвильове число, зміщення частинок та ін.) лежать у комірках від T^0 до T^1 та від L^{-1} до L^1 , енергетичні величини для всіх фізичних полів – в комірках L^2 – L^5 при T^4 .

Особливо треба відмітити струнку схему для гравітаційного (ГП) та електричних (ЕП) полів, основні параметри яких знаходяться у стрічці при T^2 . Подасмо їх у порядку зменшення ступеня при L: маса – потенціал ГП – напруженість ГП – густина; заряд – потенціал ЕП – напруженість ЕП – густина заряду.

Розмірність лінійної густини в системі LT однакова з розмірністю потенціалу, а поверхневої густини – з напруженістю.

Для магнітного поля такий ланцюжок знаходиться на строку вище при T^3 . Магнітна маса m роз-

раховується за формулою $m=MI$, де M – магнітний момент диполя, l – відстань між полюсами магніту. При використанні інших магнітних моментів (кулонівського, електричного) такий ланцюжок зміщується на одну-дві стрічки нижче відповідно.

Зв'язок між одиницями системи СІ та кінематичною системою визначається за значеннями фізичних констант (гравітаційної, електричної, магнітної, Больцмана та ін.). Для механічних та електромагнітних величин розмірність маси, електричного заряду та їх похідних у системі LT на основі гравітаційного рівняння та теореми Остроградського-Гауса обґрунтували [Ерохин, 2008; Викулин, 2011].

Приведемо основні з них, добавивши за нашими визначеннями градус Кельвіна та магнітні маси:

$$\begin{aligned} 1 \text{ кг} &= 8,386 \times 10^{-10} \text{ м}^3/\text{с}^2, & 1 \text{ Дж} &= 8,386 \times 10^{-10} \text{ м}^5/\text{с}^4, \\ 1 \text{ Н} &= 8,386 \times 10^{-10} \text{ м}^4/\text{с}^4, & 1 \text{ Па} &= 8,386 \times 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}^4, \\ 1 \text{ А} &= 9,732 \text{ м}^3/\text{с}^3, & 1 \text{ Кл} &= 9,732 \text{ м}^3/\text{с}^2, \\ 1 \text{ В} &= 8,612 \times 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}^2, & 1 \text{ Ом} &= 8,854 \times 10^{-12} \text{ с}/\text{м}, \\ 1 \text{ См} &= 1,129 \times 10^{11} \text{ м}/\text{с}, & 1 \text{ Гн} &= 8,854 \times 10^{-12} \text{ с}^2/\text{м}, \\ 1 \text{ Вб} &= 8,61 \times 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}, & 1 \text{ Ф} &= 1,129 \times 10^{11} \text{ м}, \\ 1 \text{ Тс} &= 8,61 \times 10^{-11} \text{ с}^{-1}, & & \\ 1 \text{ К} &= 9,732 \times 10^{-33} \text{ м}^4/\text{с}^5, & 1 \text{ К} &= 1.03 \cdot 10^{11} \text{ с}^{-1} \end{aligned}$$

(термодинамічна та промениста температура).

Запропонована система геофізичних величин в розмірностях відстань–час є надійною основою для побудови моделей розподілу геофізичних параметрів в геологічному просторі (швидкості, питомого електричного опору, прискорення сили тяжіння, напруженості), встановлення взаємозв'язків між ними та комплексування геолого-геофізичних методів.

Література

- Вернадський В. Про логіку природознавства // Хроніка – 2000, – Вип. 57-58. – К., 2004. – С. 213-219.
- Викулин В. Система физических величин в размерности LT без подгоночных коэффициентов http://nfp-team.narod.ru/LT5_norm1.pdf. - 2011.
- Ерохин В. Абсолютная система физических величин - <http://new-idea.kulicki.net>. - 2008.
- Коган Й.Ш. Обобщение и систематизация физических величин. – 32 с. // Sciteclibrary – Аналитические обзоры. – <http://kogan.narod.ru> – 2008.
- Морошан Р.П. Система фізичних величин, які використовуються в науках про Землю, в розмірностях відстань–час /Сейсмологічні та геофізичні дослідження в сейсмоактивних регіонах: Матеріали наукової конференції. – Львів: Сполом, 2012. – С. 106-110.
- Роберт Орос ди Бартіні. Соотношения между физическими величинами // Проблемы гравитации и элементарных частиц. – Вып. 1. – М.: Атомиздат, 1966. – С. 249-266.
- Савин А.П. Физические величины, применяемые в разведочной геофизике, и их единицы. – Л.: Недра, 1985. – 128 с.

Таблиця 1

Система фізичних величин у розмірностях відстань-час (уклав Роман Морошан)

Dim	L ⁻²	L ⁻¹	L ⁰	L ¹	L ²	L ³	L ⁴	L ⁵
T ⁵					Об'ємна густина потоку енергії [Вт/м ³]	Пов. густина потоку енергії [Вт/м ²] Інтенсивн. хвиль [кг/с ³]	Лінійна густина потоку енергії [Вт/м]	Потужність Енергетичний потік [Вт]
T ⁴				Питома вага [Н/м ³] Гradient тиску [Па/м]	Тиск, механ. напруга [Па], [Н/м ²] Густина енергії хвиль [Дж/м ³]	Пов. натяг Пов. енергія Жорсткість Коеф. опору [Н/м]	Сила, вага [Н] Геотермградієн [К/м]	Енергія, робота, теплота [Дж] Мом. сили [Н·м] Термодинамічна температура [К]
T ²		Gradient густини [кг/м ⁴]	Густина [кг/м ³] Густина електричного заряду [В/м ²]	Прискорення [м/с ²] Напруженість: грав. поля [м/с ²], ел. поля [В/м]	Потенціал: електр. поля [В] гравіт. поля [м ² /с ²] Доза випромінюв. [Дж/кг]	Маса [кг] Електричний заряд [Кл] Магнітна маса за Гаусом [В/м]	Електричн. момент диполя [В·м ²]	Момент інерції [м ⁵ /с ²]
T ⁻¹	Коефіцієнт теплообміну [Вт/(м ² ·К)]	Теплопровідність [Вт/(м·К)]	Частота [Гц] Магнітна індукція [Тс] Промениста температура [К]	Швидкість [м/с] Електропровідність [См]	Кінем. в'язкість [м ² /с] Магн. потік [Вб] Температуро-провідн. [м ² /с] Магнітна маса колового струму [Вб]	Об'ємний розхід [м ³ /с] Магн. момент (кулонівський) [Вб·м] Об'ємна швидкість [м ³ /с]		
T ⁰	Друга кривизна [1/м ²]	Кривизна коеф. поглинання [1/м]	Безрозмірні величини [рад] та ін.	Довжина [м] Електрична сміність [Ф] Сейсм. зміщення [м]	Площа, поверхня. Потенціал зміщення Коеф. проникнення [м ²]	Об'єм Заряд пружності [м ³]		
T ¹	[с/м ²]	Електричний опір [Ом] Інтервальний час [с/м]	Час, період [с] Питомий ел. опір [Ом·м] Терм. опір [К/вт]	Поперечний електричний опір [Ом·м ²]				
T ²	Магн. проникність [Гн/м]	Індукт. магн. провідність [Гн]	Питомий об'єм [с ²]					
T ³	Текучість [с ³ /м ²]							

СИСТЕМА ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН В РАЗМЕРНОСТЯХ РАССТОЯНИЕ–ВРЕМЯ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К НАУКАМ О ЗЕМЛЕ

Р.П. Морошан

Сформулированы принципы и создана система физических величин в размерностях расстояние–время по аналогу кинематической системы Р. ди Бартини применительно к величинам, которые используются в науках о Земле. Она может быть основой для комплексирования геолого-геофизических методов и поисков теоретических и эмпирических взаимосвязей между параметрами геологической среды.

Ключевые слова: система физических единиц; науки о Земле.

THE SYSTEM OF PHYSICAL QUANTITIES IN DIMENSIONS OF DISTANCE–TIME USED IN EARTH'S SCIENCES

R.P. Moroshan

The principles have been formulated and the system of physical quantities, in the distance-time dimensions, similar to R. de Bartini kinematic system concerning to the quantities used in Earth's sciences has been put in order. It can be the main system for complexing geological and geophysical methods and searching theoretical and empirical correlations between parameters of geological media.

Key words: the system of physical quantities; Earth's sciences.